SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FICOLOGÍA

Algas 56

Boletín de la Sociedad Española de Ficología

Diciembre 2020

ISSN: 1695-8160

ALGAS (ISSN: 1695-8160)
Depósito Legal: M36511-1987
nº 56 (diciembre 2020)

Editora: Marianela Zanolla Balbuena (marianelazanolla@gmail.com)

Consejo Editorial: María Altamirano Jeschke Amelia Gómez Garreta, José Lucas Pérez-Lloréns, Julio De la Rosa Álamos.

Revisores asociados:
Taxonomía de algas marinas:
Viviana Peña Freire (vpena@udc.es)
Ecología de algas de agua dulce:
Manel Leira (mleira@fc.ul.pt)
Ficología aplicada:
Erik Jan Malta (ejmalta@hotmail.com)

ALGAS es el boletín informativo semestral 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, workshops y bibliográficas.
3. Reseñas de tesis doctorales, trabajos de fin de grado y trabajos de fin de máster.
4. Secciones especiales: Ficólogos por el mundo, Ficólogos célebres y Ficogastronomía

Instrucciones
Los manuscritos deberán ser enviados electrónicamente a la editora y/o al consejo editorial.
Los textos se enviarán en formato digital en ficheros compatibles con Windows® con extensiones “doc”o “docx”. Todas las ilustraciones y figuras deben ser enviadas en ficheros individuales en formato “jpg” o “tif”. Cada figura deberá ir acompañada de una leyenda explicativa y separada del texto. Se recomienda la fuente Times New Roman, 11pt. y evitar el uso de mayúsculas en el título. El estilo usado en las referencias puede consultarse en los artículos de este número. Las tablas deben ser lo más sencillas posible y con leyenda.
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 la editora.

Junta Directiva de la Sociedad Española de Ficología

Presidente: María Altamirano Jeschke (altamirano@uma.es)

Vicepresidente: Amelia Gómez Garreta (ameliagomez@ub.edu)

Secretario: José Lucas Pérez-Lloréns (joselucas.perez@uca.es)

Tesorero: Julio De la Rosa Álamos (jdlarosa@ugr.es)

Editora Algas: Marianela Zanolla Balbuena (marianelazanolla@gmail.com)

Sociedad Española de Ficología
Secretario: José Lucas Pérez-Lloréns
Dpto. de Biología
Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz
Poligono Rio San Pedro s/n. 11520- Puerto Real. Cádiz, España.
E-mail: joselucas.perez@uca.es
www.sefalgas.org
Tel.: 34 956016026

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)

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

Suplemento revista impresa: 10 €

CODIGO DE CUENTA BANCARIA PARA DOMICILIACIÓN DE LA CUOTA

IBAN	ENTIDAD	OFICINA	D.C.	N° 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: BBVA, oficina: C/Frank Capra 6, L.2 (Málaga) ES1301829754510200351936

HOJA PARA LA DOMICILIACIÓN BANCARIA

Sr. Director/a del Banco/entidad:

Le ruego de las órdenes oportunas para que, a partir de la fecha, haga efectivos los recibos que a mi nombre y a cargo de libreta de ahorro nº…….. o cuenta corriente:

CODIGO DE CUENTA BANCARIA

IBAN	ENTIDAD	OFICINA	D.C.	N° DE CUENTA

Pase a cobrar la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FICOLOGÍA, gracias.

Nombre y apellidos:

Localidad y fecha: Firma:

Estimados socios y amigos de la Sociedad Española de Ficología,

¡Vaya año hemos tenido!

Si bien este año nos ha supuesto un desafío a muchos niveles, también ha sido prueba de la resiliencia y la capacidad de adaptación que tenemos como sociedad. Esta pandemia mundial ha cambiado todo para siempre, desde la forma en que trabajamos hasta la proposición de nuevas metas futuras.

En estas líneas, para amenizar el confinamiento aún persistente o el trabajo desde casa, este número del ALGAS viene cargado de contenido para todos los gustos. Esta edición recapitula artículos de investigación, noticias, congresos –cuando eran presenciales- y muchas tesis de grado, máster y doctorales. Además les contamos nuevas formas de comernos a nuestro objeto de estudio, aprenderemos sobre la vida de Francisca Caballero, una socia nos contara sobre su doctorado en el extranjero y finalizamos con los resúmenes de la jornada que organizó la SEF en diciembre de este año, de forma virtual –como casi todo ahora mismo-. Contó con la participación de 40 personas. Lucas Pérez Llorens, nuestro secretario, nos deleitó con una gran charla inaugural: "¿Las algas se comen?" a la cual le siguieron nueve 9 exposiciones más a cargo de estudiantes. Producto también de ello fue la foto de portada de este número, ganadora del concurso fotográfico de la SEF, llamada "Azul y oro" y cuya autora es nuestra presidenta, María Altamirano Jeschke. En cuanto a las exposiciones, la ganadora del premio SEF joven fue Amparo Cid Iturbe con la charla titulada "Estudio de la dinámica poblacional del alga invasora *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) en Tortuga Bay (isla de Santa Cruz, Parque Nacional Galápagos, Ecuador)".

Me despido recodándoles que el boletín Algas de la SEF lo hacemos todos, por lo que mantengo la invitación abierta, ¡e insisto! a nuestros estimados socios, a que envíen sus contribuciones a todas las secciones. También alentar a los estudiantes a que nos cuenten sobre sus tesis, ya que además de ser un buen ejercicio de recapitulación, ayuda a visibilizar lo que se está haciendo.

¡Felices fiestas!

Estamos en contacto,

Dr. Marianela Zanolla Balbuena

La Junta Directiva

Rodofíceas herborizadas depositadas en la colección histórica de la ficoteca cubana y antillana, Universidad de Oriente, Cuba

Abdiel Jover Capote[1-3] & Asiel Cabrera Guerrero[1, 2]

[1]Departamento de Biología y Geografía, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente. Patricio Lumumba s/n, Santiago de Cuba, Cuba, CP: 90 500.
[2]Grupo Científico Estudiantil de Ecología Marina "Dra. María Elena Ibarra Martín". Departamento de Biología y Geografía, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente
[3]Departamento de Ecología, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, 11510 Puerto Real, Cádiz, España.
*Autor de correspondencia: ajover@uo.edu.cu

Resumen

En el presente trabajo se revisan los materiales herborizados de algas rojas en la colección histórica de la Ficoteca Cubana y Antillana de la Universidad de Oriente. Se identificaron 30 especies de algas en 96 materiales de herbario recolectados por Manuel Día Piferrer. Las algas se distribuyen en el sur de la Florida en Estados Unidos, el oriente de Cuba y en la isla de Puerto Rico. Se encontró un material de Polysiphonia exilis *Harvey que debe continuar su estudio para confirmar la presencia de esta especie en Puerto Rico.*

Palabras clave: algas rojas, colecciones botánicas, herbario, distribución, Atlántico.

Abstract

In this paper, we review the red seaweed from herbarium material in the historical collection of the Ficoteca Cubana y Antillana of the Universidad de Oriente. 30 species of algae were identified in 96 herbarium materials collected by Manuel Día Piferrer. Algae are distributed in southern Florida in the United States, eastern Cuba and on the island of Puerto Rico. Polysiphonia exilis *Harvey was found, though further studies are required to confirm the presence of this species in Puerto Rico.*

Keywords: red algae, botanical collections, herbarium, distribution, Atlantic.

Introducción

Las colecciones biológicas son fuente de información valiosa para el conocimiento de la composición, riqueza y distribución de las especies (Trujillo-Trujillo *et al.* 2014). Son empleadas como recurso didáctico en la enseñanza de la ciencia y para la divulgación científica (Ibeth & Góngora, 2009). Además, los datos de estas colecciones proporcionan elementos para la comprensión de la historia de las ciencias naturales de una región o área del conocimiento.

En Cuba se registran 12 colecciones de macroalgas marinas ubicadas en 11 instituciones (Alfonso *et al.* 2014). Una colección histórica importante de algas herborizadas por el Dr. Manuel Díaz Piferrer es la que se encontraba en la Universidad de Ciencias Pedagógicas Frank País García de Santiago de Cuba. Como parte del proceso de integración de los centros de Educación Superior en Cuba, la Ficoteca Cubana y Antillana de la Universidad de Oriente (FCA-UO) recibe esta colección formada por 570 lotes en la que se representan 40 especies de macroalgas cubanas (Alfonso *et al.* 2014). En la actualidad estos lotes no se encuentran catalogados y no se encuentran depositados en la colección histórica a pesar del valor de la información que poseen (Jover *et al.* 2018).

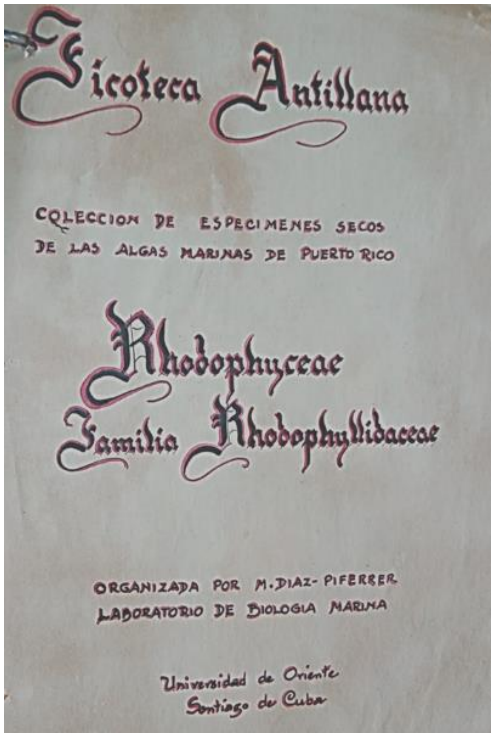


Fig 1. Portada de las carpetas que contienen las rodofíceas herborizadas en la colección histórica de la Ficoteca Cubana y Antillana de la Universidad de Oriente.

En el presente trabajo se presenta por primera vez la lista de las rodofíceas herborizadas de la colección colección histórica de la Ficoteca Cubana Antillana de la Universidad de Oriente.

Resultados y discusión

En la colección histórica de la Ficoteca Cubana y Antillana de la Universidad de Oriente se reportan 30 especies de algas rojas herborizadas (Tabla 1), colectadas y organizadas por el Dr. Manuel Díaz Piferrer (Fig. 1). Las macroalgas están montadas en 96 pliegues de cartulina de dimensiones 216 x 279 mm y correctamente etiquetadas (Fig. 2). Todos los materiales provienen originalmente de la colección personal de Dr. Manuel Díaz Piferrer y la Ficoteca Antillana de la Universidad de Oriente (Fig. 3).

Los ordenes Ceramiales, Gracilariales y Nemaloniales fueron los de mayor número de especies representadas en los materiales herborizados (Tabla 1). La mayor riqueza de taxa infragenéricos la posee la familia Rhodomelaceae del orden Ceramiales con 10 especies. Mientras que el género *Gracilaria* con seis especies fue el mejor representado en la colección. Estos taxa son un componente importante que aportan a la riqueza y diversidad de la flora ficológica de las aguas someras de las localidades de estudio (Taylor, 1960; Dawes y Mathieson, 2008; Suárez *et al.* 2015).

Las muestras fueron recolectadas en tres localidades ubicadas en el estado de la Florida en los Estados Unidos, cinco en la región oriental de Cuba y ocho en la isla de Puerto Rico (Fig. 4 y 5). En Puerto Rico tienen su localidad de recolecta 20 especies, seis en Cuba y 11 en los Estados Unidos (Tabla 1). Todas las rodofíceas con localidades en Cuba y la Florida aparecen consignadas para sus aguas según Suárez *et al.* (2015) y Dawes y Mathieson (2008) respectivamente. En el caso de las rodofíceas que aparecen de Puerto Rico, menos *Polysiphonia exilis*, el resto ya han sido consignada para esta isla (Ballentine y Aponte, 2002; Guiry y Guiry, 2019). Estudios futuros con muestras del ejemplar colectado de *P. exilis* confirmarían la presencia de esta especie en Puerto Rico aumentando su rango de distribución entre las islas del Caribe. Pues esta especie ha sido consignada para Bahamas (Taylor, 1960), Cuba (Cabrera *et al.* 2004; Suárez, 2005; Suárez *et al.* 2015).

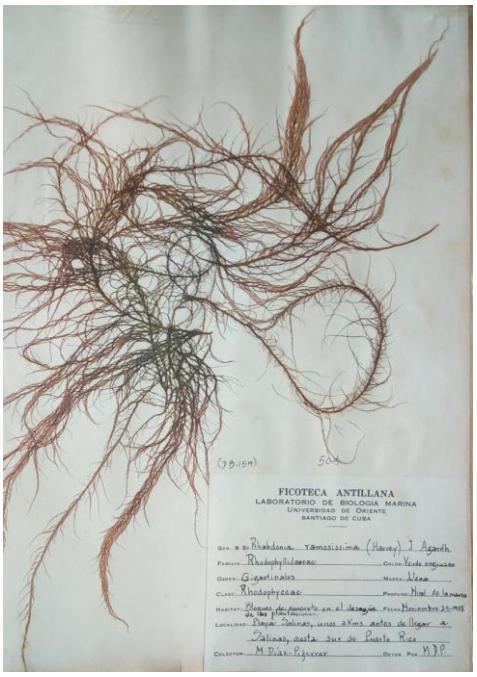


Fig 2. Ejemplo de espécimen de rodofícea herborizada de la colección histórica de la Ficoteca Cubana y Antillana de la Universidad de Oriente.

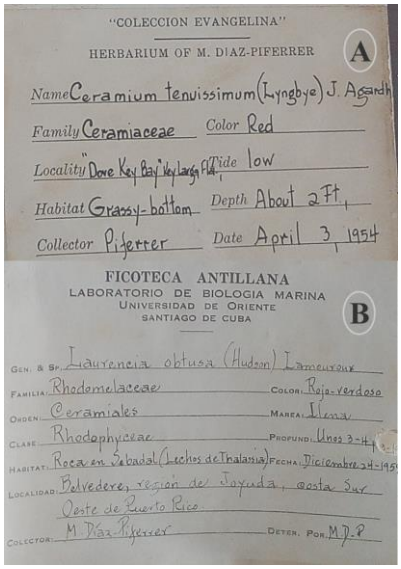


Fig 3. Ejemplo de etiquetas originales de ejemplares de rodofíceas procedentes de de la Colección Evangelina (A) y Ficoteca Antillana (B) presentes en la colección histórica de la Ficoteca Cubana y Antillana de la Universidad de Oriente.

De la información contenida en las etiquetas se evidencia que 17 especies fueron muestreadas en sustratos rocosos, ocho en fondos arenosos, cinco en areno-rocoso y tres en fangoso. Además, todas habitaban en el sublitoral somero a una profundidad comprendida entre los 30 mm y los 120 mm (Tabla 1). Lo que se corresponde con el hábitat y perfil batimétrico de las especies consignado para el Atlántico occidental (Taylor, 1960; Dawes & Mathieson, 2008).

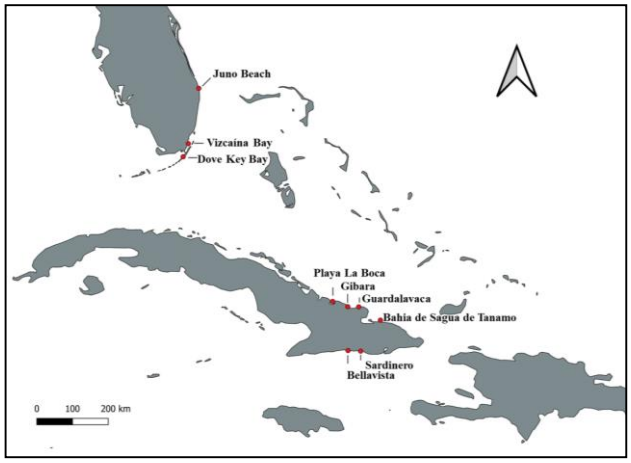


Fig 4. Localidades de muestreo en Florida y Cuba de las rodofíceas herborizadas en la colección histórica de la Ficoteca Cubana y Antillana de la Universidad de Oriente.

La revisión de las rodofíceas herborizadas de la colección histórica de la Ficoteca Cubana y Antillana de la Universidad de Oriente confirma la importancia del trabajo realizado por el Dr. Manuel Díaz Piferrer en sus estudios de las algas del Caribe (Ballantine & Aponte, 2002; Suárez *et al.* 2015; Jover *et al.* 2018). Además, se reafirma la importancia de las colecciones ficológicas como fuente de información sobre la diversidad y distribución de las macroalgas (García *et al.* 2018; Jover *et al.* 2018).

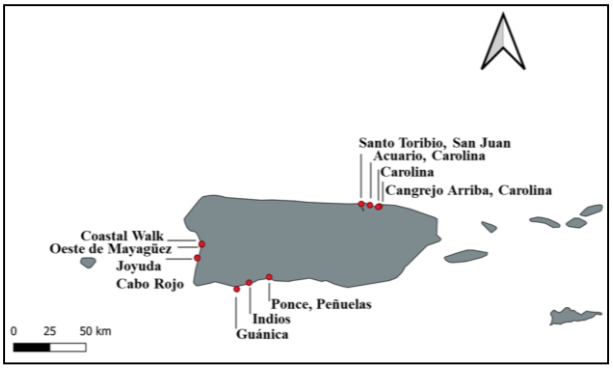


Fig 5. Localidades de muestreo en Puerto Rico de las rodofíceas herborizadas en la colección histórica de la Ficoteca Cubana y Antillana de la Universidad de Oriente.

Tabla 1. Lista de las rodofíceas herborizadas en la colección histórica de la Ficoteca Cubana y Antillana de la Universidad de Oriente. 1-Estados Unidos de América, 2-Cuba y 3-Puerto Rico.

ORDEN/Familia	Especie	Sustrato	Profundidad (cm)
CORALLINALES			
Corallinaceae	*Jania rubens* (Linnaeus) J.V. Lamouroux (3)	Rocoso	30
Lithophyllaceae	*Amphiroa fragilissima* (Linnaeus) J.V. Lamouroux (2)	Arenoso	30
CERAMIALES			
Callithamniaceae	*Aglaothamnion tenuissimum* (Bonnemaison) Feldmann-Mazoyer (3)	Rocoso	60
Dasyaceae	*Dasya ramosissima* Harvey (1)	Arenoso	90
Rhodomelaceae	*Acanthophora muscoides* (Linnaeus) Bory (3)	Rocoso	30
	Acanthophora spicifera (M.Vahl) Børgesen (1)	Rocoso	60
	Alsidium triquetrum (S.G.Gmelin) Trevisan (3)	Arenoso-Rocoso	60
	Chondria dasyphylla (Woodward) C. Agardh (3)	Rocoso	90
	Chondria littoralis Harvey (1, 2, 3)	Arenoso	60
	Laurencia microcladia Kützing (3)	Rocoso	30
	Laurencia obtusa var. *gracilis* (C. Agardh) Zanardini (3)	Fangoso	30
	Palisada perforata (Bory) K.W.Nam (2, 3)	Arenoso	30
	Polysiphonia exilis Harvey (3)	Rocoso	30
	Yuzurua poiteaui (J.V.Lamouroux) Martin-Lescanne (1, 3)	Rocoso	30
GIGARTINALES			
Cystocloniaceae	*Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamouroux (3)	Arenos	30
Solieriaceae	*Agardhiella subulata* (C.Agardh) Kraft & M.J.Wynne (1)	Fangoso	60
GRACILARIALES			
Gracilariaceae	*Crassiphycus caudatus* (J.Agardh) Gurgel, J.N.Norris & Fredericq (3)	Rocoso	60
	Gracilaria bursa-pastoris (S.G. Gmelin) P.C. Silva (2)	Areno-rocoso	60
	Gracilaria cervicornis (Turner) J. Agardh (2, 3)	Fangoso	9
	Gracilaria damaecornis J. Agardh (3)	Arenoso	120
	Gracilaria domingensis (Kützing) Sonder ex Dickie (1)	Areno-rocoso	90
	Gracilaria isabellana Gurgel, Fredericq & J.N. Norris (3)	Rocoso	90
	Gracilariopsis longissima (S.G.Gmelin) Steentoft, L.M. Irvine & Farnham (1, 3)	Arenoso	60
NEMALIALES			
Liagoraceae	*Ganonema farinosum* (J.V.Lamouroux) K.C.Fan & Yung C.Wang (2. 3)	Rocoso	30
Galaxauraceae	*Dichotomaria obtusata* (J. Ellis & Solander) Lamarck (3)	Arenoso-Rocoso	30
	Galaxaura rugosa (J. Ellis & Sol.) J.V. Lamour (3)	Rocoso	60
	Tricleocarpa fragilis (L.) Huisman & R.A. Towns (3)	Rocoso	30
HALYMENIALES			
Halymeniaceae	*Cryptonemia crenulata* (J. Agardh) J. Agardh (1, 3)	Rocoso	90
RHODYMENIALES			
Champiaceae	*Champia parvula* (C. Agardh) Harvey (1)	Arenoso	30
	Coelothrix irregularis (Harvey) Børgesen (1)	Rocoso	60

Referencias

Alfonso, Y.B., Martínez-Daranas, Suárez, A.M. (2014) Representatividad de las macroalgas marinas en los herbarios de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 34(2): 18-30.

Ballantine, D.L., Aponte, N.E. (2002) A check list of the benthic marine algae known to Puerto Rico, second revision. Consrancea, 83(8). Disponible en: http://ucjeps.berkeley.edu/constancea/83/ballantine_aponte/checklist.html. Consultado: 1 de noviembre de 2019.

Cabrera, R., Moreira, A., Suárez, A.M. (2004) Variación en la composición y estructura de las asociaciones algales en la Bahía de Nuevitas, Costa NE de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 25: 133-142.

Dawes, C.J., Mathieson, A.C. (2008) The seaweeds of Florida. pp. [i]- viii, [1]-591, [592], pls I-LI. Gainesville, Florida: University Press of Florida.

Guiry, M.D., Guiry, G.M. (2019) AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponible en: https://www.algaebase.org. Consultado: 16 de octubre de 2019.

Ibeth, D., Góngora, F. (2009) Colecciones Biológicas: Estrategias didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la Biología. Biografía: *Escritos sobre la Biología y su Enseñanza* 2(2): 148-157.

Jover, A., Diez, Y., Cabrera, A., Suárez, A.M. (2018) La Ficoteca Cubana y Antillana de la Universidad de Oriente: origen, estado actual y perspectivas. *Algas: Boletín Informativo de la Sociedad Española de Ficología*, 53: 41-46.

Suárez, A.M. (2005) Lista de las macroalgas marinas cubanas. *Revista de Investigaciones Marinas* 26: 93-148.

Suárez, A.M., Martínez-Daranas, B., Alfonso, Y. (2015) Macroalgas marinas de Cuba. Editorail UH, La Habana, Cuba.

Taylor, W.R. (1960) Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas. The University of Michigan Press. Michigan, Estados Unidos.

Trujillo-Trujillo, E., Vargas-Triviño, P. Salazar-Fajardo, L. (2014) Clasificación, manejo y conservación de colecciones biológicas: una mirada a su importancia para la biodiversidad. *Momentos de Ciencias* 11(2): 97-106.

Wynne, M. (2017) A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical Western Atlantic: fourth revisión. Nova Hedwigia, Beihefte, 145: 1-200.

García, G., Solé, M., Ciencia, F.S. (2018) Manual de procedimientos y gestión de herbarios y ficotecas de macroalgas. Colección Cuadernos FLASA. Serie Ciencia y Tecnología. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas, Venezuela.Arjona, M.M.F., Bañares-España, E., Flores-Moya, A. (2011) Notas corológicas del macrofitobentos de Andalucía (España) X. *Acta Botanica Malacitana* 36: 159-209.

Las algas en las bellas artes de la Península Ibérica

Miguel Alvarez Cobelas

Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serrano 115 dpdo., 28006 Madrid, malvarez@mncn.csic.es

Para Tomás Gallardo
Yet nature is made better by no mean
But nature makes that mean: so, over that art
Which you say adds to nature, is an art
That nature makes[1]
William Shakespeare (The winter's tale, Acto IV, escena 4ª, 1610-1611)

La pintura de paisaje en Europa

Como casi todo en el universo, la visión de las cosas por el ser humano se construye. Aprendemos a mirar el mundo circundante enseguida, nada más nacer, pero nuestra especie va cambiando su manera de mirar con el tiempo. La imagen de la Naturaleza no era la misma para los griegos de Pericles, los chinos de la dinastía Jin o los romanos de Petronio que para los españoles de Cervantes, los ingleses de Dickens o los japoneses de Shikibu. La Humanidad ha ido conformando paulatinamente una visión de "lo natural", siempre cambiante, siempre compleja.

Al final del Barroco, sin embargo, en un extraño precedente del siglo de la Ilustración, un pintor francés, Claudio de Lorena (más conocido como Le Lorrain), comienza a representar la Naturaleza de otro modo, atendiendo más a sus elementos constitutivos y a la integración de los mismos en un todo bañado por una luz muy matizada, aunque idealizándolo un poco. Quizá sea el primer pintor que ofrece una concepción global y nueva de los objetos naturales, de carácter panteísta. Simultáneamente con él, que había desarrollado su carrera en Roma al lado de los Papas, aparece un napolitano –Salvatore Rosa– cuyos paisajes van perdiendo la visión barroca y adquieren un carácter proto-romántico, adelantándose así en más de un siglo a la nueva moda de Schiller y Beethoven (Espronceda, Almeida Garrett y Larra en Iberia). Mientras Claudio de Lorena hacía una pintura más clásica, producto en parte de su carácter apacible, la de Salvatore Rosa se volvía nerviosa y sentimental, apoyada en su propio carácter, más rebelde. Ambos son los fundadores modernos de la pintura de paisaje europea, que –no debemos olvidarlo– está en la base de la visión actual de la Naturaleza, la cual comienza con Humboldt un siglo después de esos pintores.

A la Península Ibérica, las nuevas formas de ver la Naturaleza tardan en llegar. Las primeras obras de pintura francamente paisajística, ya en el último tercio del siglo XVIII y las primeras décadas del XIX, se deben al catalán Mariano Ramón Sánchez y al suizo, afincado en Madrid, Juan Mieg. Pero la pintura de ambos, más clasicista, no tarda en verse desplazada por la romántica, cuyo principal exponente paisajístico probablemente sea Eugenio Lucas Velázquez.

A partir de ahí, el aluvión. Ramón Martí Alsina en Barcelona y, después, el efecto trascendental de la venida de Carlos de Haes desde Bruselas a Madrid, donde gana la cátedra de Paisaje en la Real Escuela de Bellas Artes de San Fernando, suponen el lanzamiento de la moderna pintura de paisaje en la Península Ibérica, apuntalada por el magnífico trabajo –pronto lamentablemente concluido debido a su muy temprana muerte– del lisboeta João Cristino da Silva. Este, un artista de filiación romántica, Martí Alsina y de Haes, dos pintores realistas, son los fundadores de la pintura ibérica de paisaje.

La nueva forma de mirar, acompasada con la de los primeros naturalistas globales, como Humboldt

[1]*A la naturaleza nunca la mejora nada/que no haya hecho ella misma; y por encima/de ese arte que dices que la ensancha/hay un arte que es producto de la naturaleza* (traducción de Marcelo Cohen, 2012).

o Darwin, se fija especialmente en los efectos de la luz, de la geología y de las Fanerógamas como aspectos fundamentales que conforman el paisaje y le dan unidad. Todos estos elementos son, también, lo más fácil de ver en el medio natural.

Las algas en la pintura ibérica de paisaje

En esta pequeña contribución, quiero referirme a algunas obras pictóricas ibéricas donde aparecen algas. La recopilación me ha llevado varios años, paseos por multitud de Museos de Bellas Artes (véase en los Agradecimientos cuáles son), consulta a artistas y en catálogos y búsquedas interminables en el vasto y basto almacén de Internet.

Las algas pasan desapercibidas en la mayoría de los cuadros de paisaje. El pintor y el espectador del cuadro no suelen saber de ellas. El artista, que las ve en el campo, las ilustra con la dificultad que suponen unas plantas tirando a informes, simples manchas sobre piedras muchas veces. Al espectador le parecerán, casi siempre, brochazos dados con mayor o menor maestría.

Y, sin embargo, hay algas en bastantes de los cuadros del paisaje ibérico (Tabla 1), aunque siempre figuren humildes, muy secundarias, calladas, sin apenas llamar la atención a quien no las conozca. En cuanto seguirá, dividiré las obras con algas por el tipo de hábitat, predominando un poco más el de agua dulce.

En general, todos los artistas, pinten aguas dulces o no, suelen representar algas verdes. Menos común ha sido mostrar otras clases. Dos casos especiales son los del catalán Hermen Anglada Camarasa, quien en su obra La cueva muestra también algas rojas del grupo de las Coralináceas, y la guipuzcoana Menchu Gal, la cual ilustra en La roca un estrato horizontal de esas algas que se interna en el mar a la derecha de la pintura.

Un ambiente bastante representado en la pintura decimonónica ha sido el de los humedales de Olot (Gerona), cuya extensión ya queda muy reducida hoy en día. Han sido pintados por los hermanos Vayreda en el último tercio del siglo XIX y albergan muchas algas que se pueden observar claramente en las obras de Joaquim (El descans, L'estiu) y Mariá (Aiguamoll amb animal), tanto en zonas estancadas como en cauces fluviales.

Las manchas de Diatomeas aparecen como conspicuos trazos marrones en las aguas o la orilla de los cuadros del catalán Joaquim Mir (El gorg de la trona), de Carlos de Haes (Peñas (Alsasua)), del onubense Daniel Vázquez Díaz (Paisaje de la Pedriza) y del sevillano Emilio Sánchez Perrier (Al borde del río en el amanecer).

Las playas de mareas acentuadas (Atlántico) y, en menor medida, sus rías y acantilados son el hábitat más representado donde residen algas marinas. Los cuadros de Carlos de Haes (Rocas de Lequeitio, Rocas en Lequeitio; sí, son dos distintos), del gaditano Felipe Abárzuza (Estudio de paisaje (La Barrosa)), del gallego Manuel Abelenda (Atardecer en la ribera; Baixamar; La charca (ría del Burgo)), del lisboeta João Maria de Jesus Falcão Trigoso (Costa algarvia; Poente algarvio) y del asturiano Florentino Soria (Marismas del Recastrón) contienen algunos ejemplos de ello.

La corteza de los árboles también puede soportar algas verdes, que se observan en las pinturas del navarro Juan Carlos Pikabea (Artesiaga (Irurita)) y, de nuevo, Mariá Vayreda (S.t., paisatge d'El cap d'Estopes). También hay algas que crecen sobre muretes en balsas (Joaquim Mir La bassa de San Pau Segimon) o canales (Ramón Gaya La acequia).

Por último, la utilización futura de las algas por el ser humano se ve sugerida en el cuadro del asturiano Juan Martínez Abades Recogida de algas en la ribera del Berbés, en el cual unas mujeres almacenan algas en unos soportales vigueses.

Conviene señalar también que la inmensa mayoría de los cuadros referidos pertenecen a las escuelas realista y naturalista (Martí Alsina, de Haes, Falcão Trigoso, Martínez Abades, Sánchez Perrier, etc). Solo al final del siglo XIX aparece algún cuadro, como los de Regoyos, donde la impronta es impresionista, seguido por las visiones más fauvistas de Anglada Camarasa, Mir o Gal. El surrealismo de Maruja Mallo nos ofrece un único

ejemplo, tardío, de algas microscópicas y fantasiosas. Poca o ninguna abstracción ha habido para representar las algas, cuya apariencia macroscópica ya suele ser en sí bastante informe y tirando a abstracta. Pero la pintura pop sí las ha tenido en cuenta, como es el caso de alguna obra del gallego Luis Seoane (Tabla 1).

De todos modos, no debemos olvidar que la pintura de paisaje es un género en regresión hoy en día, pasado de moda, cuya máxima expansión se alcanzó hace ya más de un siglo. Ahora se hace cada vez menos pintura de paisaje y de originalidad inferior, lo cual redunda también en la falta de obras donde se sugieran algas.

Para terminar este apartado y por traer a colación a artistas actuales, en Granada ha desarrollado su trabajo el licenciado en Bellas Artes y Ciencias Biológicas y artista plástico Fernando Bolívar Galiano, hoy catedrático en el Departamento de Pintura de la Facultad de Bellas Artes de la universidad. Fernando comenzó interesándose por las algas y el biodeterioro en las fuentes de la Alhambra hace casi treinta años, siendo dirigido por Pedro Sánchez Castillo y produciendo una novedosísima y sugestiva tesis doctoral sobre el tema en la década de 1990. Además de algunas publicaciones especializadas, después ha seguido realizando obra pictórica con las algas como motivo, especialmente en proyectos como el llamado BIO-ARTE (bolivargaliano.wordpress.com/obra-artistica/pintura/bio-arte/). Además, fue el diseñador de una placa entregada a Tomás Gallardo por la Sociedad Española de Ficología en 1994 en reconocimiento a sus servicios como Secretario de la Sociedad.

También me parece imprescindible mencionar aquí a la granadina Araceli García Romero, siempre muy preocupada por la belleza natural. Ella es una artista a la que ha atraído el mundo de las algas. Cuando Pedro Sánchez Castillo le propuso colaborar como ilustradora en su obra Posidonia y el mar (2017), descubrió que las algas se podían dibujar como acuarelas, naturalmente. Por eso, decidió representarlas con pinceladas muy frescas y expresivas, creando efectos con acuarela y agua para mostrar la gran variedad de coloraturas y formas que tienen, una muestra de las cuales ofrezco al final de esta reseña.

La ilustración científica de las algas

El asturiano Alfredo Truán y Luard, eminente diatomólogo y padre de Arturo Truán Vaamonde (un gran pintor de paisajes por su parte), dibujó muchas diatomeas en su trabajo asturiano sobre esas algas (1884). Más tarde, Juan Joaquín Rodríguez Femenías, el empresario menorquín con aficiones botánicas, describió especies nuevas de rodofíceas y las dibujó en algunos de sus estudios de Baleares (1889, 1895).

Ramón Margalef López, cuyas investigaciones sobre algas continentales comienzan durante los respiros que su trabajo de soldado republicano le daba en Barcelona, fue también un buen dibujante de algas, ayudado por la entonces moderna tecnología de la cámara clara. Buena parte de sus obras, tanto de divulgación (1943) como de estudio propiamente científico, está trufada de imágenes de algas microscópicas hechas a tinta. Por destacar sendas obras suyas, me parecen buenos ejemplos los de sus libros de 1955 (Los organismos indicadores en la Limnología) y 1967 (Ecología marina), en el último de los cuales comparte autoría intelectual, siendo suyos los dibujos. Ya mucho más cerca de nosotros, la catalana María Antonia Ribera Siguán realiza numerosos dibujos con cámara clara para su tesis doctoral (1983), para la de Amelia Gómez Garreta (1983) y para las publicaciones de ambas, especialmente las de Ceramiáceas (Ferrer *et al.* 1994; Ribera Siguán & Soto Moreno, 1992). Además, el volumen de la Flora bentónica marina de la Península dedicado a las Fucales (Gómez Garreta, 2000) lleva dibujos suyos. E incluso el logotipo de la Sociedad Española de Ficología, elegido por concurso, lo creó ella.

Tabla 1. Cuadros ibéricos de paisaje donde se representan algas, aunque nunca dominen la obra. Discrimino entre aguas dulces (D) y marinas (M), aunque también en tres obras se apunte a la corteza del árbol (C) y en otras dos a la pared de una balsa (P) como hábitats algológicos. *S.t.:* cuadro sin título dado por el pintor; cuando hay uno entre paréntesis, se lo han puesto los conservadores de cada colección.

Autor	Pintura	Hábitat	Alto (cm)	Ancho (cm)	Materiales	Año	Museo/Colección
Alfredo Keil	*Praia grande*	M	49,5	73,0	Óleo/tela	1880	Anastacio Gonçalves (Lisboa)
Antonio Gomar	*Vaciamadrid*	D	38,0	26,0	Óleo/cartón		Jaume Morera (Lérida)
António Carvalho da Silva Porto	*Moinhos da Confraria*	D	90,0	120,0	Óleo/tela	1893	Soares dos Reis (Oporto)
Antonio Ros Güell	*El remanso de las brujas o paisaje con lago*	D	170,0	268,0	Óleo/lienzo	1901	Prado (Madrid)
Artur Loureiro	*Marinha (Foz)*	M	20,2	30,5	Óleo/tabla	1908	Soares dos Reis (Oporto)
Aureliano de Beruete y Moret	*Orillas del Manzanares (Otoño)* (nº P04242 del catálogo del Prado)	D	66,5	95,0	Óleo/lienzo	1910	Prado
Benjamín Palencia	*Peces blancos*	M	65,5	93,0	Óleo y arena/lienzo	1930	Reina Sofía (Madrid)
Bernardino Bienabe Artía	*Play Aundi*	M	56,0	65,0	Óleo/tabla	*Ca.* 1923	San Telmo (San Sebastián)
Carlos de Haes	*Canal de Mancorbo (Picos de Europa)*	D	168,0	123,0	Óleo/lienzo	1876	Prado
Carlos de Haes	*Desfiladero (Jaraba)*	D	39,0	60,0	Óleo/lienzo	*Ca.* 1872	Prado
Carlos de Haes	*Gargantas de Jaraba de Aragón*	D	39,0	61,0	Óleo/lienzo	*Ca.* 1872	Prado
Carlos de Haes	*Orillas del Vinalopó*	D	26,0	40,0	Óleo/papel sobre lienzo	*Ca.* 1861	Prado
Carlos de Haes	*Peñas (Alsasua)* (nº P04388 del catálogo del Prado)	D	15,0	22,0	Óleo/tabla	*Ca.* 1875	Prado
Carlos de Haes	*Pinar (Mallorca)*	M	15,0	22,0	Óleo/tabla	*Ca.* 1877	Prado
Carlos de Haes	*Rocas de Lequeitio*	M	14,5	42,0	Óleo/lienzo		Bellas Artes (A Coruña)
Carlos de Haes	*Rocas en Lequeitio*	M	14,5	42,0	Óleo/papel sobre lienzo	*Ca.* 1866	Prado
Carlos Reis	S.t.	D	162,0	98,0	Óleo/tabla	1902	Municipal Carlos Reis (Torres Novas)
Daniel Vázquez Díaz	*Paisaje de La Pedriza*	D	58,0	67,0	Óleo/lienzo	*Ca.* 1947	Particular
Darío de Regoyos y Valdés	*Camino de los neveros*	D	90,0	120,0	Óleo/lienzo	1911	Particular
Darío de Regoyos y Valdés	*El Bidasoa*	M	44,0	61,5	Óleo/tabla	1901	
Emilio Sánchez Perrier	*El campo de Marte*	D	35,6	54,0	Óleo/tabla	1885	
Emilio Sánchez Perrier	*Orilla de cauce (¿Alcalá de Guadaira?)*	D	11,5	33,0	Óleo/tabla	*Ca.* 1890	Colección Valentín Carrasco (Sevilla)
Emilio Sánchez Perrier	*Orillas del río Guadaira con barca*	D	31,7	40,6	Óleo/tabla	*Ca.* 1890	Thyssen (Málaga)
Emilio Sánchez Perrier	*Playa con rocas en marea baja*	M	37,5	50,0	Óleo/lienzo	*Ca.* 1886-1890	Particular
Emilio Sánchez Perrier	*Vista de Cádiz desde el mar*	M	21,0	33,5	Óleo/tabla	1881	Particular
Eugenio Lucas Velázquez	*Torreón en ruinas*	D	39,0	30,0	Óleo/lienzo	1853	Lázaro Galdiano (Madrid)
Evaristo Valle	*De camino*	D	86,0	101,5	Óleo/lienzo	*Ca.* 1921	Colección Pedro Masaveu
Felipe Abárzuza	*Estudio de paisaje (La Barrosa)*	M	63,0	73,0	Óleo/lienzo	*Ca.* 1930	Cádiz
Félix Mestres	*Paisaje*	D	73,0	116,0	Óleo/lienzo	1896	Fran Daurel (Madrid)
Florentino Soria	*Marismas del Recastrón*	M	45,0	60,0		1917	Bellas Artes de Asturias (Oviedo)
Francesc Gimeno	*Mar y rocas*	M	55,0	60,0	Óleo/lienzo	1916	Fran Daurel (Madrid)
Francisco Llorens Díaz	*Costas gallegas (ría de Mera)*	M	120,0	200,0	Óleo/lienzo	1918	Bellas Artes de A Coruña

Autor	Pintura	Hábitat	Alto (cm)	Ancho (cm)	Materiales	Año	Museo/Colección
Francisco San José	*El Jarama*	D	98,0	98,0	Óleo/lienzo	1945	Municipal de Arte Contemporáneo (Madrid)
Gaspar Montes Iturrioz	*Alrededores de Irún*	D	86,0	100,0	Óleo/lienzo	1927	Bellas Artes de Bilbao
Germán Taibo González	*Muller saindo do baño*	M	111,0	137,5	Óleo/lienzo	1915	Bellas Artes de A Coruña
Gonzalo Bilbao Martínez	*Marina (costa cantábrica)*	M	59,0	67,5	Óleo/lienzo	1928	Bellas Artes de Sevilla
Hermen Anglada Camarasa	*La cueva*	M	80,0	78,5	Óleo/lienzo	*Ca.* 1925	Fran Daurel (Madrid)
Jaime Pahissa	S.t.	D	62,0	120,0	Óleo/lienzo	*Ca.* 1900	Fran Daurel (Madrid)
Jaume Morera i Galicia	*Mariña*	M	43,1	72,2	Óleo/lienzo	1901-1927	Bellas Artes de A Coruña
Javier de Winthuysen Losada	*Paisaje de Alcalá de Guadaira*	C, D	73,0	92,0	Óleo/lienzo	1912	Reina Sofía (Madrid)
João Maria de Jesus Falcão Trigoso	*Costa algarvia*	M	16,0	26,0	Óleo/tabla	1924	Grao Vasco (Viseu)
João Maria de Jesus Falcão Trigoso	*Poente algarvio*	M	68,0	105,0	Óleo/tela	1913	José Malhoa (Caldas da Rainha)
João Marques de Oliveira	*Praia de banhos*	M	47,5	69,5	Óleo/tela	1884	Chiado (Lisboa)
João Vaz	*A Praia*	M	47,5	57,5	Óleo/tela	1900	Anastacio Gonçalves (Lisboa)
Joaquim Mir	*El gorg de la trona (Siurana, El Priorat)*	D	106,0	121,0	Óleo/tela	*Ca.* 1907-1914	Nacional de Cataluña (Barcelona)
Joaquim Mir	*El molino*	D	131,0	116,0	Óleo/tela	*Ca.* 1914-1921	Reina Sofía
Joaquim Mir	*El rovell*	M	100,0	125,0	Óleo/tela	*Ca.* 1903	Particular
Joaquim Mir	*La bassa de Can Pau Segimon*	P	130,0	200,0	Óleo/tela	1905-1906	Particular
Joaquim Mir	*La cala encantada (Mallorca)*	M	86,5	121,0	Óleo/tela	*Ca.* 1901	Nacional de Cataluña
Joaquim Mir	*La cova verda*	D	136,0	100,0	Óleo/tela	*Ca.* 1903	Particular
Joaquim Mir	*La piedra del lago*	D	102,0	128,0	Óleo/tela	*Ca.* 1903	Nacional de Cataluña
Joaquim Vayreda i Vila	*Arbres en flor*	D	78,0	138,5	Óleo/tela	1892	Nacional de Cataluña
Joaquim Vayreda i Vila	*El descans*	D	29,0	36,0	Óleo/tela		La Garrotxa (Olot)
Joaquim Vayreda i Vila	*El verano/L'estiu*	D	125,0	260,0	Óleo/lienzo	1877	La Garrotxa
Joaquim Vayreda i Vila	*Paisatge tardorenc*	D	42,0	55,0	Óleo/tela		La Garrotxa
José Fernández Alvarado	*Sudeste*	M	150,0	300,0	Óleo/lienzo	1895	Prado
José Lafita Blanco	*Paisaje de Alcalá de Guadaira*	D	62,0	38,5	Óleo/lienzo	*Ca.* 1890-1895	Bellas Artes de Sevilla
José Leite	*Ribeira dos Amiais*	D	40,5	63,5	Óleo/tabla	1932	José Malhoa (Caldas da Rainha)
José Malhoa	*Marinha*	M	35,4	35,4	Óleo	1913	José Malhoa (Caldas da Rainha)
José Rico Cejudo	*Atardecer en la ribera con niño pescador*	D	46,0	77,0		*Ca.* 1910	Particular
Josep María Marquès	*Caza de patos*	D	100,0	159,0	Óleo/lienzo	1891	Nacional de Cataluña
Juan Carlos Pikabea Zubiri	*Artesiaga-Irurita*	C	130,0	97,0	Óleo/tela		Particular
Juan Carlos Pikabea Zubiri	*Oleaje*	M	116,0	81,0	Óleo/tela		Particular
Juan Espina y Capo	*El pico de Peñalara (Rascafría)*	D	162,0	330,0	Óleo/lienzo	1897	Prado
Juan Martínez Abades	*El Rinconín (Gijón)*	M	150,0	150,0	Óleo/lienzo	1910	Bellas Artes de Asturias (Oviedo)
Juan Martínez Abades	*Recogida de algas en la ribera del Berbés*	M	41,0	76,0	Óleo/lienzo	1892	Colección Thyssen-Bornemisza (Madrid)
Juan Martínez Abades	*Vista de la torre de Hércules*	M	150,0	300,0	Óleo/lienzo	1896	Colección Sporting Club Casino da Coruña
Luis Seoane López	*Mar e rochas*	M	50,0	71,0	Óleo/lienzo	1976	Bellas Artes de A Coruña
Manuel Abelenda y Zapata García	*Atardecer en la ribera*	M	95,0	95,0	Óleo/lienzo	*Ca.* 1939	Familia Abelenda

Autor	Pintura	Hábitat	Alto (cm)	Ancho (cm)	Materiales	Año	Museo/Colección
Manuel Abelenda y Zapata García	*Atardecer en las marismas*	M	85,0	90,0	Óleo/lienzo	*Ca.* 1940	Particular
Manuel Abelenda y Zapata García	*Baixamar*	M	150,0	200,0	Óleo/lienzo	1928	Vigo
Manuel Abelenda y Zapata García	*La charca (ría del Burgo)*	M	75,0	100,0	Óleo/lienzo	1945	Particular
Manuel Abelenda y Zapata García	*Paisaje con luna*	M	70,0	100,0	Óleo/lienzo	*Ca.* 1945	Colección Enrique Ager
Marian Vayreda i Vila	*Aiguamoll amb animal*	D	36,0	61,0	Óleo/tela	1890-1901	La Garrotxa
Marian Vayreda i Vila	S.t. *(paisatge d'El cap d'Estopes)*	C	29,5	22,0	Óleo/cartón	*Ca.* 1894	Particular
Mário Augusto	*Rio Jamor*	D	31,4	19,7	Óleo/tela sobre cartón	1926	Anastacio Gonçalves (Lisboa)
Marta Cárdenas	*Arroyo de los pinos*	D	115,0	89,0	Óleo/lienzo	1981	Municipal de Arte Contemporáneo (Madrid)
Maruja Mallo (seudónimo de Ana María Gómez González)	*Protozoarios*		32,4	40,0	Dibujo/papel	1981	Reina Sofía
Melquiades Álvarez Rodríguez	*Cauce oscuro*	D	190,0	280,0	Acrílico/papel entelado	1983	Municipal de Arte Contemporáneo (Madrid)
Menchu Gal	*La roca*	M	115,0	95,0	Óleo/tela	1955-1960	Ayuntamiento de Irún
Menchu Gal	*Ondarraitz (hotel, apartamentos)*	M	33,0	41,0	Óleo/tabla	1989	Ayuntamiento de Irún
Menchu Gal	*Santesteban (Navarra)*	D	54,0	80,0		1942-1943	Ayuntamiento de Irún
Nicolás Alpériz	*Cascada de azuda en el Guadaira*	D	18,0	25,5	Óleo/tabla	1900-1905	Colección Francisco Venegas Rey (Sevilla)
Ovidio Murguía de Castro	*Mariña* (nº 5293 del catálogo del Museo de la Coruña)	M	43,5	60,4	Óleo/lienzo	1897	Bellas Artes de A Coruña
Ramón Gaya	*La acequia*	D, P	73,0	92,0	Gouache/papel	1977	Ramón Gaya (Murcia)
Ricardo Verdugo Landi	*Buscando conchas en la playa*	M	50,0	80,0	Óleo/lienzo	*Ca.* 1920-1930	Carmen Thyssen (Málaga)
Sadurní García Anguera	*Transparencias (El Retiro, Madrid)*	D, F	50,0	61,0	Óleo/tela		Tarragona
Salvador Dalí	*Cala Nans (Cadaqués)*	M	39,5	48,5	Óleo/tela	*Ca.* 1920	Nacional de Cataluña
Tomás Sobrino Habans	*Piedras*	D	55,0	46,0	Óleo/tabla		https://tomassobrino.blogspot.com/
Xavier Agirre	*Amanecer en la ría de Butrón*	M	190,0	180,0		2001	Ayuntamiento de Mungía (Vizcaya)

Y para finalizar esta reseña, también querría mencionar aquí el trabajo artístico sobre los Carófitos, realizado por la madrileña Marta Chirino Argenta, bióloga además de artista e hija del conocido escultor Martín Chirino. Su contribución más importante ha sido la del volumen dedicado a estas plantas en la Flora ibérica de Algas Continentales (Cirujano *et al.* 2008). Más dibujos suyos de carófitos se encuentran en otras publicaciones de Cirujano (1995), Cirujano *et al.* (2002) y García Murillo *et al.* (2010). En 1999 fue medalla de oro de la Royal Horticultural Society (UK) por el proyecto titulado Flora acuática de Castilla La Mancha, donde plasmó las plantas más representativas de diversos hábitats acuáticos y, entre ellas, diversos dibujos de Carófitos. Su estilo, inconfundible, conjuga el rigor científico con un toque artístico muy personal

Algunas pinturas

Sin orden ni mucho concierto, aquí van unas cuantas cuya calidad de reproducción no es desdeñable. Me ha parecido que el desorden estético podría resultarle más atractivo al lector que una simple ordenación por fechas, estilos o movimientos artísticos. Así, cumplo con la postmoderna afición de poner a "dialogar" (signifique eso lo que signifique) unas pinturas con

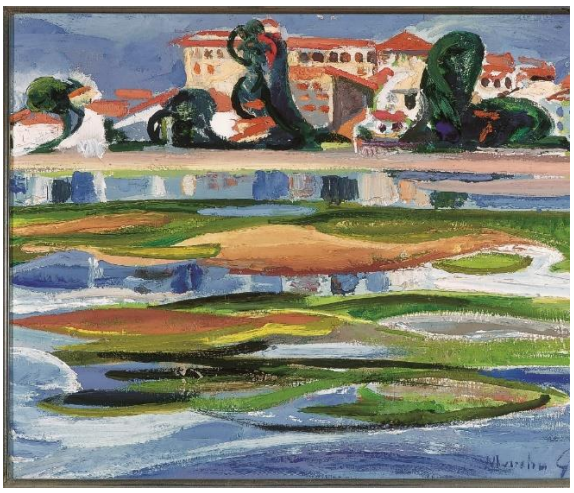
otras. Las referencias concretas de los cuadros y su ubicación, cuando las conozco, se dan en la Tabla 1. He procurado poner ejemplos marinos y de agua dulce, pero siempre se trata de algas bentónicas. Las únicas obras donde podría adivinarse presencia de fitoplancton serían las de Sadurní García Anguera, Maruja Mallo y Fernando Bolívar.

Cuadro de Joaquim Vayreda, titulado *L'estiu*. Representa un aiguamoll en las cercanías de Olot, Girona, alimentado por una gran surgencia subterránea. Gracias en parte al ganado, el agua está cubierta de algas filamentosas

Tomás Sobrino Habans es un pintor contemporáneo del valle del Baztán (Navarra) que hace una obra muy difuminada, inspirada por la naturaleza vasca, plena de humedades y verdes. En este cuadro, titulado *Piedras*, retrata los cantos rodados de un río, cubiertos de diatomeas y cianobacterias.

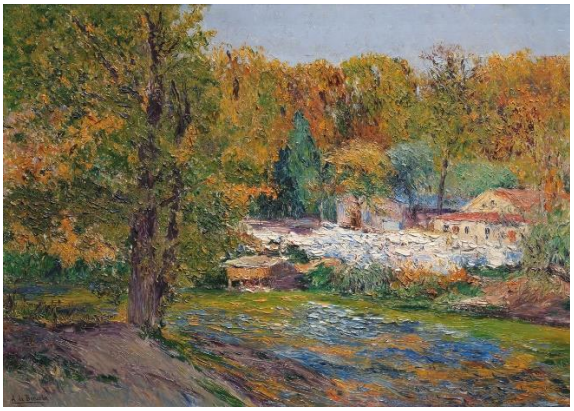
Uno de los fundadores de la pintura de paisaje en España, Carlos de Haes, pintó numerosas marinas, siempre en un estilo realista lindante con el naturalismo. Esta se llama *Rocas en Lequeitio* y está en el Prado. Desde el punto de vista del algólogo, las bandas verdes de *Blidingia*, *Enteromorpha* ó *Ulva* (como las llamen ahora) resaltan en las partes emergidas del roquedo.

Un clásico de la pintura de paisaje norteño es Juan Martínez Abades, interesado siempre por grandes perspectivas de las costas asturianas. Aquí, sin embargo, le ha atraido más el trabajo femenino dedicado a la saca de algas marinas, probablemente para abono; el óleo se llama *Recogida de algas en la ribera del Berbés*. Aún no había acabado el siglo XIX.



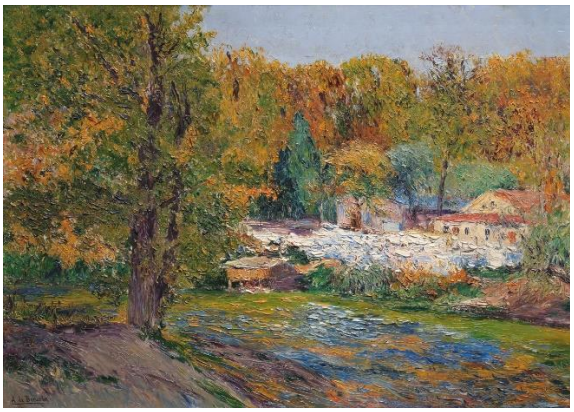
La irunesa Menchu Gal fue una gran maestra del color, columpiándose entre el fauvismo y la abstracción durante casi toda su vida. Esta vista de un estuario, titulada *Ondarraitz (hotel, apartamentos)*, nos acerca al mismo en marea baja cuando las partes emergidas sobre la arena quedan cubiertas por grandes manchas de Ulvales o incluso de *Vaucherias*.

El artista portuense António Carvalho da Silva Porto es uno delos grandes paisajistas del siglo XIX en el país vecino. En un entorno ambientalmente degradado, aquí enseña unos molinos de construcción muy primitiva, a través de los cuales atraviesa un caudal respetable de agua. Los fondos fluviales parecen albergar muchas diatomeas. El cuadro se llama *Moinhos da Confraria*, los cuales estaban en el concelho de Guimarães.



Aureliano de Beruete, también discípulo de Carlos de Haes, llegó a ser director del Museo del Prado, el cual alberga una imagen inusual del río Manzanares para el madrileño actual. Llamó a la pintura *Orillas del Manzanares (otoño)* y en ella se pueden observar los largos talos acintados de *Cladophora* en la margen izquierda (la superior) de un óleo, por otra parte, demasiado empastado. Hoy en día, ni el paisaje de la ribera ni la calidad del agua inspirarían o permitirían imaginar una pintura así.

El artista portuense António Carvalho da Silva Porto es uno delos grandes paisajistas del siglo XIX en el país vecino. En un entorno ambientalmente degradado, aquí enseña unos molinos de construcción muy primitiva, a través de los cuales atraviesa un caudal respetable de agua. Los fondos fluviales parecen albergar muchas diatomeas. El cuadro se llama *Moinhos da Confraria*, los cuales estaban en el concelho de Guimarães.

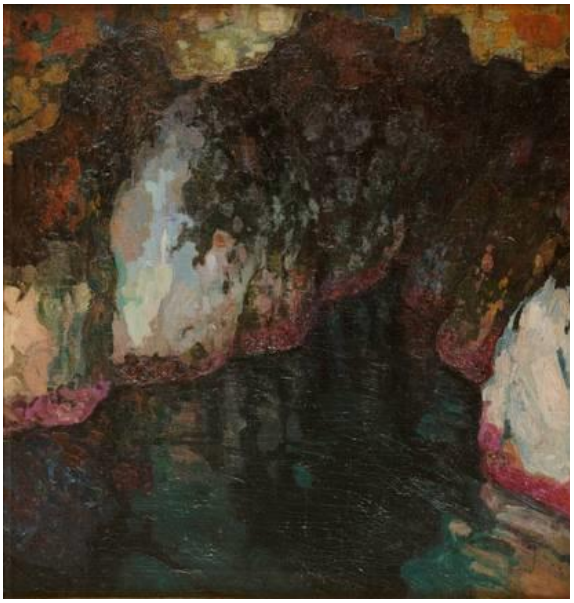


Aureliano de Beruete, también discípulo de Carlos de Haes, llegó a ser director del Museo del Prado, el cual alberga una imagen inusual del río Manzanares para el madrileño actual. Llamó a la pintura *Orillas del Manzanares (otoño)* y en ella se pueden observar los largos talos acintados de *Cladophora* en la margen izquierda (la superior) de un óleo, por otra parte, demasiado empastado. Hoy en día, ni el paisaje de la ribera ni la calidad del agua inspirarían o permitirían imaginar una pintura así.

Esta pequeña pintura de João Falcão Trigoso nos lleva a una playa muy rocosa de la costa del Algarve en marea baja que perfectamente podría haber sido muestreada, varias décadas después, por Françoise Ardré. El pintor la llama *Costa algarvia* y en ella resultan patentes las comunidades del litoral superior, a base de Ulvales.

La escuela sevillana de pintura de paisaje se radicó en el pueblo de Alcalá de Guadaira a finales del siglo XIX y una de sus principales figuras fue Emilio Sánchez Perrier, el cual pintó numerosos cuadros de las riberas del río, amenizados casi siempre con distintas barcas y pescadores. Este, titulado *Orillas del Guadaira con barca*, nos enseña un río calmo flanqueado por una sauceda y en torno a cuyos bancos de arena se desarrollan las algas filamentosas.

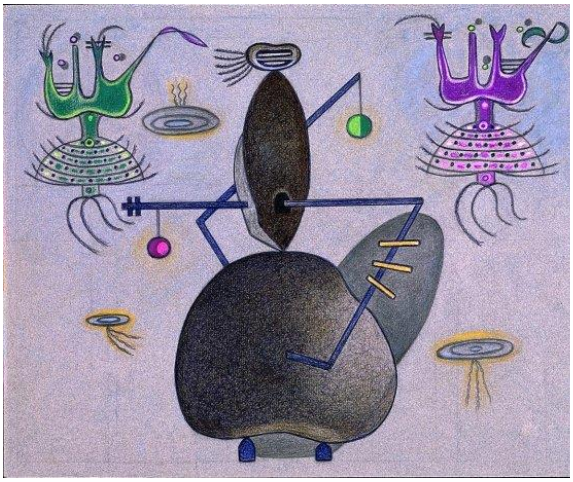
El lisboeta José Leite pinta al final de su vida esta obra fluvial de taludes erosionados en medio de un bosque de galería durante el estío. La llama *Ribeira dos Amiais* y en ella se pueden ver los cantos rodados del fondo del río, recubiertos por diatomeas y, quizá, clorofíceas. La obra ya es del primer tercio del siglo XX, pero en ella se nota que el amigo Leite había evolucionado poco respecto a paisajistas canónicos portugueses como Carlos Reis.



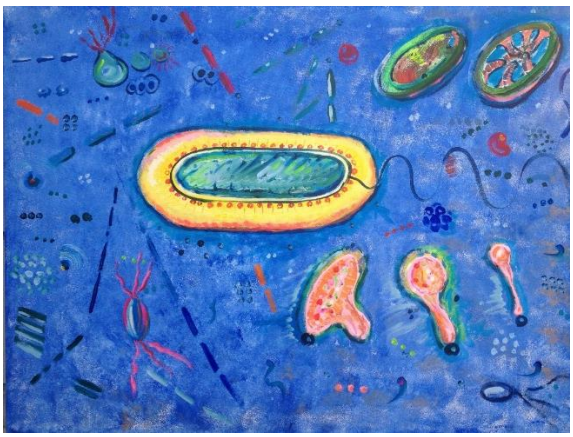
Magnífico cuadro, algo oscuro (es la reproducción) del barcelonés Hermen Anglada Camarasa, en posesión de todo su arte en 1925. Este es el famoso *La cueva*, de "obligada" vista para los algólogos. Las cinturas de algas, la visión subacuática, el impacto de la luz exterior, el juego de colores tenues… La lástima es que esté en un museo poco conocido y algo a trasmano, el Fran Daurel de Madrid.

En esta pintura el tarraconense Sadurní García Anguera, de fecha imprecisa en el siglo XX, nos ofrece su visión del estanque del Retiro (Madrid), mucho antes de que macizaran la cubeta. Son patentes las madejas de algas filamentosas, pero también puede intuirse una notable biomasa de fitoplancton, a juzgar por el color del agua en las zonas libres de filamentosas.

Rodofíceas unidas por la base en una acuarela de la granadina Araceli García Romero.



La lucense Maruja Mallo es una de nuestras pocas pintoras contemporáneas del surrealismo canónico. Este original dibujo, titulado con el anticuado nombre de *Protozoarios*, arribó al Museo Reina Sofía en fecha tan tardía como 1988, procedente de los fondos del extinto Museo Español de Arte Contemporáneo, y está datado en esa misma década. Maruja, una artista muy original, es menos conocida que otros compañeros de generación y escuela pictórica, pero su valor va creciendo con el tiempo. La visión que tiene de organismos acuáticos uni- o pluricelulares (con pocas células, eso sí) resulta sumamente original.



El granadino Fernando Bolívar se ha interesado desde antiguo por las algas de agua dulce. Entre su abundante obra con las algas como protagonistas destaco esta, que incluye dentro de su proyecto BIO-ARTE (imagen nº 9014), la cual sugiere concomitancias con la de Maruja Mallo, aunque resulte algo más realista.

Agradecimientos

Este trabajo no se hubiera podido hacer sin visitar numerosos museos en toda la Península. La mayor parte de las obras citadas aquí no se encuentran expuestas al público. Mencionadas sin ningún orden, las personas e instituciones que me facilitaron su visión y me dieron toda clase de informaciones han sido: Roser Gort Riera (Museu d'Art Jaume Morera, Lérida), Pureza Villaescuerna (Museo Reina Sofía de Madrid), Arantza Barandiarán (Museo de San Telmo, San Sebastián), Eduard Vallès (Museu Nacional de Cataluña, Barcelona), Patricia Pérez Dorado (Museo de Bellas Artes de La Coruña), Carmen Espinosa (Museo Lázaro Galdiano, Madrid), Paula Lafuente Gil (Museo de Bellas Artes de Asturias, Oviedo), Roberto García Nieto (Museo Municipal de Arte Contemporáneo, Madrid), Fundación AMYC (Museo Fran Daurel, Madrid), Javier Novo (Museo de Bellas Artes de Bilbao), Ana Mântua (Museu Anastacio Gonçalves, Lisboa), Maria de Aires Angelina Pessoa (Museu do Chiado, Lisboa), Rocío Izquierdo (Museo de Bellas Artes, Sevilla), Jokin

Ormazábal (Ayuntamiento de Irún, Guipúzcoa), Xevi Roura (Museu de La Garrotxa, Olot, Gerona) y Lola López de la Orden (Museo de Cádiz). Además, los pintores Juan Carlos Pikabea (Navarra) y Juan Fernández Lacomba (Sevilla) me dieron informaciones sobre la escuela del Bidasoa y sobre algunas obras de Emilio Sánchez Perrier, respectivamente. Varios investigadores me han proporcionado también informaciones sobre algunos artistas actuales que han representado algas de un modo otro; esos científicos son Santos Cirujano (Real Jardín Botánico, CSIC), Amelia Gómez Garreta (Universidad de Barcelona) y Pedro Sánchez Castillo (Universidad de Granada). Por su parte, Araceli García Romero me dio varias fotografías con sus acuarelas de algas, una de las cuales figura al final de este escrito. Joan Vallès (Universidad de Barcelona) me ha facilitado datos lingüísticos e históricos sobre la obra de sus tíos-tatarabuelos, los hermanos Vayreda. Javier López Linage ha leído críticamente el manuscrito, detectando algún error clamoroso que he podido corregir. Finalmente, Tomás Gallardo (Universidad Complutense) me llamó la atención sobre Ramón Gaya y sus pinturas de la huerta murciana.

Referencias

Arte portuguesa do século XIX. 1850-1910. 2010. MNAC-Museu do Chiado. Lisboa. 367 pp. + cxli pp.

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

Cirujano, S. (1995) Flora y vegetación de las lagunas y humedales de la provincia de Cuenca. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Toledo. 324 pp.

Cirujano, S., Medina, L., Chirino, M. (2002) Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Toledo. 340 pp.

Cirujano, S., Cambra, J., Sánchez Castillo, P.M., Meco, A., Flor Arnau, N. (2008) Flora ibérica. Algas continentales. Carófitos (Characeae). *Real Jardín Botánico. Madrid.* 132 pp.

Darío de Regoyos. 1857-1913. La aventura impresionista (2014) Catálogo. Museo de Bellas Artes de Bilbao. Museo Thyssen-Bornemisza. Bilbao y Madrid.

Emilio Sánchez Perrier. 1855-1907. (2000) Catálogo. Fundación El Monte. Sevilla.

Exposició antológica de MARIAN VAYREDA I VILA 1853-1903 (2003) Catálogo. Fundació Caixa de Girona. Ayuntament d'Olot. Olot, Girona.

Ferrer, E., Ribera, M.A., Gómez Garreta, A. (1994) The spread of *Acrothamnion preissii* (Sonder) Wollaston (Rhodophyta, Ceramiaceae) in the Mediterranean Sea: new records from Balearic Islands. Flora Mediterranea 4: 163-166.

García Murillo, P., Fernández Zamudio, R., Cirujano, S. (2010) Habitantes del Agua. Macrófitos. Agencia Andaluza del Agua. Junta de Andalucía. 282 pp.

Gómez Garreta, M.A. (1983) Estudio fenológico de la vegetación marina de la Isla de Mallorca. Tesis Doctoral. Universidad Complutense. Madrid. 294 pp.

Gómez Garreta, M.A. (ed.) (2000) Flora Phycologica Iberica. 1. Fucales. Universidad de Murcia. Murcia. 192 pp.

Gutiérrez Márquez, A. (2004) Carlos de Haes en el Museo del Prado. 1826/1898. Catálogo razonado. Museo Nacional del Prado. Museu de Belles Arts de Valencia. 422 pp.

Margalef, R. (1943) Donde empieza la vida. Iniciación a la biología de los pequeños pobladores de las aguas dulces. Progresos del Mundo, 1. Scientia. Barcelona. 118 pp.

Margalef, R. (1955) Los organismos indicadores en la Limnología. Biología de las Aguas Continentales, 12. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Ministerio de Agricultura. Madrid. 308 pp.

Margalef, R., Vives, F. (1967) La vida suspendida en las aguas. In: Ecología marina (H. Ginés & R. Margalef, eds.), 493-562. Fundación La Salle. Caracas.

Ribera Siguán, M.A. (1983) Estudio de la flora bentónica marina de las Islas Baleares. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 623 pp.

Ribera Siguán, M.A., Soto Moreno, J. (1992) Presencia de *Antithamnion algeriense* (Rhodophyta, Ceramiales) en las costas españolas. *Cryptogamie Algologie* 13: 25-30.

Rodríguez Femenías, J.J. 1889. Dos especies nuevas del género *Nitophyllum*. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural* 18: 405-414.

Rodríguez Femenías, J.J. (1895) Datos algológicos. IV. Nuevas Florídeas. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural* 24: 155-160.

Roger, A. (2007) Breve tratado del paisaje. Biblioteca Nueva. Madrid. 211 pp.

Sánchez Castillo, P.M., García Romero, A. (2017) Posidonia y el mar. Rissoella Editorial. Granada. 68 pp.

Truán y Luard, A. (1884) Ensayo sobre la sinopsis de las Diatomeas de Asturias. Imprenta de Fortanet. Madrid. 118 pp.

.

Macroalgas de la Antártica ¿Podrían prevalecer ante futuros escenarios de cambio climáticos, asociados al aumento de la Temperatura?

Paula S.M. Celis-Plá[1,2]*, Claudio A. Sáez[1,2]

[1]Laboratorio de investigación acuático ambiental, Centro de Estudios Avanzados, Universidad de Playa Ancha, Viña del Mar, Chile.
[2]HUB Ambiental UPLA, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile
*Autor de correspondencia: paulacelispla@upla.cl

Las macroalgas, en los ecosistemas de la Antártica son indispensables para sustentar importantes comunidades biológicas con un alto valor ecológico. Luego de la Revolución Industrial, el exceso en la producción de gases de efecto invernadero, como dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) ha incrementado de manera exponencial en la atmósfera, proceso en gran parte responsable del fenómeno denominado cambio climático (IPCC 2014). Entre las consecuencias del cambio climático, una de las más importantes es el progresivo aumento en las temperaturas medias del mar. El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), ha predicho que las temperaturas del mar podrían registrar incrementos entre 2 y 6 °C para fines del siglo XXI (IPCC 2014). En este contexto, se ha determinado que la Península Antártica será uno de los lugares del planeta más afectados, por los aumentos de temperaturas derivados de cambio climático (Cárdenas *et al.* 2018), poniendo en riesgo un sin número de organismos, con alto valor ecológico. En ese este escenario, las macroalgas podrían verse afectadas, en estos ecosistemas polares, en donde ellas juegan un rol esencial, ya que pueden determinar el equilibrio y la diversidad ecológica de dichos ambientes.

En este estudio, las especies de macroalgas como; *Monostroma hariotii* (alga verde), *Pyropia endiviifolia* (Alga roja) *y Adenocystis utricularis* (alga parda), fueron utilizadas como modelos de estudio en esta investigación para la determinación de sus respuestas ecofisiológicas, bioquímicas y moleculares, frente al estrés por el aumento de la temperatura de 2 °C (control, escenario actual) y 8 °C (proyecciones futuras) en la Base Profesor Julio Escudero, perteneciente a la República de Chile, ubicada en la Isla Rey Jorge, de la Península Antártica, con el objetivo de conocer ¿cómo podrán responder estas macroalgas antárticas a eventos futuros de cambio climático, en escenarios futuros?

Las algas fueron colectadas en la Zona de Punta Artigas (Fig. 1, 62°02′ 00″ S; 58°21′ 00″ O) y luego fueron sometidas a tratamientos de temperatura de 2 °C y 8 °C por 5 días; se determinaron una serie de parámetros a distintos niveles de organización

biológica; a niveles, ecofisiológicos, bioquímicos de estrés oxidativo y moleculares cuantificando proteínas de estrés térmico. En términos ecofisiológicos, se midieron indicadores asociados a la fluorescencia *in vivo* de la clorofila *a* del fotosistema II, de los cloroplastos de las macroalgas (Celis-Plá *et al.* 2016). Así también, a nivel bioquímico, se estudiaron respuestas de los compuestos antioxidantes asociados al ciclo del glutatión-ascorbato, conocido como el sistema de control redox más importante en organismos fotosintéticos (Sáez *et al.* 2015a & 2015b).

Fig 1. Intermareal en Punta Artigas donde fueron muestreadas las especies de macroalgas *Monostroma hariotii*, *Pyropia endiviifolia* y *Adenocystis utricularis*

Finalmente, en términos moleculares, se determinaron los niveles de expresión de genes que codifican enzimas antioxidantes y proteínas de shock térmico (HSPs) para la especie de macroalga *P. endiviifolia*, estas últimas conocidas por tener un rol sustancial en la reparación de las proteínas desnaturalizadas por incrementos en la temperatura.

Los resultados han proporcionado interesantes respuestas; por una parte, los datos fotosintéticos evidenciaron patrones que indican que los incrementos de temperatura indujeron una aclimatación a nuevas temperaturas a nivel ecofisiológica en *M. hariotii*, *P. endiviifolia* y *A. utricularis*.

Por otra parte, a nivel bioquímico, no se evidenciaron incrementos en las concentraciones de especies reactivas de oxígeno (ROS), que pudieran asociarse a altas temperaturas, por lo que la información indicaría un buen control y prevención de estrés oxidativo. Esto fue confirmado, por los niveles de peroxidación de lípidos, indicador de daño oxidativo, sin cambios aparentes inducidos por los incrementos a 8 °C. Así también, los niveles de glutatión y ascorbato, importantes compuestos antioxidantes celulares, se mantuvieron principalmente en sus formas reducidas en todas las especies estudiadas, evidenciando buen reciclaje y síntesis para mantener los ROS controlados y evitar el daño oxidativo, como fue confirmado anteriormente (Fig. 2).

En el caso de *P. endiviifolia*, se observó un aumento en la expresión de las enzimas antioxidantes testeadas (superóxido dismutasa, ascorbato peroxidasa y glutatión reductasa), principalmente a los 3 días de exposición a incrementos de temperatura. Así mismo, se estudió la expresión de 5 HSPs de distinta masa molecular; la mayoría de estas HSPs mostraron mayores niveles de expresión a los 3 y 5 días de exposición a 8 °C en comparación a temperatura control de 2 °C (Fig. 2).

Los resultados de esta investigación han demostrado que en términos ecofisiológicos y de metabolismo antioxidante, las macroalgas de la Península Antártica pudieron sobrellevar de buena manera los incrementos de temperatura, a las que fueron expuestas. Por otra parte, a nivel transcriptómico, el estudio sugiere que las macroalgas inducen mayores niveles de expresión de proteínas asociadas a mecanismos de tolerancia al potencial estrés (Wang *et al.* 2018), que pueda provocar los aumentos de temperatura. Lo anterior, indicaría que este proceso sería una estrategia celular para mantener proteínas con rol en la tolerancia a ciertos niveles, suficientes para evitar estrés y daño celular que pueden causar aumentos de temperatura ambiental. Esta investigación proporciona uno de los primeros antecedentes holísticos a distintos niveles de organización biológica, acerca de las potenciales respuestas de macroalgas polares antes futuras condiciones de cambio climático (Celis-Plá *et al.* 2020). En este

contexto, la información recopilada permitiría concluir que, por lo menos en términos de incrementos de temperatura, las macroalgas intermareales verdes, rojas y pardas, de la península Antártica estudiadas, podrían desplegar mecanismos de tolerancia suficientes para

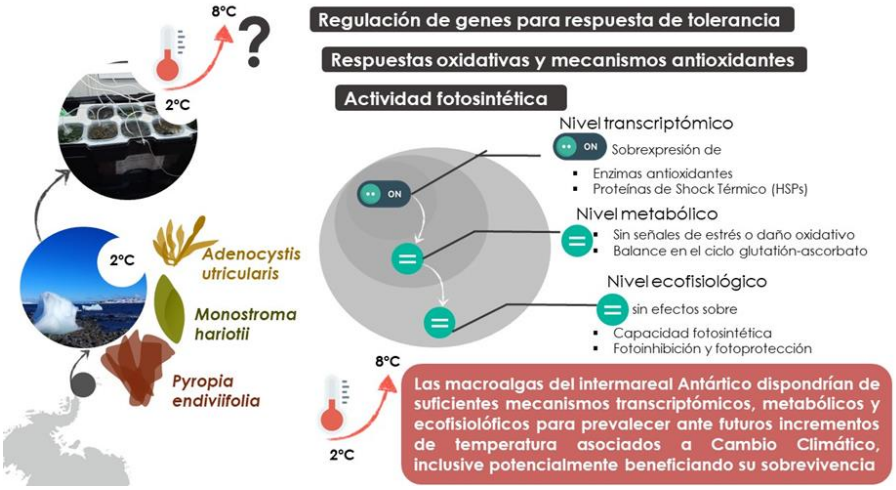


Fig 2.- Resumen gráfico de principales hallazgos de la investigación

contrarrestar y sobrevivir, ante escenarios de cambio climático, para fines del siglo XXI. No obstante, existe la posibilidad que algunas especies, puedan modificar su cobertura latitudinal, y eventualmente su distribución hacia el sur, dentro de la Península Antártica. Esta investigación ha sido publicada *in extenso* en la revista internacional Science of The Total Environment (volumen 740, artículo 140379 del 2020) y ha sido parte de un esfuerzo internacional de los Doctores Claudio Sáez Avaria y Paula Celis-Plá, de la Universidad de Playa Ancha (Universidad de Playa Ancha; Chile), junto a los doctores Fernanda Rodríguez y Céline Lavergne (UPLA; Chile), Pirjo Huovinen e Iván Gómez (Universidad Austral de Chile), Alejandra Moenne (Universidad de Santiago de Chile), Nelso Navarro (Universidad de Magallanes) y Murray T. Brown (University of Plymouth; Reino Unido).

Agradecimientos

Investigación financiada por el Instituto Antártico Chileno (INACH) por los proyectos; RT_09_16 “Biochemical and molecular responses disclose Antarctic macroalgae mechanisms to thrive under Climate Change” dirigido por el Dr. Claudio Sáez Avaria y RG_10_18 “Photoprotective responses in Antarctica marine macroalgae due to Climate Change stress conditions. Instituto Antartico chileno” dirigido por la Dra. Paula S.M. Celis-Plá.

Referencias

Cardenas, C.A., Gonzalez-Aravena, M., Santibanez, P.A. (2018) The importance of local settings: within-year variability in seawater temperature at South Bay, Western Antarctic peninsula. *PeerJournal* 6, e4289.

Celis-Plá, P.S.M., Moenne, F., Rodríguez-Rojas, F., Pardo, D., Lavergne, C., Moenne, A., Brown, M.T., Huovinen, P., Gómez, I., Navarro, N., Sáez, C.A. (2020) Antarctic intertidal macroalgae under predicted increased temperatures mediated by global climate change: Would they cope? *Science Total Environmental* 740: 140379.

Celis-Plá, P.S.M., Bouzon, Z.L., Hall-Spencer, J.M., Schmidt, E.C., Korbee, N., Figueroa, F.L., (2016) Seasonal biochemical and

photophysiological responses in the intertidal macroalga *Cystoseira tamariscifolia* (Ochrophyta). *Marine Environmetal Research* 115: 89-97.

IPCC (2014) Climate change 2014. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Sáez, C.A., González, A., Contreras, R.A., Moody, A.J., Moenne, A., Brown, M.T. (2015a) A novel field transplantation technique reveals intra-specific metal-induced oxidative responses in strains of *Ectocarpus siliculosus* with different pollution histories. *Environmental Pollution Bulletin* 199: 130-138.

Sáez, C.A., Ramesh, K., Greco, M., Bitonti, M.B., Brown, M.T. (2015b) Enzymatic antioxidant defences are transcriptionally regulated in Es524, a copper-tolerant strain of *Ectocarpus siliculosus* (Ectocarpales; Phaeophyceae). *Phycologia* 54: 425-429.

Wang, W.L., Teng, F., Lin, Y.H., Ji, D.H., Xu, Y., Chen, C.S., Xie, C.T. (2018) Transcriptomic study to understand thermal adaptation in a high temperature-tolerant strain of *Pyropia haitanensis. PLoS One* 13, e0195842.

Las algas no dejan ver la pradera

Miguel Álvarez Cobelas, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Serrano 115 dpdo., 28006 Madrid, malvarez@mncn.csic.es

Cualquier inocente curioso que se pasee por el campo en primavera y vea una charca se sorprenderá de cuán a menudo está cubierta por una masaza verde, más o menos brillante. Si no es muy escrupuloso, se atreverá a tocarla (ya he dicho que es curioso) y notará un tacto viscoso mientras los filamentos se le escurren entre los dedos. Sí, señoras y señores, la charca está recubierta por algas filamentosas. Incluso puede estar bastante llena y deja sitio para poco más (Figura 1). Si la paseanta se fija otro rato, verá un montón de burbujas atrapadas entre la masa. Si remueve la masa, las burbujas se van al cielito lindo.

"Los expertos" le dirían al andarín que se trata de algas filamentosas y, si son más expertos aún, que se trata de cosas pertenecientes a los géneros *Spirogyra, Mougeotia, Zygnema, Oedogonium* y hasta *Cladophora.* De la ecología de esta se sabe bastante[2], así que no hablaré más de ella, pero de la biología ambiental de las demás sabemos muy poco, aunque por aquello de los cajoncitos de sastre que tanto nos gustan a los humanos, ya haya habido quien las ha metido dentro de uno llamado "marea verde" (Gladyshev & Gubelit, 2019)

Los estudios clásicos sobre estos géneros, desde Transeau (1951) y Gonzalves (1981) hasta el presente (por ejemplo, el de John *et al.* 2003), se han entretenido en la delimitación de las morfoespecies usando las estructuras sexuales reproductoras e incluyendo últimamente algunos análisis moleculares (Stancheva *et al.* 2013). Todo lo cual ha permitido describir una ristra relativamente larga de especies en todo el mundo (> 800 probablemente; www.algae-base.org). Por desgracia para los pobres investigadores, los filamentos viscosos que uno ve en el campo pocas veces están reproduciéndose sexualmente y, si se los lleva a un laboratorio, suelen perder su

[2] Véanse, por ejemplo, Zulkifly *et al.* (2013) y Michalak & Messyasz (2020).

sexualidad, es decir, no quieren que los humanos les veamos aparearse. Así que el asunto de la morfoespecie es peliagudo con estas algas y ese ha sido uno de los motivos de que se conozca poco de su biología y ecología. Mirad, si no, la antigua revisión de Hoshaw (1968), más enfocada hacia la biología de la sexualidad que a otros temas. Hay otros motivos, claro; uno de ellos es el olvido actual de los estudios autoecológicos y otro, el hecho de que estas algas no supongan ningún problema de toxicidad para el ser humano.

De los cuatro géneros citados, el que cuenta con más publicaciones no taxonómicas es *Spirogyra*[3]. Además, es tan "mona"[4] que todos los laboratorios de enseñanza de la botánica do mundo mundial la enseñan en prácticas. Geográficamente, estas algas filamentosas se encuentran por todas partes donde haya agua dulce (< 1500 µS/cm de conductividad;

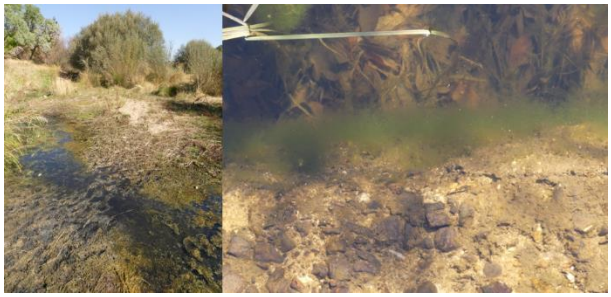


Fig 1. Crecimiento masivo de algas filamentosas en una poza somera del río Perales, cauce que está estancado y desecándose antes de su confluencia con el río Alberche en Aldea del Fresno (al oeste de Madrid). El fondo anóxico de la charca es claramente visible en la foto. Junio de 2019 (derecha).Algas filamentosas que inician su crecimiento masivo en el bentos litoral del pequeño embalse de Sardalinde, cerca de Garganta de los Montes (al norte de Madrid). Febrero de 2019 (izquierda).

Hainz *et al.* 2009), en un rango muy amplio de pH (4,7-9,9; Graham *et al.* 1996; Hainz *et al.* 2009) y desde las zonas polares (Hawes, 1989; Pichrtová *et al.* 2016) a los trópicos (Onynema & Emmanuel, 2009).

Sin embargo, la proliferación de estas algas parece estar aumentando en todas partes (Gladyshev & Gubelit, 2019). Incluso lo que hasta hace poco estaba restringido a charcas y arroyos de corriente lenta, ha llegado a los grandes lagos, como el Biwa japonés (Nozaki & Mitsuhashi, 2000), el Baikal ruso (Timoshkin *et al.* 2015; Volkova *et al.* 2018), el Kinneret israelí (Zohary *et al.* 2019) y varios lagos centroeuropeos (Tapolczay *et al.* 2015).

Las líneas siguientes os contarán lo poco que se sabe sobre la biología de estas especies en el medio natural. Allá voy.

1º) La variabilidad morfológica intraespecífica es muy grande, al menos en *Spirogyra* (Schagerl & Zwirn, 2015) y seguramente en todos los demás géneros que considero aquí.

2º) Hay una clara estacionalidad en el desarrollo *in situ*, cosa que se sabe desde hace más de un siglo (Copeland, 1909; Tiffany & Transeau, 1926). La altitud también tiene su importancia: la mayor diversidad de morfotipos de *Spirogyra* se da a baja altitud (Wang *et al.* 1989).

3º) La biomasa en condiciones naturales puede ser muy alta, como ya vio nuestro paseante ingenuo, pero difícil de cuantificar. Hay pocos datos sobre ella (Tabla 1) y no queda claro cómo se ha averiguado. Probad, probad a coger la cantidad de algas filamentosas que hay en un metro cuadrado (o menos) de charca y veréis lo que os pasa. En el laboratorio es fácil, aunque los métodos no sean comparables (Ross *et al.* 2017), pero el campo ya es otro cantar.

4º) La dinámica poblacional es tirando a oscura. Aparentemente, pasan la mala racha de la estación desfavorable en el sedimento como aplanosporas, partenosporas, acinetos o zigotos y cuando aumenta

[3] Como curiosidad musical, un grupo de *folk-rock* inglés se puso el nombre de *Spirogyra*. Y otros norteamericanos, que hacían *jazz-rock* y tuvieron una carrera mejor y más larga, se hicieron llamar *Spyro Gyra*.

[4] Aprovecho para una cita marginal algo erudita y tirando a curiosa. En su tesis doctoral, que Carmen Martín Gaite publicó como libro (1972), la novelista atribuye el adjetivo "mono" a la costumbre de las aristócratas francesas y españolas del siglo XVIII de usar pequeños monos como animales de compañía (y los perros de entonces, sin saberlo). Años después, se puso de moda entre ellas el hacerse acompañar a todas partes por un guapo jovencito. Ese hombre no era su marido, desde luego, y podía ser (o no) su amante. Pero ella era quien mandaba en la pareja. El populacho, siempre tan desconsiderado, pasó a llamarlos "monos".

el fotoperiodo, empiezan a proliferar, aunque haga frío, como sucede con *Mougeotia* (Graham *et al.* 1996). Es probable que durante bastante tiempo, hasta que alcanzan una biomasa relativamente grande, estén ligadas al sedimento por alguna estructura rizoidal (véanse el trabajo de Nagata, 1973 y la Figura 2), pero no queda demasiado claro en la literatura. Se trataría, por tanto, de una fase bentónica epilítica.

5º) Obviamente, el crecimiento se ve favorecido si hay exceso de nutrientes en el medio (Gladyshev & Gubelit, 2019), como sucede en muchas charcas, pero también hay proliferaciones en condiciones más oligotróficas (Townsend & Padovan, 2005; Turner *et al.* 1995a). Por otro lado, se sabe también que existe un factor hereditario en el crecimiento y la producción de *Oedogonium* (Lawton *et al.* 2015).

6º) Lo que ve la ingenua andarina por el campo, sin embargo, ya es otra fase del desarrollo poblacional, más "planctónica". *Spirogyra*, al menos[5], es fototáctica; va hacia la luz (Tanaka *et al.* 1986) y tiene movimiento propio, de tipo deslizante[6], a una velocidad de unas 8-13 µm/seg (Kim *et al.* 2005). Entonces, gracias a ese proceso, los filamentos –inicialmente bentónicos– se irían desprendiendo del sedimento y trasladándose a la superficie (Figura 3). Allí, la proliferación asexual debe ser la norma y estas algas encuentran un raro placer en estar todas juntitas (Berry & Lembi, 2000), formando grandes masas. Por lo tanto, la competencia "intraespecífica"[7] debe ser casi inexistente, aunque se sabe que la fotosíntesis es inversamente proporcional a la acumulación de filamentos (Turner *et al.* 1995a). A veces, ese desplazamiento hacia la superficie se ve favorecido por las burbujas de oxígeno que crea la fotosíntesis de los filamentos en el sedimento, las cuales quedan atrapadas entre ellos, que acaban haciéndolos flotar. Las masas resultantes de esos procesos son las que vemos los paseantes.

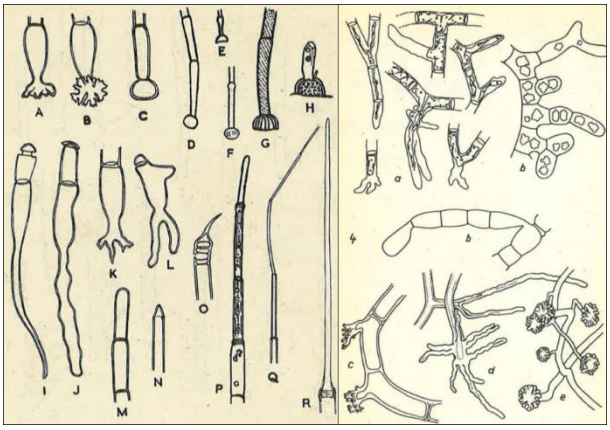


Fig 2. Estructuras rizoidales en *Oedogonium* (solo A-L), según Gonzalves (1981)(derecha). Estructuras rizoidales en las Zygnematales, según Kadłubowska (1984) (izquierda).

7º) ¡Pero sorpresa: no está claro que la fase bentónica y la flotante sean la misma morfoespecie! No se han hecho estudios orientados a averiguarlo.

8º) La desaparición de las poblaciones ocurrirá por i) desecación del lugar si es temporal, ii) bajadas térmicas o del fotoperiodo, iii) fotólisis favorecida por elevada radiación solar, iv) desaparición de los nutrientes por consumo vegetal y/o v) muerte natural quizá. No está claro cuál factor es más importante, ni en qué situaciones (Gladyshev & Gubelit, 2019).

9º) La limitación al crecimiento de estas algas se debe al fósforo, pues a *Spirogyra* se le han medido cocientes internos N:P de 25 ± 16 (Frossard *et al.* 2014) y de 86 (Townsend *et al.* 2008). O sea, a mayor concentración de fósforo en el medio, habría más algas filamentosas. A guisa de comparación, el cociente N:P en los carófitos es mucho mayor y el del fitoplancton dulceacuícola, similar al de las algas filamentosas (40 ±14) (Rojo *et al.* 2020). Las constantes cinéticas de saturación para la ingestión de fósforo se hallan en los mismos rangos para algunas algas filamentosas (*Cladophora*, *Stigeoclonium*) y el fitoplancton, aunque obviamente difieran entre especies y condiciones de cultivo (Vymazal 1995). No conozco datos

[5] Y los otros tres géneros, verosímilmente también.
[6] *Gliding motility*, dicho en el idioma dominante.

[7] Lo pongo entre comillas por la dificultad de asignar los morfotipos observados a especies (Schagerl & Zwirn, 2015).

análogos para los géneros que estoy considerando aquí.

10º) *Spirogyra*, al menos, parece emitir sustancias alelopáticas que son perjudiciales para otras especies (Trochine *et al.* 2011). Así, son raros los epifitos (diatomeas, cianobacterias) sobre sus poblaciones más vivaces. Sus mecanismos antiepífitos parecen deberse a una mezcla de mucílago y antibióticos (Weber & Schagerl, 2007). Solo en poblaciones envejecidas aparecen epifitos sobre sus talos (observación personal).

11º) La competencia con el fitoplancton por los nutrientes es obvia en las charcas. No hay más que ver cómo las algas filamentosas acaban llenándolas por completo en muchas ocasiones. La escorrentía difusa de aquellos desde las orillas no inundadas favorece el desarrollo de las algas filamentosas del litoral charcoso. Si esos litorales están fertilizados, gracias al ganado por ejemplo, el proceso ocurrirá con mayor motivo.

12º) No está claro quién puede comerse estas algas filamentosas en su medio. Se dice que están en la dieta de dos especies de tortugas en un río australiano (Kennett & Troy 1996) y en la de peces del género *Tilapia* en un lago nigeriano (Onynema & Emmanuel 2009), pero nada sabemos para nuestras latitudes. En Asia el ser humano se las come (Kumar *et al.* 2015).

13º) Tampoco sabemos cómo afecta su presencia masiva a otros aspectos del funcionamiento del ecosistema. Unos chinos han dicho que su descomposición favorece las emisiones de metano (Liang *et al.* 2016), pero eso pasa con cualquier fuente grande de materia orgánica en condiciones de falta de oxígeno. Unos rusos nos aseguran que *Spirogyra* afecta a la composición del bentos animal, favoreciendo la presencia de Oligoquetos, pero disminuyendo la biomasa total de macroinvertebrados (Volkova *et al.* 2018); sabido es que los Oligoquetos dulceacuícolas se desarrollan mejor a bajas concentraciones de oxígeno (Brinkhurst *et al.* 1983), lo que nos sugiere el efecto que produce el alga debajo de sí. La mezcla de *Mougeotia* y *Zygogonium* en el litoral de un lago ácido canadiense reduce la penetración de la luz hasta en un 90% y aumenta el consumo del oxígeno durante su descomposición (Turner *et al.* 1995b). Poco más hay sobre este asunto.

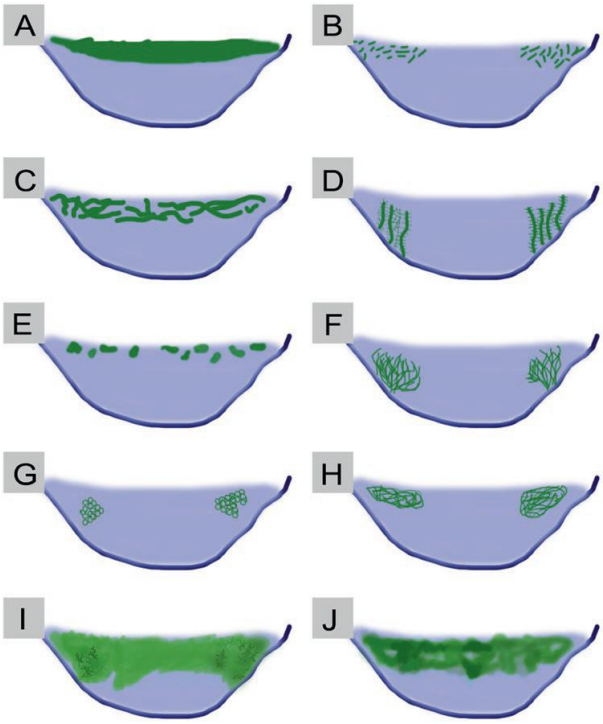


Fig 3. Tipos de masas de algas filamentosas en ambientes estancados, según Messyasz *et al.* (2018). A: alfombra tupida, B: flóculos, C: alfombra rala, D: pradera de Carófitos, E: nubes, F: "arbustos", G: redes, H: "telarañas", I: alfombra compacta, J: maraña. El esquema puede ser muy molón, pero las autoras nada nos dicen sobre los mecanismos de formación de ninguno de esos tipos en su artículo. Es lo que tiene el modo post-moderno de hacer artículos: mucha imagen y poco de lo demás.

Si hacemos caso a lo que se sabe de otras plantas que colonizan masivamente la superficie de las charcas, como es el caso de la lenteja de agua (*Lemna* spp., una fanerógama), entonces reducirían la llegada de luz al sedimento, perjudicando a las algas (diatomeas, carófitos) y fanerógamas bentónicas y cambiando las redes tróficas que se alimentan de o viven sobre ellas (Parr *et al.* 2002; Pasztaleniec & Poniewozik 2013). Además, las concentraciones de oxígeno bajo la capa masiva de *Lemna* se reducen mucho (Pokorný & Rejmánková 1983), cosa que también ocurre cuando *Cladophora* se desarrolla a lo bestia (Michalak & Messyasz 2020). Este alga ramificada también controla el

ambiente luminoso, los nutrientes y la temperatura subacuática, condicionando así la composición del fitoplancton. Así que todos estos efectos también serían esperables del crecimiento desaforado de las algas que aquí reviso.

Y es ya un lugar común que los procesos de eutrofización en ambientes con carófitos se manifiestan por un crecimiento masivo de las algas filamentosas sobre aquellos, a los cuales acaban por no dejar vivir (Philips *et al.* 1978).

14º) Sí parece que el aumento de la radiación ultravioleta, asociado al cambio global, las favorezca (Puche, 2020).

Además, tengo otras preguntas antes de terminar: ¿el proceso de formación de enormes biomasas en grandes lagos es similar al que sucede en pequeñas charcas? Según Volkova *et al.* (2018), para *Spirogyra* sí, pero no sabemos qué sucede con *Mougeotia*, la cual también se presenta en lagos de gran extensión y ha sido detectada primero en el plancton (Tapolczai *et al.* 2019). Y lo que es más interesante: ¿a qué se debe la dominancia de fitoplancton, algas filamentosas o carófitos en un sitio determinado, si suele haber elementos de todas ellas en (casi) todas partes? En todos estos grupos también se da la producción de toxinas que pueden llegar a perjudicar al resto (Cannell *et al.* 1988; Rengefors & Legrand, 2007; Mähnert *et al.* 2017, Filatova *et al.* 2020; Puche, 2020). ¿Qué toxinas pueden más? ¿Cuán importante es el hecho de empezar a crecer primero (o sea, la importancia del fotoperiodo y la temperatura) para dominar? O, dicho de otro modo, ¿qué grupo de algas es más gitana, más torera y se lleva el gato al agua?

En fin, ya os dejo en paz: ¡esto es todo, amigos… por hoy!

Resumiendo: si el caminante tiene afanes algológicos, le queda mucho por descubrir sobre este curioso grupo de algas, cuyas praderas nos resultan todavía tan misteriosas. ¡Ánimo!

Bibliografía para iros entreteniendo

Berry, H.A., Lembi, C.A. (2000) Effects of temperature and irradiance on the seasonal variation of *Spirogyra* (Chlorophyta) population in a Midwestern lake (U.S.A.). *Journal of Phycology* 36: 841-851.

Brinkhurst, R.O. *et al.* (1983) A comparative study of respiration rates of some aquatic oligochaetes in relation to sublethal stress. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie* 68: 683-699.

Cannell, R.J.P. *et al.* (1988) Purification and characterization of pentagalloylglucose, an alpha-glucosidase inhibitor antibiotic from the fresh-water green-alga *Spirogyra-varians*. *Biochemical Journal* 255: 937-941.

Copeland, W.F. (1909) Periodicity in *Spirogyra*. *Botanical Gazette* 47: 9-25.

Filatova, D. *et al.* (2020) Analysis, levels and seasonal variation of cyanotoxins in freshwater ecosystems. *Trends in Environmental Analytical Chemistry* 26: e00091.

Frossard, V. *et al.* (2014) Factors supporting harmful macroalgal blooms in flowing waters: A 2-year study in the Lower Ain River, France. *Harmful Algae* 33: 19-28.

Gladyshev, M.I., Gubelit, Y.I. (2019) Green tides: new consequences of the eutrophication of natural waters (invited review). *Contemporary Problems of Ecology* 12: 109-125.

Gonzalves, E.A. (1981) *Oedogoniales.* Indian Council of Agricultural Research. New Delhi. 757 pp.

Graham, J.M. *et al.* (1996) Physiological ecology of a species of the filamentous green alga *Mougeotia* under acidic conditions: Light and temperature effects on photosynthesis and respiration. *Limnology and Oceanography* 41: 253-262.

Hainz, R. *et al.* (2009) The relationship between *Spirogyra* (Zygnematophyceae, Streptophyta) filament type groups and environmental conditions in Central Europe. *Aquatic Botany* 91: 173-180.

Hawes, I. (1988) The seasonal dynamics of *Spirogyra* in a shallow, maritime Antarctic Lake. *Polar Biology* 8: 429-437.

Hoshaw, R.W. (1968) Biology of the filamentous conjugating algae. In: Jackson, D.F. (ed.) *Algae, Man and the Environment*, 135-184. Syracuse University Press. New York.

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

Kadłubowska, J.Z. (1984) *Conjugatophyceae I. Chlorophyta VIII. Zygnemales*. Süsswasserflora von Mitteleuropa. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena. 532 pp.

Kennett, R. Troy, O. (1996) Diet of two freshwater turtles *Chelodina rugosa* and *Elseya dentara* (Testudines: Chelidae) from the wet-dry tropics of North Australia. *Copeia* 2: 409-418.

Kim, G.H. *et al.* (2005) A moving mat: phototaxis in the filamentous green algae *Spirogyra* (Chlorophyta, Zygnemataceae). *Journal of Phycology* 41: 232-237.

Kumar, J. *et al.* (2015) Chemical composition and biological activities of trans-Himalayan alga *Spirogyra porticalis* (Muell.) Cleve. *PLoS One* 10: e0118255.

Lawton, R.J. *et al.* (2015) Heritable variation in growth and biomass productivity in the clonal freshwater macroalga *Oedogonium*. *Algal Research* 8: 108-114.

Liang, X. *et al.* (2016) The role of filamentous algae *Spirogyra* spp. in methane production and emissions in streams. *Aquatic Sciences* 78: 227-239.

Mähnert, B. *et al.* (2017) Allelopathic potential of stoneworts. *Fottea, Olomouc* 17: 137-149.

Martín Gaite, C. (1972) *Usos amorosos del dieciocho en España*. Siglo XXI de España Editores. Madrid. 273 pp.

McCracken, M.D. *et al.* (1974) Productivity of *Oedogonium* in Lake Wingra, Wisconsin. American Midland Naturalist 92: 247-254.

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.

Michalak, I. Messyasz, B. (2020) Concise review of *Cladophora* spp.: macroalgae of commercial interest. *Journal of Applied Phycology*. Doi: 10.1007/s10811-020-02211-3.

Nagata, Y. (1973) Rhizoid differentiation in *Spirogyra*. I. Basic features of rhizoid formation. *Plant and Cell Physiology* 14: 531-541.

Nozaki, K. Mitsuhashi, H. (2000) Nutrient accumulation by a bloom of the filamentous green alga *Spirogyra* sp. in the littoral zone of the north basin of Lake Biwa. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Limnologie* 27: 2660-2664.

Onynema, I.C. Emmanuel, B.E. (2009) *Spirogyra Africana* (Fritsch) Czurda bloom and associated fishing impairment in a tropical freshwater lagoon. *Estonian Journal of Ecology* 58: 18-26.

Parr, L.B. *et al.* (2002) Reduction in photosynthetic efficiency of *Cladophora glomerata*, induced by overlying canopies of *Lemna* spp. *Water Research* 36: 1735-1742.

Pasztaleniec, A. Poniewozik, M. (2013). The impact of free-floating plant cover on phytoplankton assemblages of oxbow lakes (The Bug River Valley, Poland). *Biologia* 68: 18-29.

Philips, G. *et al.* (1978) A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated freshwaters. *Aquatic Botany* 4: 103-126.

Pichrtová, M. *et al.* (2016) Annual development of mat-forming conjugating green algae *Zygnema* spp. in hydro-terrestrial habitats in the Arctic. *Polar Biology* 39: 1653-1662.

Pokorný, J., Rejmánková, E. (1983) Oxygen regime in a fishpond with duckweeds (*Lemnaceae*) and *Ceratophyllum*. *Aquatic Botany* 17: 125-137.

Puche, E. (2020) *Submerged macrophytes as key players in aquatic ecosystems under global change: a multiscale experimental approach.*

Tesis doctoral. Universidad de Valencia. Valencia. 426 pp.

Rengefors, K., Legrand, C. (2007) Broad allelopathic activity in *Peridinium aciculiferum* (Dinophyceae). *European Journal of Phycology* 42: 341-349.

Rojo, C. *et al.* 2020. Charophyte stoichiometry in temperate waters. *Aquatic Botany* 161. Doi: 10.1016/j.aquabot.2019.103182.

Ross, M.E. *et al.* (2017) A comparison of methods for the non-destructive fresh weight determination of filamentous algae for growth rate analysis and dry weight estimation. *Journal of Applied Phycology* 29: 2925-2936.

Schagerl, M., Zwirn, M. (2015) A brief introduction to the morphological species concept of *Spirogyra* and emanating problems. *Algological Studies* 148: 67-86.

Stancheva, R. *et al.* (2013) Identity and phylogenetic placement of *Spirogyra* species (Zygnematophyceae, Charophyta) from California streams and elsewhere. *Journal of Phycology* 49: 588-607.

Tanaka, K. *et al.* (1986) Studies on the growth and development in *Spirogyra.* VI. Phototropic response of *Spirogyra* filaments. *Planta* 167: 19-25.

Tapolczai, K. *et al.* (2019) Occurrence and mass development of *Mougeotia* spp. (Zygnemataceae) in large, deep lakes. *Hydrobiologia*745: 17-29.

Tiffany, L.H., Transeau, E.N. (1926) *Oedogonium* periodicity in the North Central States. *Transactions of the American Microscopical Society* 46: 166-174.

Timoshkin, O.A. *et al.* (2015) Mass development of green filamentous algae of the genera *Spirogyra* and *Stigeoclonium* (Chlorophyta) in the littoral zone of the Southern part of Lake Baikal. *Hydrobiological Journal* 51: 13-23.

Townsend, S.A., Padovan, A.V. (2005) The seasonal accrual and loss of benthic algae (*Spirogyra*) in the Daly river, an oligotrophic river in tropical Australia. *Marine and Freshwater Research* 56: 317-327.

Townsend, S.A. *et al.* (2008) Does the Redfield ratio infer nutrient limitation in the macroalga *Spirogyra fluviatilis*? *Freshwater Biology* 53: 509–520.

Transeau, E. (1951) *The Zygnemataceae*. The Ohio State University Press. Columbus, Ohio. 327 pp.

Trochine, C. *et al.* (2011) Filamentous green algae inhibit phytoplankton with enhanced effects when lakes get warmer. *Freshwater Biology* 56: 541–553.

Turner, M.A. *et al.* (1995a). Growth characteristics of bloom-forming filamentous green algae in the littoral zone of an experimentally acidified lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52: 2251-2263.

Turner, M.A. *et al.* (1995b) Ecological effects of blooms of filamentous green algae in the littoral zone of an acid lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52: 2264-2275.

Volkova, E.A. *et al.* (2018) Morphotaxonomy, distribution and abundance of *Spirogyra* (Zygnematophyceae, Charophyta) in Lake Baikal, East Siberia. *Phycologia* 57: 298-308.

Vymazal, J. 1995. *Algae and element cycling in wetlands.* CRC Press. Boca Ratón, Florida. 689 pp.

Wang, J.C. *et al.* (1989) Diversity of *Spyrogyra* (Chlorophyta) filament types on an altitudinal gradient. *British Phycological Journal* 24: 367-373.

Weber, J., Schagerl, M. (2007) Strategies of *Spirogyra* against epiphytes. *Algological Studies* 123: 57-72.

Wells, R.D.S., Clayton, J.S. (2001) Ecological impacts of water net (*Hydrodictyon reticulatum*) in Lake Aniwhenua, New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology* 25: 55-63.

Zohary, T. *et al.* (2019) There to stay: invasive filamentous green alga *Mougeotia* in Lake Kinneret, Israel. *Hydrobiologia* 831: 87-100.

Zulkifly, S.B. *et al.* (2013) The genus *Cladophora* Kützing (Ulvophyceae) as a globally distributed ecological engineer. *Journal of Phycology* 49: 1-17.

Referencias

Barinova, S.S., Anissimova, O.V., Nevo, N., Jarygin, M.M., Wasser, S.P. (2004) Diversity and ecology of algae from the Nahal Qishon River, northern Israel. *Plant Biosystems* 138 (3): 245-259.

Barinova, S., Medvedeva, L., Nevo, E. (2008) Regional influences on algal biodiversity in two polluted rivers of Eurasia (Rudnaya River, Russia, and Qishon River, Israel) by bio-indication and Canonical Correspondence Analysis. *Applied Ecology Environmental Research* 6 (4): 29-59.

Barinova, S., Tavassi, M. (2009) Study of seasonal influences on algal biodiversity in the River Yarqon (central Israel) by bio-indication and canonical correspondence analysis (CCA). *Turkish Journal of Botany* 33: 353-372.

Barone, R., Castelli, G., Naselli-Flores, L. (2010) Red sky at night cyanobacteria delight: the role of climate in structuring phytoplankton assemblage in a shallow, Mediterranean lake (Biviere di Gela, southeastern Sicily). *Hydrobiologia* 639: 43-53.

Cantoral-Uriza, E.A., Aboal Sanjurjo, M. (2001) El Marjal Pego-Oliva: Evolución temporal de la flora de macroalgas. *Limnetica* 20 (1): 159-171.

Capdevielle, P. (1985) Observations dans la región des landes d'algues d'eau douce rares ou nouvelles pour la flore de France. *Cryptogamie, Algologie* VI (3): 141-170.

Carmona, P., Ruiz, J.M. (2014) Procesos geomorfológicos en llanos de inundación y lagos costeros mediterráneos. El cambio ambiental histórico en la Albufera de Valencia (España).*Cuaternario y Geomorfología* 28 (3-4): 95-106.

Casado, S., Montes, C. (1995) Guía de los lagos y humedales de España. J. M. Reyero Ed., Madrid.

Cowardin, L.M., Carter, V., Golet, V., Laroe, V. (1979) Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Fish *y* Wildlife Service Pub. Washington, U.S.A.

Chomérat, N., Garnier, R., Bertrand, C., Cazaubon, A. (2007) Seasonal succession of cyanoprokaryotes in a hypereutrophic oligo-mesohaline lagoon from the South of France. *Estuarine, Coastal and Shelf Scie*nce 72 (4): 591-602.

de Figueiredo, D. R., Reboleira, A.S.S.P., Antunes, S.A., Abrantes, N., Azeiteiro, U., Gonçalves, F., Pereira, M.J. (2006) The effect of environmental parameters and cyanobacterial blooms on phytoplankton dynamics of a Portuguese temperate lake. *Hydrobiologia* 568: 145-157.

Directiva 79/409/EEC del Consejo, de 2 de Abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres. Diario Oficial nº L 103 de 25/04/1979: 0001-0018.

Directiva 92/43/EEC del Consejo, de 21 de Mayo de 1992, relativa a la conservación de los habitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Diario Oficial nº L 206 de 22/07/1992: 0007-0050.

Felisberto, S.A., Souza, D.B.S. (2014) Characteristics and diversity of cyanobacteria in periphyton from lentic tropical ecosystem, Brazil. *Advances in Microbiology* 4: 1076 - 1087.

Keddy, P.A. (2000) Studies in Ecology. Cambridge Univ. Press.

Komárek, J. (2005) Phenotype diversity of the heterocytous cyanoprokaryotic genus *Anabaenopsis. Czech Phycology* 5: 1-35.

Komárek, J. (2013) Cyanoprokaryota III. *Heterocytous* genera. In: Büdel B., Gärtner G., Krienitz L. *y* Schagerl M. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/3: 1-1152, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart - Jena.

Komárek, J., Anagnostidis, A. (1998) Cyanoprokaryota I. *Chroococcales*. - In: Ettl H., Gärtner G., Heynig H. *y* Mollenhauer D.

(eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1: 1- 548, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart - Jena.

Komárek, J., Komárková-Legnerová, J. (2002) Contribution to the knowledge of planktic cyanoprokaryotes from central Mexico. *Preslia* 74: 207-233.

Komárek, J., Anagnostidis, A. (2005) Cyanoprokaryota. II. Teil: *Oscillatoriales*. In Büdel B., Gärtner G., Krienitz L. *y* Schagerl M. (eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2, Elsevier, München.

Komárek, J., Kastovský, J., Mares J., Johansen, J.R. (2014) Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia* 86: 295-335.

Komárková-Legnerová, J., Tavera, R. (1996) Cyanoprokaryota (Cyanobacteria) in the phytoplankton of Lake Catemaco (Veracruz, Mexico). *Algological Studies* 83: 403-422.

Krieg, N.R. (2006) The genus *Spirillum*. *Prokaryotes* 5: 701-709.

Krienitz, L., Dadheech, P.K., Kotut, K. (2013) Mass developments of the cyanobacteria *Anabaenopsis* and *Cyanospira* (Nostocales) in the soda lakes of Kenya: ecological and systematics implications. *Hydrobiologia* 703: 79-93.

Lacomba-Andueza, I., Vilalta, Mor S. (1998) Protecció i gestió de la Marjal del Moro de Sagunt (Camp de Morvedre). Una zona humida litoral mediterrania de la llista ZEPA (Directiva 79/409/CEE). *Braçal* 17-18: 459-483.

Lund, J.W.G., Kipling, C., Le Cren, E.D. (1958) The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* 11 (2): 143-170.

Memoria Técnica de la Norma de Gestión de la Zona de Especial Conservación (ZEC) "Marjal dels Moros", 2013: Dirección General de Medio Natural. Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. Generalitat Valenciana, España.

Miracle, M.R., García, M.P., Vicente, E. (1984) Heterogeneidad espacial de las comunidades fitoplanctónicas de la Albufera de Valencia. *Limnetica* 1: 20-31.

Miracle, M.R., Soria, J.M., Vicente, E., Romo, S. (1987) Relaciones entre la luz, los pigmentos fotosintéticos y el fitoplancton en la Albufera de Valencia, laguna litoral hipertrófica. *Limnetica* 3: 25-34.

Reyes, I., Martin, G., Reina, M., Arechederra, A., Serrano, L., Casco, M.A., Toja, J. (2007) Phytoplankton from NE Doñana marshland ("El Cangrejo Grande", Doñana Natural Park, Spain). *Limnetica* 26 (2): 307-318.

Rodrigo, M.A., Armengol-Díaz, X., Oltra, R., Dasí, V., Colom, W. (2001a) Environmental variables and planktonic communities in two ponds of El Hondo Wetland (SE Spain). *International Review of Hydrobiology* 86: 299-315.

Rodrigo, M.A., Rojo, C., Armengol, X., Mañá, M. (2001b) Heterogeneidad espacio-temporal de la calidad del agua en un humedal costero: El Marjal de la Safor (Valencia). *Limnetica* 20 (2): 329-339.

Rodrigo, M.A., Rojo, C., Armengol, X. (2003) Plankton biodiversity in a landscape of shallow water bodies (Mediterranean coast, Spain). *Hydrobiologia* 506-509: 317-326.

Rojo, C., Ortega-Mayagoitia, E., Rodrigo, M.A., Alvarez-Cobelas, M. (2000) Phytoplankton structure and dynamics in a semiarid wetland, the Nacional Park Las Tablas de Daimiel (Spain). *Archiv für Hydrobiologie* 148: 397-419.

Romo, S., Miracle, M.R. (1993) Long-term periodicity of *Planktothrix agardhii*, *Pseudababaena galeata* and *Geitlerinema* sp. in a shallow hypertrophic lagoon, the Albufera of Valencia (Spain). *Archives für Hydrobiologie* 126 (4): 469-486.

Romo, S., Miracle, M.R. (1994a) Long-term phytoplankton changes in a shallow hypertrophic lake, Albufera of Valencia, Spain. *Hydrobiologia* 275/276: 153-164.

Romo, S., Miracle, M.R. (1994b) Population dynamics and ecology of subdominant phytoplankton species in a shallow hypertrophic lake (Albufera of Valencia, Spain). *Hydrobiologia* 273: 37-56.

Romo, S.,van Tongeren, O. (1995) Multivariate analysis of phytoplankton and related environmental factors, in a shallow hypertrophic lake. *Hydrobiologia* 299: 93-101.

Romo, S., García-Murcia, A., Villena, M.J., Sánchez, V., Ballester, A. (2008) Tendencias del fitoplancton en el lago de la Albufera de Valencia e implicaciones para su ecología, gestión y recuperación. *Limnetica* 27 (1): 11-28.

Sanchis, C., Ferri, M. (1997) La Marjal dels Moros, sistema natural y producto antrópico. XV Congreso de Geógrafos Españoles, A.G.E., Univ. de Santiago de Compostela, pp. 257-264.

Scheffer, M. (2001) Ecology of shallow lakes. In: Population and Community. M.B. Usher, D. A. De Angelis *y* B. F. J. Manly (eds.). Biology 22, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Scheffer, M., Rinaldi, S., Gragnani, A., Mur, L.R., van Nes, E.H. (1997) On the dominance of filamentous cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology* 78 (1): 272-282.

Soria, J.M. (2006) Past, present and future of the Albufera of Valencia Natural Park. *Limnetica* 25 (1-2): 135-142.

Soria, J.M., Miracle, M.R., Vicente, E. (1987) Aporte de nutrientes y eutrofización de la Albufera de Valencia. *Limnetica* 3 (2): 227-242.

Soria, J.M., Vicente, E., Miracle, M.R. (2000) The influence of flash floods on the limnology of the Albufera of Valencia lagoon (Spain). *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 27: 2232-2235.

Sournia, A. (1978) Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanographie Methodology 6, UNESCO, Paris.

Stoyneva, M. (2003) Steady-state phytoplankton assemblages in shallow Bulgarian wetlands. *Hydrobiologia* 502: 169-176.

Strunecký, O., Komárek, J., Smarda, J. (2014) *Kamptonema* (Microcoleaceae, Cyanobacteria), a new genus derived from the polyphyletic *Phormidium* on the basis of combined molecular and cytomorphological markers. *Preslia* 86: 193-207.

Tasi, B., Gonülol, A. (2007) An ecological and taxonomic study on phytoplankton of a shallow lake. *Turkey Journal of Environmental Biology* 28 (2): 439-445.

Tell, G., Allende, L., Izaguirre, I. (2008) Ecological and taxonomical remarks on planktic Cyanoprokaryota from Argentinean temperate shallow lakes. *Algological Studies* 127: 15-28.

Utermöhl, H. (1958) Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitteilungen *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 9: 1-38.

Villena, M.J., Romo, S. (2001) Fitoplancton de dos lagunas de los humedales de Xeresa y Xeraco (Valencia, España). *Botanica Complutensis* 25: 179-189.

Villena, M.J., Romo, S. (2003a) Phytoplankton changes in a shallow Mediterranean lake (Albufera of Valencia, Spain) after sewage diversion. *Hydrobiologia* 506-509: 281-287.

Villena, M.J., Romo, S. (2003b) Temporal changes of cyanobacteria in the largest coastal Spanish lake. *Algological Studies* 109 (1): 593-608.

Wehr, J.D., Sheath, R.G. (2003) Freshwater Algae in North America. Ecology and Classification, Academic Press, Amsterdam.

Zalocar de Domitrovic, Y., Forastier, M.E. (2005) Biodiversidad de Cyanophyceae (Cyanobacteria) y especies toxigénicas del litoral fluvial argentino. INSUGEO, Miscelánea 14: 295-310.

Invasión de la especie exótica *Rugulopteryx okamurae* en Andalucía I: Estudios preliminares de la actividad fotosintética

Félix L. Figueroa[1*], Julia Vega[1], Marina Gómez-Valderrama[1], Nathalie Korbee[1], Jesús M. Mercado[2], Elena Bañares[3], Antonio Flores-Moya[3]

[1]Universidad de Málaga, Instituto de Biotecnología y Desarrollo Azul (IBYDA), Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Campus Universitario de Teatinos s/n 20971 Málaga, España
[2] Centro Oceanográfico de Málaga, Instituto Español de Oceanografía. Puerto Pesquero s/n. 29640 Fuengirola, Málaga, España
[3]Universidad de Málaga, Instituto de Biotecnología y Desarrollo Azul (IBYDA), Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias. Campus Universitario de Teatinos s/n 20971 Málaga, España
*Autor de correspondencia: Felixlfigueroa@uma.es

Resumen

La macroalga parda de origen asiático Rugulopteryx okamurae, *está invadiendo las costas de Ceuta, norte de Marruecos y Andalucía (especialmente las de las provincias de Cádiz y Málaga). Desde su detección en Ceuta en el año 2015, no ha dejado de colonizar fondos marinos desde zonas intermareales hasta 40 m de profundidad y, de acuerdo con modelos de favorabilidad ambiental, podría colonizar todo el Mediterráneo y parte de la costa Atlántica Noroeste de Marruecos. La rápida expansión de esta especie exótica hace que sea urgente tener más conocimiento de la biología y bioquímica de la especie y de los factores autoecológicos y ambientales que favorecen la proliferación y dispersión. En este artículo se presentan características fotosintéticas de la especie, demostrando que es un alga muy productiva y con una gran plasticidad fisiológica, ya que es capaz de mantener una alta capacidad fotosintética a lo largo del año, tanto en talos fijados al sustrato como talos sueltos que flotan en la columna de agua. La identificación de los factores ambientales que expliquen la proliferación del alga en nuestras costas requiere de un buen conocimiento de su ciclo biológico, fisiología, composición bioquímica e interacciones con otras comunidades, tanto de macrófitos como de potenciales depredadores. Sólo con este conocimiento es posible diseñar planes efectivos para prevenir su expansión y acciones de remediación*

Palabras clave: especies exóticas invasoras, fluorescencia in vivo de la Clorofila a fotosíntesis, *Rugulopteryx okamurae*

Introducción

Rugulopteryx okamurae (E.Y. Dawson) I.K Hwang, W.J.Lee & H.S. Kim (Dyctyotales, Ohrophyta) es una especie originaria del Pacífico noroccidental, en concreto de Japón, China y Corea. Desde aproximadamente el año 2017, en el Parque Natural del Estrecho se vienen observando arribazones abundantes del alga (Fig.1), que ha colonizado de forma muy rápida amplias áreas costeras de nuestro litoral, desde la zona mediolitoral hasta el infralitoral (-15 m) (García Gómez *et al.* 2017). Esta especie exótica de carácter invasor fue observada por primera vez en playas de Ceuta (Altamirano-Jeschke *et al.* 2016, 2017) y posteriormente se detectó en las costas de Tarifa. Previamente, Verlaque *et al.* (2009) pusieron de manifiesto su carácter invasor en Europa cuya introducción se produjo en la laguna costera Thau (Francia) en el año 2002, atribuida al cultivo de ostras japonesas *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793) importada a Europa para el desarrollo de la maricultura. *R. okamurae* no fue incluida en la exhaustiva revisión de algas Dictyotales en Europa publicada en el año 2006 (De Clerck *et al.* 2006). Recientemente, también ha sido citada en la costa norte de Marruecos en torno al Estrecho de Gibraltar, donde ha mostrado también un claro carácter invasor (El Aamri *et al.* 2018). *R. okamurae* presenta una gran plasticidad morfológi-

Fig 1. Detalle del talo de *Rugulopteryx okamurae* (A), praderas de *R.okamurae* con coberturas del 100% y arribazones de algas en Playa de la Caleta (Tarifa) (C) y en Estepona (D). Fotografías A y C de Félix López Figueroa, B de Fernando Alarcón y D de Francisco Franco Duro.

ca; se han descrito l menos cuatro morfotipos diferentes que le pueden dar, a su vez, una gran plasticidad fisiológica (Hwan *et al.* 2000; García-Gómez *et al.* 2020).

Se estima que esta especie se mantiene fértil todo el año en las costas norte y sur del Estrecho de Gibraltar, pero sólo mediante multiplicación vegetativa y no por reproducción sexual y esto implica una entrada continua de propágulos durante todo el año (Altamirano Jescke *et al.* 2016, 2017). Las algas pueden separarse de las rocas donde se fijan por la acción del oleaje o fuertes temporales, acabando en las playas formando grandes arribazones. García-Gómez *et al.* (2020) mostraron el avance espectacular de *R. okamurae* desde el año 2017 hasta 2019 en el Estrecho de Gibraltar. Esta especie coloniza sustratos intermareales y submareales (hasta 40 m de profundidad) presentando coberturas máximas (90 %) entre 10 y 20 m de profundidad. En la actualidad, se encuentra fijada en el fondo marino y se observan grandes arribazones desde Cabo Roche (36º17.46’,4’’N; 6º08’1’’O) hasta Marbella (36º29’58’’N; 40º55’2’’O) (García-Gómez *et al.* 2020). Se han reportado también algas fijadas entre 10-20 m de profundidad en la costa de Granada (Paraje Natural Maro Cerro Gordo) y arribazones en Almería (Adra, Roquetas del Mar). De acuerdo con Román-Muñoz *et al.* (2019), *R. okamurae* podría ocupar grandes áreas del Mediterráneo y parte de la costa atlántica norte de Marruecos de acuerdo con la aplicación de un modelo de favorabilidad ambiental. Actualmente, esta especie está pendiente de ser declarada especie invasora apoyándose, tras solicitud del Gobierno de España a la Unión Europea, en un estudio de riesgo elaborado por Altamirano *et al.* (2019) por encargo del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico.

La entrada de *R. okamurae* en las costas de Tarifa se podría atribuir a la limpieza de buques procedentes de Asia (Japón, Corea, China), pero no se ha podido demostrar al no haber estudios sobre la presencia de esporas o propágulos en las aguas de lastre de barcos que atracan en el puerto de Algeciras. Hay que tener en cuenta que muy cerca, en Marruecos, hay otro gran puerto (TangerMed) que tiene gran tráfico marítimo con puertos de China. Datos actuales demuestran que los buques mueven alrededor del 80 % de toda la mercancía mundial y transfieren aproximadamente 10 billones de toneladas de aguas de lastre anualmente (Xu *et al.* 2014). Aproximadamente 1/10 de los barcos del mundo están pasando constantemente frente las costas mediterráneas españolas. Por el Estrecho de Gibraltar pasan más de 100.000 barcos al año. El puerto de Algeciras recibe más de 30.000 buques al año lo que en el año 2019 supuso 109.367.964 millones de Tm de carga. Estas cifras ilustran la escala del comercio y tráfico marítimo en las costas del Estrecho de Gibraltar. De hecho, las especies invasoras acuáticas (mayormente derivadas de la transferencia de aguas de lastre) se encuentran entre las cuatro mayores amenazas mundiales para los océanos (Werschkun *et al.* 2014). Se estima que más de 3000 especies son transportadas por buques cada día, y que aproximadamente 40 invasiones recientes han sido mediadas por las aguas de lastre (Tsolaki & Diamadopoulos 2010). Las macroalgas marinas representan entre el 10 y el 40 % del total de especies exóticas invasoras (Schaffelke *et al.* 2006). La rápida expansión y naturalización de estas especies representan un gran riesgo para la integridad de los ecosistemas marinos, ya que al funcionar en muchos casos como ingenieros de los ecosistemas sobre los que se asientan, pueden

alterar su estructura y función, monopolizando el espacio y alterando las redes tróficas (Crooks 2002).

La invasión de *R. okamurae* está reduciendo de forma muy drástica la biodiversidad del intermareal y submareal del Parque Natural del Estrecho, área con un valor ecológico alto de acuerdo a los estudios realizados por investigadores de la Universidad de Cádiz empleando diversos índices aplicados a la Directiva Marco de Aguas, WFD 200/60/EC (Bermejo *et al.* 2012, 2013, 2014, 2015).

R. okamurae no es la única macroalga exótica que crece en las costas andaluzas, pero sin duda, en pocos años se ha convertido en la especie exótica dominante en comparación con las ya incluidas en el Catálogo español de especies exóticas invasoras (RD 630/213, de 2 de agosto). De las trece especies del listado, de acuerdo con la información de la Junta de Andalucía (Conserjería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible), seis especies se encuentran en las costas andaluzas: (1) tres algas rojas (*Asparagopsis armata, Asparagopsis taxiformis* y *Lophocladia lallemandi*), (2) dos algas verdes (*Codium fragile y Caulerpa racemosa*) y (3) un alga parda (*Sargassum muticum*).

Actualmente, en las costas de Tarifa *R. okamurae* coexiste con otras dos especies exóticas del género *Asparagopsis (A. armata* y *A. taxiformis)* (Fig. 2), siendo los meses de verano cuando se alcanzan la mayor cantidad de biomasa.

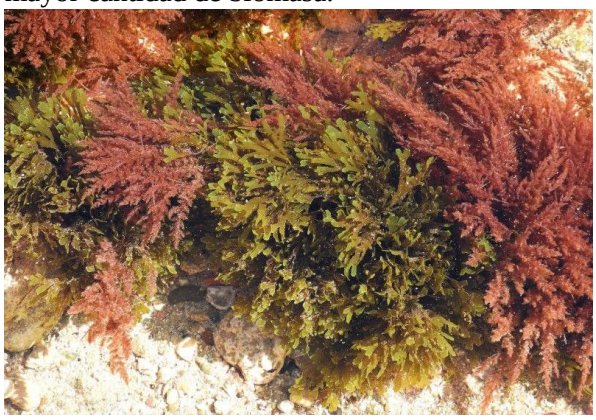


Fig 2. *Rugulopteryx okamurae* y *Asparagopsis armata* en el sistema litoral de Playa de La Caleta (Tarifa, Andalucía). Fotografía de Fernando Alarcón.

Probablemente con estudios más exhaustivos esta lista podría incrementarse como está ocurriendo en las Islas Baleares en las que se han identificado actualmente siete especies exóticas, *Caulerpa cylindracea* (anteriormente *Caulerpa racemosa* var. *Cylindracea*), *Lophocladia lallemandii, Halimeda incrassata, Acrothamnion preissii, Womersleyella setacea, Asparagopsis taxiformis* y *Caulerpa taxifolia*. El Mediterráneo es un punto caliente de invasiones debido al intenso tráfico marítimo, la acuicultura y la conexión con el mar Rojo a través del canal de Suez (Galil *et al.* 2014). Además, en los últimos años la tropicalización del Mediterráneo se ha intensificado debido al calentamiento de las aguas superficiales provocado por el cambio climático, lo que se une a la acidificación del océano y a las modificaciones en la penetración de la radiación UV (Olabarría *et al.*2012, Williamson *et al.* 2019). Todos estos cambios hacen que las invasiones marinas de especies de climas tropicales/subtropicales esté ocurriendo a un ritmo tres veces más rápido que en otros mares (Streftaris *et al.* 2005). Al igual que en las Islas Baleares, la introducción de especies exóticas en el Mediterráneo andaluz pone en peligro ecosistemas claves como las praderas de angiospermas marinas, especialmente de *Posidonia oceanica*; además afecta a otras comunidades vulnerables como comunidades de gorgonias (Cebrián *et al.* 2012) o corales como *Astroides calycularis* (Fig. 3).

Fig 3. Fotografías de *Posidonia oceanica* (A) y *Astroides calycularis* (B) colonizados por *Rugulopteryx okamurae*. Fotografía A de Alfred Rosales Ruiz y B de Fernando Alarcón.

En el Parque Natural del Estrecho suelen producirse arribazones de algas autóctonas como las de algas pardas *Laminaria ochroleuca* y *Saccorhiza polyschides*, algas submareales de aguas frías que presentan arribazones en los meses de

temporales, contribuyendo a la dinámica de los ciclos biogeoquímicos de las aguas costeras. Por otro lado, se encuentra el alga parda submareal *Cystoseira usneoides*, que habita en aguas más someras que las anteriores. Desde hace varios años no se observan arribazones importantes de estas especies y solo se observan de *R. okamurae*, lo cual podría sugerir que esta última especie está ocupando el hábitat submareal de las algas locales.

No hay actualmente ninguna justificación ecofisiológica determinante que explique el gran éxito colonizador de esta especie en las costas de las provincias de Cádiz y Málaga teniendo en cuenta que en su lugar de origen no es una especie dominante. García Gómez *et al.* (2020) propusieron anomalías térmicas como el incremento de temperatura superficial del agua en la zona del Estrecho de Gibraltar en el año 2015, como posible causa del éxito colonizador de *R. okamurae*. No obstante, no parece que anomalías de temperatura producidas en los años siguientes puedan explicar como única causa de su expansión. Es necesario analizar los datos de series temporales largas de otras variables ambientales como radiación, nutrientes, hidrodinamismo (entre otras); además, es preciso demostrar que *R. okamurae* es capaz de incorporar nutrientes o aclimatarse mejor a las condiciones medioambientales que las algas locales. Para ello, es necesario realizar estudios ecofisiológicos tanto *in situ* como *ex situ* en laboratorio bajo condiciones controladas sobre producción fotosintéetica e incorporación de nutrientes. Las entradas naturales de nutrientes por afloramientos de agua mediterránea se producen en primavera y en menor medida en otoño como ocurre en el Mar de Alborán pero además de estos in-puts, el aumento de producción fitoplanctónica en verano en la Bahía de Algeciras revela que hay otras entradas de nutrientes no explicadas por afloramientos (Mercado *et al.* 2018). La principal entrada de nitrógeno inorgánico alóctono en forma de nitrato entre los años 2010-2015 ha aumentado en la Bahía de Algeciras, aunque queda por investigar en más detalle las descargas de aguas residuales y de ríos y su impacto en la eutrofización costera (Mercado *et al.* 2018). En el área de Tarifa hay niveles de nitrato más altos que en zona más al oeste por fenómenos de afloramientos y probablemente por efecto de ciclos mareales (Echevarría et al, 2002). La relación N:Si:P aumenta drásticamente en el lado este del Estrecho por aporte de agua Atlántica y la variabilidad está regulada por procesos biológicos (84 %) y procesos físicos (16 %) (Dafner *et al.* 2003). Recientemente, se ha encontrado una alta concentración de carbono orgánico disuelto de origen fitoplanctónico en el lado oeste del estrecho de Gibraltar probablemente relacionado con la inyección de nutrientes de ríos del oeste con alta actividad agrícola como por ejemplo de la desembocadura del Río Guadalquivir (Álvarez-Delgado *et al.* 2020).

Por otro lado, no se conocen herbívoros que consuman *R. okamurae y*, aunque recientemente se ha reportado que algunas especies omnívoras la están consumiendo, como el espárido *Spondyliosoma cantharus* (Chopa), se desconoce si realmente están asimilando el alga. Queda mucho por estudiar sobre la presión de herbívoros en poblaciones de *R. okamurae*. Sin lugar a dudas, el consumo por herbívoros permitiría un control biológico, cosa que hoy no está ocurriendo.

Desde el año 2018, el grupo de investigación "Fotobiología y Biotecnología de Organismos Acuáticos (FYBOA, RNM-295) integrado en el Instituto de Biotecnología y Desarrollo Azul (IBYDA), está realizando estudios sobre la actividad fotosintética e incorporación de nutrientes, así como sobre las características bioquímicas de *R. okamurae* en el marco de Trabajos Fin de Grado y del Proyecto titulado "*Fotoprotectores de algas marinas: cosmeceúticos compatibles con el Océano (FACCO)*" (UMA18 FEDER JA162). El área de estudio se encuentra en la playa de la Caleta, situada al este del puerto de Tarifa fuera del territorio del Parque Natural del Estrecho (Fig. 4). Se trata de una zona muy afectada por *R. okamurae* ya que ha colonizado los *flysch* de

la zona de alto valor ecológico (Bermejo *et al.* 2015) y presenta algas durante todo el año, especialmente en verano, periodo en el que produce grandes arribazones que cubren toda la línea costera con masas de algas que llegar a alcanzar 0.5-1 m de altura (Fig. 4). El objetivo de este estudio es la determinación de las características fotosintéticas del alga recolectadas de diferentes localizaciones y hacer un seguimiento de dichas características a lo largo del año.

Material y métodos

Las algas fueron recolectadas en la playa de la Caleta (Tarifa, Cádiz) en distintos periodos del año 2018 (mayo y octubre) y 2019 (febrero, mayo, junio y julio) y en distintos puntos (Fig. 4; Gómez-Valderrama, 2020). Las algas se transportaron al laboratorio en contenedores refrigerados (4 ºC), donde se colocaron en cilindros de 2 L con agua de mar a 23-25 ºC (muestras de verano) y 15 ºC (muestras de invierno) y se mantuvieron a una irradiancia PAR de 100-120 µmol m^{-2} s^{-1} (LEDs, 6000K). Los análisis se realizaron con algas fijadas a la roca a 0.1-0.5 m de profundidad (1), algas fijadas al sustrato a 1-2 m de profundidad (2), algas flotantes en la franja costera en canales de la playa de la Caleta (3) y finalmente en algas semi-aisladas en charcas intermareales (4) (Fig.4).

Tras un periodo de 24 h de aclimatación, se realizaron curvas rápidas de luz (RLC) empleando el fluorímetro Junior PAM (Walz GmbH, Alemania), que utiliza luz azul como luz actínica. Las curvas rápidas de luz miden la variación del rendimiento efectivo (YII) a irradiancias crecientes de luz (en este caso luz azul) de acuerdo con Figueroa *et al.* (2014). Las curvas fueron ajustadas a modelos matemáticos tangenciales (Jassby y Platt, 1976) obteniendo: (1) el rendimiento cuántico máximo (Fv/Fm), (2) la tasa fotosintética máxima expresada como máxima tasa de transporte electrónico (ETR_{max}), (3) la irradiancia mínima de saturación (E_{kETR}) y (4) la máxima disipación de energía expresada como amortiguamiento no fotoquímico (NPQ_{max}). Detalles de la metodología

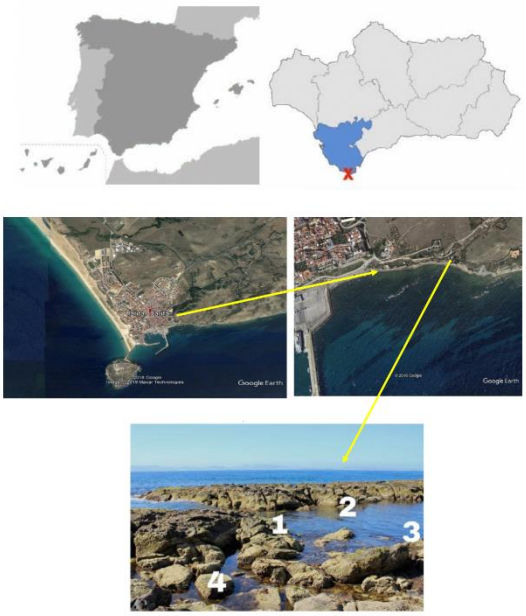


Fig 4. Localización del área de estudio. Playa de la Caleta, Tarifa, Cádiz (36º 0.41’ 68’’N, 5º35’42’’O). Las medidas de fotosíntesis se realizaron en cuatro zonas diferentes: 1. Algas fijadas al sustrato en superficie (0.1-0.5 m de profundidad). 2. Algas fijadas al sustrato en profundidad (1-2 m de profundidad). 3. Algas flotantes en la columna de agua. 4. Algas semi-aisladas en charcas intermareales.

de medidas de fluorescencia *in vivo* de la clorofila *a* puede encontrarse en Figueroa *et al.* (2003, 2014).

Resultados y Discusión

En un estudio realizado el mes de mayo de 2018, la actividad fotosintética, fue mayor en talos intermareales fijados que en talos no fijados que flotaban en la columna de agua (Fig. 5). Los talos intermareales fijados a las rocas están sometidas a mayor dosis de radiación solar e hidrodinamismo, mientras que los talos hidrodivagantes no fijados están sujetos al vaivén de las mareas y expuestos a mayor variabilidad ambiental. Aunque los talos flotantes fueron recolectados a 2 m de profundidad, se desconoce su dinámica una vez han sido desprendidos de las rocas donde estaban fijados. En cualquier caso, estas algas permanecen activas desde el punto de vista fisiológico mostrando valores de ETR_{max} próximos a 80 µmol electrones m^{-2} s^{-1}.

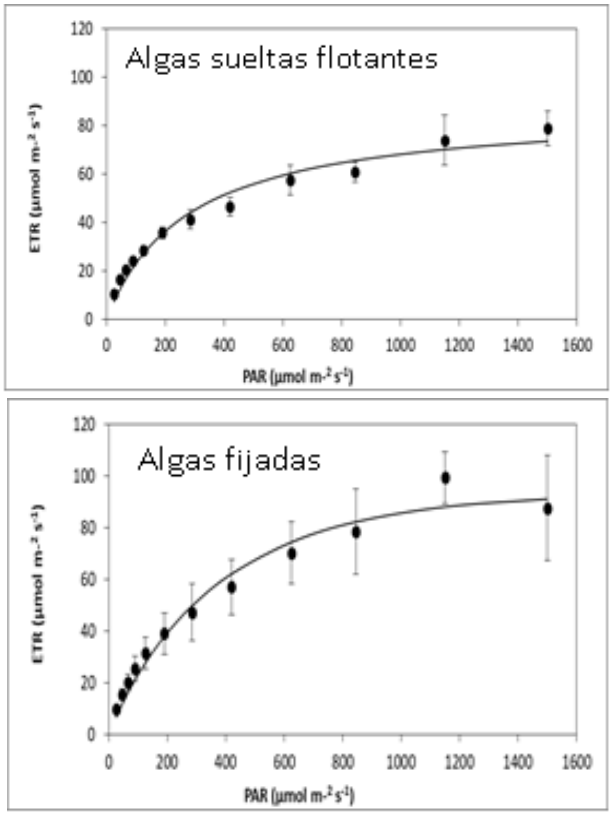


Fig 5. Curvas rápidas de luz, tasa de transporte electrónico (ETR) expresada en µmol electrones m^{-2} s^{-1} *vs.* irradiancia activa fotosintética (PAR) expresada en µmol fotones m^{-2} s^{-1} en algas intermareales fijadas al sustrato (0.5 m de profundidad) y en algas sueltas flotantes recolectadas a 2 m de profundidad. La calidad de luz empleada en la radiación PAR fue azul emitida por el fluorímetro Junior PAM. Las medidas fueron realizadas en el laboratorio a 24ºC en algas recolectadas en el mes de mayo de 2018.

Hay que señalar que los talos sueltos aún mantienen altas tasas fotosintéticas si se comparan con otras algas del Mediterráneo y Atlántico de Andalucía incubadas en condiciones similares a las de este estudio (Flores-Moya *et al.* 1999; Figueroa *et al.* 2003; Celis-Plá *et al.* 2014, 2017; Álvarez-Gómez *et al.* 2017).

En un estudio realizado en octubre de 2018, los valores de ETRmax, como en el mes mayo de 2018, fueron más altos en talos fijados que en los talos flotantes hidrodivagantes (Tabla 1). Los valores de ETRmax fueron muchos más altos en octubre que en mayo. Esto se puede deber a la dinámica de nutrientes con niveles de nitrato y fosfato más altos previsiblemente en octubre como se ha observado en el Mar de Alborán (Ramírez *et al.* 2005). Se necesita en todo caso estudios más detallados de la dinámica de nutrientes en el área del Estrecho de Gibraltar pues ya Mercado *et al.* (2018) observaron niveles altos de nitrato y fosfato en verano no relacionado con afloramientos de aguas mediterráneas que hace que la dinámica de nutrientes sea compleja pues se suman efectos antropogénicos a las entradas naturales de agua mediterránea por afloramientos y fuerzas mareales (García Lafuente *et al.* 2000). Además, las aguas Atlánticas no son tan pobres en nutrientes como se pensaba de acuerdo al estudio de Huertas et al (2012) que muestra transporte de niveles significativos de fósforo del Atlántico al Mediterráneo contribuyendo así al aumento de la producción primaria.

Por otro lado, el rendimiento fotosintético máximo (F_v/F_m) fue mayor en los talos flotantes que en los talos recolectados en el área intermareal (Tabla 1). Esto se debe a que los talos flotantes están a más profundidad que los talos intermarelaes, los cuales reciben dosis más altas y así pueden sufrir cierta fotoinhibición. Los talos recolectados en el intermareal presentaron una irradiancia de saturación fotosintética ($E_{k,ETR}$) mayor que los talos recolectados a unos 2 m de profundidad (Tabla 1) como es de esperar en un alga de respuesta tipo sol frente a talos flotantes submareales que reciben dosis lumínica más bajsa y por lo tanto tienen una respuesta más asociada a algas tipo sombra.

Finalmente, la disipación de energía, estimada como amortiguamiento no fotoquímico máximo (NPQ_{max}) fue mayor en los talos intermareales que en los talos flotantes hidrodivagantes (Tabla 1), algo esperado ya que la disipación de energía es un mecanismo de fotoprotección frente a las elevadas irradiancias que se alcanzan en aguas superficiales (Figueroa *et al.* 2014). Todo ello demuestra una gran plasticidad fisiológica en esta especie ya que puede desarrollarse tanto como alga fijada a sustratos rocosos como algas hidrodivagantes.

Tabla 1. Promedio de los parámetros fotosintéticos obtenidos de curvas rápidas de luz mediante el uso de fluorescencia *in vivo* de la clorofila *a* asociada al fotosistema II (Junior PAM) en talos fijados al sustrato en sistema intermareal a 0.5 m de profundidad y talos sueltos no fijados hidrodivagantes, recolectados a 2 m de profundidad (aréa submareal). Las medidas fueron realizadas en octubre de 2018. En la tabla se presentan los valores medios ± la desviación típica. Las letras diferentes representan valores significativamente diferentes ($p<0.05$; ANOVA).

	Rugulopteryx okamurae	
Parámetros fotosintéticos	**Algas intermareales fijadas al sustrato (0.5 m)**	**Algas Flotantes hidrodivagantes (2 m)**
ETR_{max}	269.3 ± 30.7^a	130.5 ± 5.1^b
Ek_{ETR}	583.5 ± 105.4^a	242.8 ± 14^b
F_v/F_m	0.505 ± 0.032^a	0.652 ± 0.001^b
NPQ_{max}	1.9 ± 0.6^a	0.8 ± 0.2^b

El rendimiento cuántico máximo (F_v/F_m) en algas recolectadas en diferentes zonas (Fig.4) se mantuvo constante a lo largo de los meses estudiados del año 2019 (Fig. 6), presentando valores entre 0.5 - 0.6 (Fig. 6), excepto en el mes de junio en el que se produjo una fuerte caída en los talos sueltos del canal y charcas intermareales, probablemente por la alta incidencia solar que provoca fotoinhibición (Gómez Valderrama 2020). Sin embargo, en el mes de julio, en el que también hay una alta incidencia de radiación solar, no se observaron caídas en los valores de F_v/F_m (Fig. 6), por lo que otras variables (ej: disponibilidad de nutrientes) pueden estar afectando a los mecanismos de fotoprotección. Mercado *et al.* (2018) observó que en los meses de verano en el periodo de 2010-2015 los valores de nitrato en la Bahía de Algeciras son altod pudiendo esto explicar el mantenimiento de una alta producción algal en los meses de verano junto con la alta irradiación solar.

Tabla 2. Tasa de transporte electrónico máximo (ETRmax) expresado en µmol electrones m^{-2} s^{-1}, en algas de Atlántico y Mediterráneo (Mar de Alborán) de Andalucía tomada de la bibliografía comparada con valores los de *Rugulopteryx okamurae* recolectada en la Playa de La Caleta (Tarifa). Se indica el lugar de recolección de las macroalgas y la calidad de luz empleada en las medidas de fotosíntesis suministrada por diferentes fluorímetros de pulso de amplitud modulada (PAM) mediante el uso de la fluorescencia *in vivo* de la clorofila *a* asociada al Fotosistema II. P=alga parda, V=alga verde, R=alga roja. (1) Datos del año 2018 y (2) datos del año 2019.

Especies	**ETR µmol e-m^{-2} s^{-1}**	**Lugar de Recolección**	**Calidad de luz de exposición**	**Referencia bibliográfica**
Dictyota dichotoma (P)	48-60	Punta Carnero (Cádiz)	Luz roja (PAM-2000)	Flores Moya et al. (1999)
Ulva rotundata (V)	70-87	Palmones (Cádiz)	Luz roja (PAM-2000)	Figueroa et al. (2003)
Ulva olivascens (V)	11-15	La Araña (Málaga)	Luz roja (PAM-2000)	Figueroa et al. (2003)
Cystoseira tamariscifolia (P)	54-91	La Araña (Málaga)	Luz Halógena (Diving-PAM)	Celis Plá et al (2014a)
Gracilariospis longissima (R)	6-7.5	Río San Pedro (Cádiz)	Luz Halógena (Diving-PAM)	Álvarez Gómez et al (2017)
Cystoseira tamariscifolia (B)	50-60	Cabo de Gata (Almería)	Luz Halógena (Diving-PAM)	Celis Plá et al (2017)
Halopithys incurva (R)	10-12	Calaburra (Málaga)	Luz Halógena (Diving-PAM)	Álvarez-Gómez et al. (2019)
Ulva rigida (V)	16-33	La Araña (Málaga)	Luz Roja (Mini PAM)	Figueroa et al. (2020)
Rugulopteryx okamurae (P) (1)	99-269	La Caleta (Tarifa) Fijadas, 0.5 m	Luz Azul (Junior-PAM)	Este trabajo
Rugulopteryx okamurae (P) (1)	78-130	La Caleta (Tarifa) Flotantes 2m	Luz Azul (Junior-PAM)	Este trabajo
Rugulopteryx okamurae (P) (2)	60-	La Caleta (Tarifa) Fijadas, 0.5-1m	Luz Azul (Junior PAM)	Gómez Valderrama (2020)
Rugulopteryx okamurae (P) (2)	42-	La Caleta (Tarifa) Fijadas, 1-2 m	Luz Azul (Junior PAM)	Gómez Valderrama (2020)
Rugulopteryx okamurae (P) (2)	47	La Caleta (Tarifa). Flotante, 2 m	Luz Azul (Junior PAM)	Gómez Valderrama (2020)

Por otro lado, la capacidad fotosintética máxima (ETR_{max}) presenta una mayor variabilidad en los meses estudiados. Los valores medios más altos se detectaron en algas del intermareal en mayo y, los más bajos, en junio en talos fijados a 2 m o hidrodivagantes (Fig. 6). Los datos sobre actividad fotosintética mostraron que tanto los rendimientos cuánticos fotosintéticos como la capacidad máxima fotosintética (Fig. 6) se mantienen, en general, muy similares en los meses de primavera y verano

estudiados del año 2019. Los valores de ETRmax medidos en mayo de 2018 (Fig. 5) de algas intermareales fueron similares a mayo de 2019 (Fig. 6). Además, se observa que las algas desprendidas de las rocas, y que permanecen flotantes (hidrodivagantes) a cierta profundidad son capaces de mantener altas tasas de producción. Es necesario realizar más estudios para hacer un seguimiento de la actividad fotosintética desde que el alga se desprende del sustrato hasta que, definitivamente queda depositada en la playa y se descompone. Es posible que, una vez en la playa, los talos que quedan protegidos de la pérdida de agua por las capas superiores de arribazón se puedan mantener activos durante un largo periodo de tiempo. Así, la biomasa desprendida y trasladada por las corrientes marinas a otras zonas puede producir esporas al mantenerse fisiológicamente viable, lo que contribuiría a la colonización de amplias áreas costeras desde el intermareal hasta unos 15 m de profundidad. Conocer este dato es relevante pues ayuda a conocer el tiempo en el que la especie permanece activa teniendo en cuenta que puede desplazarse grandes distancias con las corrientes marinas y trasladar el alga a otras zonas donde podría fijarse y liberar esporas. De esta manera se puede iniciar la colonización de otras áreas como parece que se está produciendo en las costas de Málaga por algas que proceden del Estrecho de Gibraltar, favorecido por la corriente que permanentemente fluye desde el Atlántico hacia el Mediterráneo

La capacidad fotosintética de *R. okamurae* es alta si se compara con la de otras especies de macroalgas de Andalucía (Tabla 2). La capacidad fotosintética (ETR_{max}) determinada en medidas realizadas en diferentes meses de los años 2018-2019 en algas recolectadas en la playa de la Caleta (Tarifa) oscila de 42 a 269 µmol e^- m^{-2} s^{-1}. Los valores más altos se alcanzan en algas intermarreales, en año 2018 corresponden al datos del mes de octubre mientras que los valores más altos en 2019 se observaron en los meses de febrero y mayo (en el año 2019 no se tienen datos de octubre). Los valores de ETR_{max} de especímenes intermareales de *R. okamurae* se encuentran entre los más altos medidos en macroalgas nativas del Estrecho de Gibraltar y el mar de Alborán incluida *Dictyota dichotoma*, una especie perteneciente a las Dyctiotales como *R. okamurae* (Tabla 2).

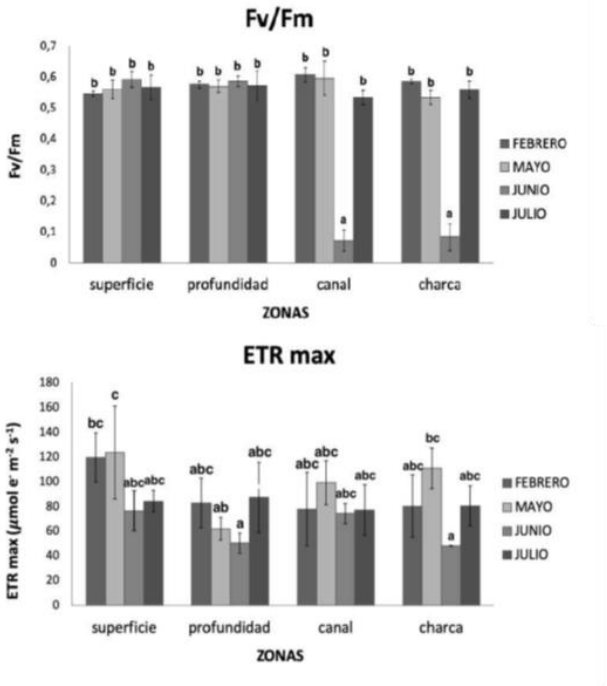


Fig 6. Rendimiento cuántico máximo (Fv/Fm) y capacidad fotosintética estimada como tasa de transporte electrónico máxima (ETR_{max}) de *Rugulopteryx okamurae* en 4 meses del año 2019 (febrero, mayo, junio y julio) y en algas localizadas en distintas zonas (ver leyenda de la Fig. 4).

La influencia de la calidad de luz en la banda PAR (λ=400-700 nm) y UV (λ=280-400 nm) sobre la actividad fotosintética, composición bioquímica y movilidad de los estadios unicelulares del ciclo biológico han sido previamente demostrados en macroalgas (López Figueroa y Niell 1990; Figueroa *et al.* 1995, 1997, 2014; Flores-Moya *et al.* 2002; Álvarez –Gómez *et al.* 2017). Este es un campo de estudio de interés pues conocer las características fotobiológicas de *R. okamurae* nos da información relevante sobre la aclimatación a condiciones medioambientales por los efectos interactivos ente calidad y cantidad de irradiancia con otras variables como, por ejemplo, nutrientes y temperatura. Así, la alta productividad en las condiciones ambientales de las aguas del Estrecho de Gibraltar y mar de

Alborán puede explicar el éxito colonizador de *R. okamurae* desplazando incluso a especies nitrófilas con altas tasas de crecimiento como *Ulva* spp. Se ha observado que las algas rojas calcáreas de carácter esciáfilo están resistiendo la invasión en el intermareal-submareal de la playa de La Caleta, así como las algas rojas cespitosas intermareales *Caulacanthus ustulatus*, las rojas submareales *Spaherococcus coronopifolius* y *Plocamium cartilagineum*, aunque con menor cobertura y el alga exótica invasora *Asparagopsis armata* (Figueroa, observación personal). En todo caso, la riqueza de macroalgas se ha reducido drásticamente si se compara con la lista de especies publicadas de la misma zona de estudio (Hernández *et al.* 2011).

Tal y como ha quedado patente, son necesarios más estudios ecofisológicos que nos permitan tener un mayor conocimiento sobre la biología de *R. okamurae* y su aclimatación a las variables ambientales del Estrecho de Gibraltar y mar de Alborán. Las fortalezas y debilidades fisiológicas de *R. okamurae* sin duda ayudarán a diseñar estrategias de gestión y control de esta especie invasora y contribuirán a reducir el impacto ecológico y socioeconómico que está produciendo. El problema ambiental es de tal escala espacio-temporal que requerirá también innovación en las estrategias de gestión, con aproximaciones inter- y transdisciplinares que incluyan investigación oceanográfica, biológica, ecológica, tecnológica y socioeconómica, así como con la coordinación y liderazgo de las administraciones competentes. Para ellos se deben combinar estudios *in situ* y en el laboratorio bajo condiciones controladas en los que se utilicen indicadores fisiológicos y bioquímicos como propusieron Figueroa y Korbee (2010) en estudios ecofisiológicos de macroalgas.

Agradecimientos

Las investigaciones presentadas en este artículo han sido financiadas por el Proyecto UMA18 FEDER JA-162 y fondos del grupo investigador “Fotobiología y Biotecnología de organismos acuáticos (FYBOA, RNM-295)

Referencias

Altamirano, M., de la Rosa, J., Martínez Medina, F.J. (2016) Arribazones de la especie exótica *Rugulopteryx okamurae* (E.Y.Dawson) I.K. Hwang, W.J.Lee, H.S. Kim (Dictyotales, Phaeophyceae) en el Estrecho de Gibraltar: primera cita para el Atlántico y España. *Algas* 11:22.

Altamirano-Jeschke, M., De la Rosa Álamos, J., Martínez FJG, Muñoz ARG. (2017) Prolifera en el Estrecho un alga nunca citada en nuestro litoral de origen asiático “*Rugulopteryx okamurae*” ocupa ya una gran extensión. *Quercus* 364:32-33.

Altamirano, M., Muñoz, A.R., De la Rosa, J., Carmona, R., Zanolla, M. (2019) Análisis de riesgos de la macroalga exótica *Rugulopteryx okamurae*. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico. 69 p.

Álvarez-Gómez, F., Bouzon, Z.L., Korbee, N., Celis-Plá, P., Schmid, E.C., Figueroa, F.L. (2017) Combined effects of UVR and nutrients on cell structure, photosynthesis and biochemistry in *Gracilariopsis longissima* (Gracilariales, Rhodophyta). *Algal Research* 26: 190-202.

Álvarez-Gómez, F., Korbee, N. Casas-Arrojo, V., Abdala-Díaz, R.T., Figueroa, F.L. (2019) UV Photoprotection, citotoxicity and immunological capacity of red alga extracts. *Molecules* 24, 341; doi:10.3390/molecules24020341.

Álvarez-Salgado, X.A., Oter, J., Flecha, S., Huertas, I.E. (2020) Seasonality of disolved organic carbon exchange across the Strait of Gibraltar. *Geophysical Research Letters* 47, https://doi.org/10.1029/ 2020GL089601.

Bermejo, R., de la Fuente, G., Vergara, J.J., Hernández, I. (2013) Application of the CARLIT index along a biogeographical gradient in the Alboran Sea (European coast) *Marine Pollution Bulletin* 72:107-118.

Bermejo, R., Mangialajo, L., Vergara, J.J., Hernández, I. (2014) Comparisons of two indices based on macrophyte assemblages to assess the ecological status of coastal waters in the transition between the Atlantic ad Mediterranean eco-regions *Journal of Applied Phycology* 26:1899-1909.

Bermejo, R., Ramírez-Romero, E., Vergara, J.J., Hernández, I. (2015) Spatial patterns of macrophyte composition and landscape along the rocky shores of the Mediterranean-Atlantic transition region (Northern Alboran Sea). *Estuarine Coast Shelf Science* 155:17-28.

Bermejo, R., Vergara, J.J., Hernández, I. (2012) Application and reassessment of the reduced species list index of macroalgae to asses the ecological status under the Framework Directive in the Atlantic coast of Sothern Spain. *Ecology Indicators* 12:46-57.

Cebrián, E., Linares, C., Marschal, C., Garrabou, J. (2012) Exploring the effects of invasive algae on the persistence of gorgonian populations. *Biological Invasions* 14, 2647-2656. doi:10.1007/s10530-012-0261-6.

Celis-Plá, P.S.M., Martínez, B., Korbee, N., Hall-Spencer, J.M., Figueroa, F.L. (2017) Photoprotective responses in a brown macroalgae *Cystoseira tamariscifolia* to increases in CO_2 and temperature. *Marine Environmental Research* 130: 157-165. 1

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 (3): 377-388.

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

Dafner, E.V., Boscolo, R., Bryden, H.L. (2003) The N:Si:P molar ratio in the Strait of Gibraltar. *Geophysical Research Letters* 30, 10, 1506, doi:10.1029/2020GL016274.

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 *Dyctoteae* (Dictyotales, Phaeophyceae) base don rbcL and 26S ribosomal DNA sequence analysis. *Phycologia* 1271-1288.

Echevarría, F., García Lafuente, J., Bruno, M., Gorsky, G, Goyx, M., González, N., Garía, C.M., Gomez, F., Vargas, J.M., Picheral, M., Stirby, L., Varela, M., Alonso, J.J., Reul, A., Cózar, A., Prieto, L., Sarhan, T., Plaza, F., Jiménez-Gómez, F. (2002) Physical-biological coupling in the Strait of Gibraltar. *Deep-Sea Research* II 49: 4115-4130.

El Aamri, F., Idhalla, Tamsouri, M.N. (2018) Occurrence of the invasive brown seaweed *Rugulopteryx okamurae* (E.Y.Dawson) I.K. Hwang, W.J.Lee, H.S. Kim (Dictyotales, Phaeophyceae) in Morroco (Mediterranea sea). *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research* 1:92-96.

Flores-Moya, A., Posudin, Y.I., Fernández, J.A., Figueroa, F.L., Kawai, H. (2002) Photomovement of the swarmers of the brown algae *Scytosiphon lomentaria* and *Petalonia fascia*: effect of photon irradiance, spectral composition and UV dose. *Jounal of Photochemical Photobiology* B 66:134-140.

Figueroa, F.L., Bonomi Barufi, J., Celis-Plá, P.S.M., Nitschke, U., Arenas, F., Connan. S., Abreu, M.H., Malta, E.J., Conde-Álvarez, R., Chow, F., Mata, M.T., Meyerhoff, O., Robledo, D., Stengel, D.B. (2020) Short-term effects of increasing CO2, nitrate and temperature on photosynthetic activity in Ulva rigida (Chlorophyta) estimated by different pulse amplitude modulated fluorometers and oxygen evolution. Journal Experimental Botany (accepted)

Figueroa, F.L., Aguilera, J., Niell, F.X. (1995) .Red and blue light regulation of growth and photosynthetic metabolism in *Porphyra umbilicalis* (L.) Kützing (Bangiales, Rhodophyta). *European Journal of Phycology* 30: 11-18.

Figueroa, F.L., Conde-Álvarez, R., Gómez, I. (2003) Relations between electron transport rates determined by pulse amplitude modulated fluorescence and oxygen evolution in macroalgae under different light conditions. *Photosynthesis Research* 75: 259- 275.

Figueroa, F.L., Domínguez-González, B., Korbee, N. (2014) Vulnerability and acclimation to increased UVB radiation in three intertidal macroalgae of different morpho-functional groups. *Marine Environmental Research* 101:30-38.

Figueroa, F.L., Korbee, N. (2010) Interactive effects of UV radiation and nutrients on ecophysiology: vulnerability and adaptation to climate change. In: Seaweeds and their role in globally changing environments. Ed A. Israel, Einvav, R. and Seckbach, J. Springer, pp. 157-182.

Figueroa, F.L., Salles, S., Aguilera, J., Jiménez, C., Mercado, J., Viñegla, B., Flores-Moya, A., Altamirano, M. (1997) Effects of solar radiation on photoinhibition and pigmentation in the red alga *Porphyra leucosticta* Thur. in Le Jol. *Marine Ecology Progress Series*151:81-90.

Flores-Moya, A., Hanelt, D., Figueroa, F.L., Altamirano, M., Viñegla, B., Salles, S. (1999) Involvement of solar UV-B radiation in recovery of inhibited photosynthesis in the brown alga *Dictyota dichotoma* (Hudson) Lamouroux. *Journal of Photochemical Photobiology* 49: 29-135.

Galil, B., Marchini, A., Occhipinti, A., Minchin, D., Naršius, A., Ojaveer, H *et al.* (2014) International arrivals: Widespread bioinvasions in European Seas. *Ethology Ecology Evolution* 26, 152-171. doi:10.1080/03949370.2014.897651.

García Gómez, J.C., Sempere-Valverde, J., Ostaré Valriberas, E., Martínez, M., Olaya-Ponzone, L., Roi González, A., Espinosa, F., Sámchez-Moyano Megina, C., Parada, J.A. (2107) *Rugulopteryx okamurae* (E.Y.Dawson) I.K. Hwang, W.J.Lee, H.S. Kim (Dictyotales,Ochrophyta) alga exótica explosiva en el Estrecho de Gibraltar . Observaciones preliminares de su distribución e impacto Almoraima *Revista de Estudios Campogibraltareños*, 49:97-113.

García Gómez, J.C., Sempere-Valverde, J., Roi González, A., Martínez-Chacón, M., Olaya-Ponzone, L., Sánchez-Mouyano, E., Ostalé-Valriberas, E., Megina, C. (2020) From exotic to invasive in record time: the extreme impact of *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ohrophyta) in the strait of Gibraltar. *Science of the Total Environment* 704:135408.

García Lafuente, J., Vargas, J.M., Plaza, F., Sarhan, T., Candela, J., Bascheck, B. (2000) Tide at the eastern section of the Strait of Gibraltar. *Jornal of Geophysical Research* 105:14197-14213.

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

Hernández, I., Bermejo, R., Vergara, J.J., Olivé I, Brun, F.G., Mourente, G., de los Santos, C.B., Pérez-Lloréns, J.L. (2011) Estudio ficológico del intermareal y fondos submareales del sector oriental del Parque Natural del Estrecho, entre el Puerto de Tarifa y Piedra Alta, *Migres Revista de Ecología* 2:1-10.

Huertas, I.E., Rós, A.F., García Lafuente, J., Navarro, G., Makouni, A., Sánchez-Román, A., Rodríguez-Gálvez, S., Orbi, A., Ruiz, J., Pérez, F.F. (2012) Atlantic forcing of the Mediterranean oligotrophy. *Global Biogeochemical Cycles* 26: GB2022, doi:10.1029/2011GB004167.

Hwang, I.K., Lee, W.J., Kim, H.S., De Clerck, O. (2009) Taxonomical reappraisal of Dilophus okamurae (Dictyotales, Phaeophyta) foprm western Pacific Ocean. *Phycologia* 48:1-12.

Jassby, A.D., Platt, T. (1976) Mathematical formulation of relationship between photosynthesis and light for phytoplankton. *Limnology Oceanography* 21: 540-547.

López-Figueroa, F., Niell, F.X. (1990) Effects of light quality on chlorophyll and biliprotein accumulation in seaweeds. *Marine Biology* 102: 321-327.

Mercado, J.M., León, P., Salles, S., Cortés, D., Yebra, L., Gómez-Kakobsen, F., Herrea, I., Alonso, I., Sánchez, A., Valcárcel-Pérez, N., Putzeys, S. (2018) Time variability ptterns of eutrophication indicators in the Bay of Algeciras (South Spain). *Waters* 10:938; doi:102290/w10070938

Olabarría, C., Arenas, F., Viejo, R.M., Gestoso, I., Vaz-Pinto, F., Incera, M., Rubal, M., Cacabelos, E., Veiga, P., Sobrino, C. (2012) Response of macroalga assemblages from rockpools to climate change: effects of persistent increase in temperature and CO_2.*Oikos* 122:1065-1079.

Ramírez, T., Cortés, D., Mercado, J.M., Vargas-Yañez, M., Sebastián, M., Liger, E. (2005) Seasonal dynamics of inorganic nutrients and phytoplankton in the NW Alboran Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 65:654-670.

Román-Muñoz, A., Martí-Taboada, A., de la Rosa, J., Carmona, R., Zanolla, M., Altamirano, M. (2019) La modelización de la distribución de especies como herramneta en la gestión de invasiones biológicas en el medio ambiente: el caso de *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotaceae, Ochrophyta) en el Mediterráneo. *Algas* 55e 37-40.

Schaffelke, B., Smith, J.E., Hewitt, C.L. (2006) Introduced macroalgae- a growing concern. *Journal of Applied Phycology* 18:529-541.

Streftaris, N., Zenetos, A., Papathanassiou, E. (2005) Globalisation in marine ecosystems: The story of non-indigenous marine species across European seas. *Oceanogrsphic Marine Biology Annual Reviews* 43, 419-453.

Tsolaki, E., Diamadopoulos, E. (2010) Technologies for ballast water treatments: a review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 85:19-32.

Verlaque. M., Steen, F., de Clerck O. (2009) *Rugulopteryx* (Dictyotales, Phaeophyceae), a genus recently introduced to the Mediterranean. *Phycologia* 48:536-542.

Werschkun, B., Banerji, S., Basurko, O.C., David, M., Fuhr, F., Goolasj, S., Grummt, T., Haarich, M., Jha, A.N., Kaca, S., Keher, A., Linderws J., Mesbahi, Pughiuc, D., Richardson, S.D., Schwarz-Schulz B, Shah, A., Theobald N, von Gunten U, Wieck S, Höfer T (2014) Emerging risks from ballast water treatment: the run-up to the International Ballast water management convention. *Chemosphere* 112:256-266.

Williamson, C.E., Nelae, P.J., Hylander, S., Rose, K.C., Figueroa, F.L., Robinson, S., Häder, D-P., Wängberg, S.A., Worrest, R.C. (2019) The interactive effects of stratospheric ozone depletion, UV radiation, and climate change on aquatic ecosystems. *Photochemical y Photobiological Sciences* DOI 10.1039/c8pp90062k.

Xu, J., Wickramarathne, T.L., Chawla, N.V., Grey, E.K., Steinheusser, K., Keller, R.P., Drake, J.M., Lodge, D.M. (2014) Improving management of aquatic invasions by integrating network, ecological and environmental data mining social good. *ACM* 978-1-4503-2956-9/14/08 pp 1699–1708. http://dx.doi.org/10.1145/2623330.2623364.

Invasión de la especie exótica *Rugulopteryx okamurae* en Andalucía: II. Foro Alga Invasora

Félix L. Figueroa[1], Jesús M. Mercado[2], Enrique Moreno-Ostos[3], Pedro Sánchez Castillo[4], Francisco Franco[5], Elena Bañares[6], Fernando Alarcón[7], Mar Recuna[8], Javier Noriega [8]

[1] Universidad de Málaga, Instituto de Biotecnología y Desarrollo Azul (IBYDA), Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Campus Universitario de Teatinos s/n 20971-Málaga.
[2] Centro Oceanográfico de Málaga. Instituto Español de Oceanografía. Puerto Pesquero s/n. 29640-Fuengirola, Málaga.
[3]CEIMAR , Universidad de Málaga, Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Campus Universitario de Teatinos s/n 20971-Málaga.
[4] CEIMAR, Universidad de Granada, Departamento de Botánica y Fisiología vegetal. Avda. Fuentenueva s/n. 18071-Granada.
[5] Universidad de Málaga, Cátedra Ciencias Litoral Costa del Sol, Departamento de Química inorgánica, Cristalografía y Mineralogía Campus Universitario de Teatinos s/n 20971-Málaga.
[6] Universidad de Málaga, Instituto de Biotecnología y Desarrollo Azul (IBYDA) y Cátedra Ciencias Litoral Costa del Sol, Málaga , Departamento de Botánica yFisiología Vegetal. Facultad de Ciencias. Campus Universitario de Teatinos s/n. 20971-Málaga.
[7] Asociación Equilibrio Marino. c/Honduras, 9. 29007-Málaga
[8] Clúster marítimo marino de Andalucía. Edifico Green ray. Campus Universitario de Teatinos. 29010-Málaga
*Autor de correspondencia: Felixlfigueroa@uma.es

El bienestar humano y el desarrollo social requieren de un medio ambiente adecuado, a menudo en peligro en la realidad global que vivimos. La invasión biológica del alga *Rugulopteryx okamurae* en las costas andaluzas está representando una grave amenaza para nuestra biodiversidad marina así como para la conservación de la estructura y función de estos ecosistemas y su capacidad para prestar servicios que supone. Los firmantes de este artículo, ante el reto que esto supone, tras una serie de reuniones presenciales y virtuales celebradas en los meses de marzo y abril de 2020, acordaron promover la constitución de un foro que integrara (i) al tejido investigador en el ámbito científico-técnico (conscientes en primer lugar de la importancia que tienen las ciencias experimentales y sociales y la tecnología para diagnosticar y evaluar la relevancia del problema y proponer herramientas para encontrar soluciones), (ii) al tejido empresarial y productivo (desde la perspectiva de que la economía azul es un eje estratégico en el desarrollo de las regiones), (iii) a la ciudadanía, organizada en torno a asociaciones y otros colectivos y (iv) a administraciones locales, regionales y nacionales (capaces de proporcionar respuestas a este problema transversal). Se trataba de articular y poner en marcha el efectivo modelo de la cuádruple hélice (Academia, Administración pública, Empresa y Sociedad para estar a la altura del reto que significa la invasión del alga *Rugulopteryx okamurae* en nuestras costas.

En junio de este año se constituyó el **Foro *Alga invasora*** con el objetivo de contribuir desde una base científica a la gestión, control y potencial erradicación (en áreas invadidas de alto valor ecológico) del alga exótica invasora *Rugulopteryx okamurae* en las costas andaluzas.

Principios organizativos del Foro

La gestión de especies invasoras en el medio marino debe estar basada en la prevención (reduciendo el riesgo de los vectores de entrada como el transporte marítimo, la acuicultura y acuariofilia entre otros) y en la detección temprana para evitar su propagación en el marco de un programa coordinado de gestión de especies invasoras. Cuando una especie exótica ya ha colonizado de forma exitosa los hábitats costeros, como es el caso de *Rugulopteryx okamurae*, es necesario además la aplicación de estrategias

basadas en la contención para evitar su expansión y en medidas de bases científico-tecnológicas que contribuyan a la disminución de la biomasa del alga invasora y a la recuperación de los hábitats costeros impactados. Todo ello implica tener un mayor conocimiento de la especie a todos los niveles. En este contexto, el Foro *Alga Invasora* pretende ser un instrumento útil basado en el conocimiento científico y orientado a apoyar y coordinar acciones que ayuden al control de la invasión asesorando a las administraciones competentes. Es por este carácter transversal que el Foro nace como una iniciativa abierta, a la que de hecho se han adherido múltiples organismos públicos de investigación en Andalucía entre los que se incluyen, además de los grupos promotores, el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN) del CSIC, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), investigadores/as de las Universidades de Cádiz, Granada, Sevilla, Almería y Málaga, Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global (UAL), Universidad de Oldenburg, Ayuntamientos de Tarifa y Barbate, Diputación Provincial de Cádiz , Grupos de Acción Local Pesquera de Almería, Cádiz y Málaga (GALP), Federación Nacional de Pesca Artesanal (FENAPA) , Organización de productores pesqueros de Almería (OPP71), Federación andaluza Cofradía de Pescadores de Algeciras, Centros de Buceo de la provincia de Málaga, Granada y Cádiz, Asociación Algas del Estrecho, Asociación Galatea, Asociación Nereide, Sección de Educación Permanente de Tarifa, Aula del Mar de Málaga, Ecologistas en Acción, OSEGS (Organization for Science, Education and Global Society) y las empresa LifeBioencapsulation, Energygen, Andalusea y Masterbio. Hasta la fecha, el Foro Alga invasora cuenta con un total de 33 de adhesiones institucionales y 26 personales.

Por otro lado, aunque este Foro nace como consecuencia del hecho concreto de la invasión en la costa andaluza por un alga exótica, surge también con vocación nacional e internacional, pretendiendo servir de modelo organizativo para abordar otros problemas similares que pueden surgir en costas españolas y europeas, pues la proliferación de especies invasoras es un fenómeno transfronterizo asociado al cambio global y a la intensa conectividad entre todos los países del mundo. Es obvio que este fenómeno global requiere soluciones coordinadas e internacionales.

El foro Alga invasora tratará de articular y poner en marcha el efectivo modelo de la cuádruple hélice (Academia, Administración pública, Empresa y Sociedad) para estar a la altura del reto que significa la invasión del alga *Rugulopteryx okamurae*e n nuestras costas con un enfoque interdisciplinar relacionando Ciencia, Tecnología y Sociedad (Fig.1)

¿Cómo abordar el problema del alga invasora? Consideraciones iniciales

Una de las principales carencias para abordar el problema es el escaso conocimiento de la ecología y fisiología de *Rugulopteryx okamurae*. Esta falta de información es claramente puesta de manifiesto en el bajo número de documentos científicos sobre este alga que es posible localizar en los repositorios (Fig. 2). El déficit de conocimiento queda aún más patente si se compara con el que se tenía en las primeras etapas de detección de otras especies de algas invasoras en la costa española como el caso de *Caulerpa racemosa* mostrado en la Fig. 2. Aunque se ha avanzado algo en mejorar el conocimiento de esta especie desde su aparición en nuestra costa, la información científica sobre el alga continúa siendo muy limitada, de manera que se desconocen aún los factores que han permitido que el alga se haya instalado en nuestra costa con tanto éxito. El Foro considera que aumentar decididamente la investigación interdisciplinar de los factores autoecológicos y ambientales que favorecen la proliferación y dispersión de *Rugulopteryx okamurae* es condición indispensable para poder establecer medidas adecuadas de gestión. En particular, se precisa una intensiva investigación sobre la biología y fisiología de la especie, incluyendo patrones de reproducción, herbívoros potenciales, hongos, bacterias y virus asociados; también se desconocen las condiciones

oceanográficas de la columna de agua que están favoreciendo la colonización expansiva de esta especie. La afectación a la diversas especies vegetales y animales locales bentónicas, a la calidad del sedimento marino y a los propios ciclos biogeoquímicos son aspectos que deben también ser investigados.

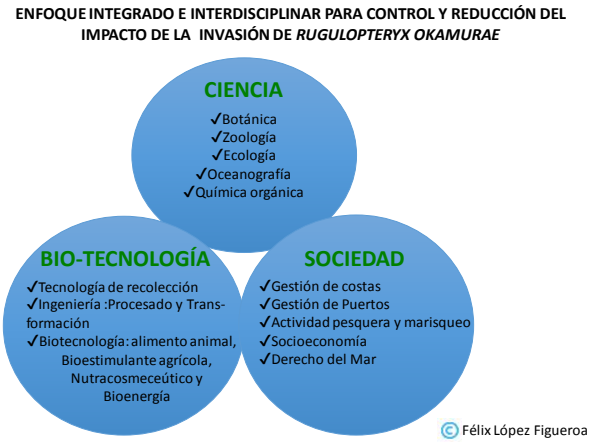


Fig 1. Áreas y temáticas de Ciencias, Bio-tecnología y Sociedad con competencias para abordar la investigación y medidas de control del impacto ecológico y socioeconómico que está provocando el alga invasora *Rugulopteryx okamurae*.

muy limitada, de manera que se desconocen aún los factores que han permitido que el alga se haya instalado en nuestra costa con tanto éxito. El Foro considera que aumentar decididamente la investigación interdisciplinar de los factores autoecológicos y ambientales que favorecen la proliferación y dispersión de *Rugulopteryx okamurae* es condición indispensable para poder establecer medidas adecuadas de gestión.

En particular, se precisa una intensiva investigación sobre la biología y fisiología de la especie, incluyendo patrones de reproducción, herbívoros potenciales, hongos, bacterias y virus asociados; también se desconocen las condiciones oceanográficas de la columna de agua que están favoreciendo la colonización expansiva de esta especie. La afectación a la diversas especies vegetales y animales locales bentónicas, a la calidad del sedimento marino y a los propios ciclos biogeoquímicos son aspectos que deben también ser investigados.

Al igual que ocurrió con la invasión de *Caulerpa taxifolia*, a la Sociedad Española de Ficología le corresponde realizar un importante papel de apoyo a la difusión y promoción de todas aquellas actividades encaminadas a poner de manifiesto la importancia del proceso biológico y social que está generando la actual invasión de *Rugulopteryx okamurae*. En este artículo damos a conocer la finalidad y propuestas del Foro Alga Invasora para facilitar la puesta en común y discusión de todas aquellas iniciativas, científicas y sociales, que puedan aportar ideas para abordar este importante problema que hoy afecta a Andalucía y probablemente pudiera extenderse por todo el Mediterráneo. La forma en la que la Unión Europea asumió el problema de *Caulerpa taxifolia* es un ejemplo que debemos reclamar de las administraciones regionales, nacionales y europeas.

Preocupados/as, porque resulta prioritario establecer medidas preventivas que disminuyan el riesgo y eviten la llegada de *Rugulopteryx okamurae* a áreas marinas protegidas de alto valor ecológico. La alerta temprana implica la integración de los recursos estatales y autonómicos para aumentar la efectividad frente a la invasión.

Al impulso de la investigación se deben unir acciones debidamente orientadas para actuar sobre las áreas marinas severamente afectadas (con coberturas de más del 90 %, incluido zonas protegidas como el Parque Natural del Estrecho); es necesario discutir y llevar a cabo en su caso proyectos pilotos de sistemas de extracción o reducción de la biomasa del alga lo más respetuosos posibles con el ecosistema y la flora y fauna marina autóctona. Esta estrategia debe ser complementada con un plan de recogida sistemática de las algas de arribazón, ya que el alga permanece viable durante mucho tiempo y si vuelve al mar puede seguir proliferando. En todo caso la recogida del alga en el mar antes de su llegada y deposición en la costa presenta ventajas medioambientales ya que se evitaría el impacto que produce sobre la arena o roca. En este marco, el foro *Alga Invasora* considera que la solución efectiva del problema del alga y el control de la misma, se debe encuadrar dentro del

enfoque de la Economía Circular. La investigación científica podrá establecer las pautas a seguir en relación a la neutralización del problema del alga y podrá así mismo señalar vías para identificar ámbitos de aprovechamiento y aplicación (agroalimentario, farmacia, bioenergía, biotecnología, nuevos biopolímeros, cosmética, piensos, compostaje, etc.) que podrían servir también para incentivar su erradicación y control sostenible. En este sentido, por ejemplo, el estudio del aprovechamiento de la biomasa extraída del mar en vez de ir a vertederos podría ser una vía para valorizar su recogida. El aprovechamiento integral de la biomasa dentro de un enfoque de desarrollo azul y circular puede contribuir a la financiación de la gestión y conservación de los ecosistemas.

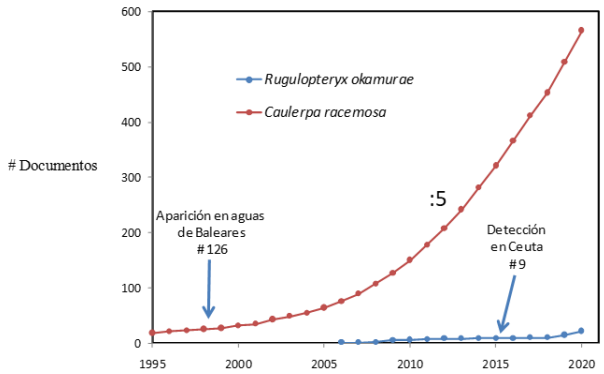


Fig 2. Curva acumulada del número de documentos científicos publicados que contienen información sobre *Rugulopteryx okamurae* según la base de datos SCOPUS (consulta realizada el 20/11/2020; Search: *Rugulopteryx okamurae*, All fields). Para comparación, se muestra también la curva acumulada de documentos sobre *Caulerpa racemosa* (nótese que estos datos están divididos entre cinco para facilitar la representación conjunta con los datos de *R. okamurae*).

Conscientes de la relevancia ambiental y socio-económica de este problema, el Foro pretende también aunar esfuerzos para sensibilizar a la sociedad de tal forma que se implique en la promoción de soluciones efectivas a este problema, velando porque su gestión se oriente hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, dentro de un compromiso integral por la conservación del medio marino y el impulso de la Economía Azul. Este Foro pretende ser un instrumento de colaboración con las administraciones públicas responsables de la gestión ambiental que son las que deben coordinar y liderar la estrategia coordinada de acción contra esta especie invasora. Cuanto antes se comience a trabajar en esta dinámica coordinada, antes se contará con mejores herramientas científicas y experiencias para abordar las nuevas invasiones.

El problema medioambiental que está generando *Rugulopteryx okamurae* es de tal escala que implica transversalmente a todas las administraciones públicas (locales, regionales y estatales), de las cuales se espera que coordinen un plan de actuación con organismos públicos de I+D+i y de los sectores productivos y sociales implicados. Todas estas actuaciones deben estar amparadas por un plan de gestión bajo el control y permiso de la administración pública competente en el marco de la ley 42/2007 de Patrimonio Natural y Biodiversidad donde especifica en su artículo 64.5 que "*La inclusión en el Catálogo Español de Especies exóticas invasoras conlleva la prohibición genérica de posesión, transporte, tráfico y comercio de ejemplares vivos, de sus restos o propágulos que pudieran sobrevivir o reproducirse , incluyendo el comercio exterior. Esta prohibición podrá quedar sin efecto, previa autorización administrativa de la autoridad competente cuando sea necesario por razones de investigación, salud o seguridad de las personas o con fines de control o erradicación, el marco de estrategias, planes y campañas que, a tal efecto, se aprueben y teniendo en cuanta la relevancia de aspectos sociales y/o económicos de la actividad a la que afecten*" Por otro lado en Artículo 7. Efectos de la inclusión de una especie en el catálogo del RD 630/2013 se indica también la exclusión de las limitaciones que tiene cualquier especie invasora por las razones que se establecen en la Ley 42/2007 (texto refundido).

Acciones propuestas y líneas de actuación

El plan de acción del foro se encuentra abierto a las contribuciones de todas las personas e instituciones (públicas y privadas) que se integren en esta alianza. Como un esquema de partida, consideramos que se deben contemplar los siguientes puntos:

1. *Acciones para obtener un mayor conocimiento científico sobre Rugulopteryx okamurae, basado en la investigación fundamental ecosistémica con el fin de reducir su impacto ambiental en el medio costero.*
2. *Acciones para la prevención y alerta temprana de especies invasoras.*
3. *Acciones para reducir el riesgo de vectores de transmisión como es el tráfico marítimo con el efectivo tratamiento de aguas de lastre, acuicultura y otros*
4. *Acciones para la extracción selectiva de la especie invasora, y para la eliminación y valorización de la biomasa.*
5. *Acciones para contribuir al conocimiento y la gestión integrada del problema socio-ambiental a partir de la metodología propuesta por la Evaluación de Ecosistemas del Milenio de Naciones Unidas.*
6. *Acciones para promover de forma efectiva el modelo de la cuádruple hélice.*
7. *Acciones para construir una agenda de actuación y de sensibilización a las administraciones públicas, tutelares del medio ambiente en el territorio, acerca de la importancia de la cooperación, integración y actuación ante dicho problema.*

De acuerdo con los recursos de que se dispone, el objetivo operativo del Foro en esta primera etapa de andadura se centra en ofrecer asesoramiento científico y técnico a las autoridades competentes y a la sociedad en general, contribuyendo a la coordinación de los medios estatales, autonómicos y locales, públicos y privados, para aumentar la efectividad de la respuesta frente a la invasión dentro de las líneas de actuación:

Línea 1. Prevención

Línea 2. Reducción de su presencia

Línea 3. Aumento del conocimiento científico

Línea 4. Difusión y concienciación social del problema

Dentro de cada línea, se detallan a continuación las actuaciones concretas que el Foro se propone inicialmente llevar a cabo para los próximos meses.

Línea 1. Prevención

La prevención se debe basar en una doble estrategia de vigilancia tanto del área de distribución del alga como de los vectores y/o factores ambientales que pueden favorecer su expansión. Dentro de esta línea, el Foro considera que la Ciencia Ciudadana representa una herramienta con enorme potencial, dado que nuestra sociedad cuenta con numerosos colectivos que realizan labores de observación de nuestro litoral (club de buceo, asociaciones, pescadores). Durante los próximos meses, el Foro se propone:

Acción 1.1 Realizar un inventario de los grupos de investigación y otros colectivos que realizan actividades en nuestro litoral, que pueden ser aprovechadas para recabar información y datos sobre la presencia del alga y/o el estado de los factores ambientales relevantes. Dicho inventario incluirá también un listado de laboratorios y equipamientos, así como la identificación de los proyectos ya en marcha que pueden aportar datos.

Acción 1.2 Poner en contacto a los colectivos identificados con el fin de promover la elaboración conjunta de un proyecto de ciencia ciudadana enfocado específicamente a la vigilancia de la presencia del alga en nuestras costas.

Acción 1.3 Elaborar un documento de análisis, basado en la información publicada y pública, sobre el estado de los posibles vectores de entrada y factores que favorecen la expansión del alga, identificando en su caso la normativa aplicable a su control y su grado de cumplimiento.

Línea 2. Reducción de la presencia de R. okamurae

El foro considera que en los lugares en los que el alga se ha instalado desplazando a las comunidades autóctonas, es preciso llevar a cabo acciones para su reducción y potencial erradicación como un primer paso para la restauración de los ecosistemas dañados. Sin embargo, este proceso debe ser llevado a cabo con todas las garantías posibles para asegurar su efectividad, así como que no produce otros daños colaterales en el medio marino. Para ayudar a identificar medios técnicos y métodos que pudieran ser efectivos, el Foro se propone realizar las siguientes acciones:

Acción 2.1 Coordinar un taller entre empresas de base tecnológica, grupos de investigación y administración con la finalidad de discutir e identificar métodos posibles de recogida de biomasa y limitación de su presencia.

Acción 2.2 Coordinar la elaboración y presentación de una acción piloto en la que se testen alguno o algunos de los métodos potenciales de erradicación identificados en la acción 2.1.

Línea 3. Aumento del conocimiento científico.

La identificación de los factores que explican la proliferación del alga en nuestras costas requiere de un buen conocimiento de su ciclo biológico, de su fisiología y autoecología, su composición bioquímica y de sus interacciones con otras comunidades, tanto de macrófitos como de potenciales depredadores. Sólo con este conocimiento es posible diseñar planes efectivos para prevenir su expansión y acciones de remediación. El control de la biomasa del alga invasora debería estar asociado a la valorización de la biomasa, evitando en parte que ésta sea un residuo de difícil y costosa gestión. Los compuestos bioactivos de *Rugulopetryx okamurae* podrían tener aplicaciones agrícolas (compostaje, bioestimulantes), alimentarias, cosmeceúticas y/o energéticas, entre otras. Todo ello se haría aplicando el enfoque de biorrefinería y de economía circular. El conocimiento científico de la biología de esta especie es todavía muy limitado en comparación con el de otras especies de algas invasoras, lo que sin duda está lastrando la gestión de este problema. El Foro se propone fomentar la investigación sobre esta especie a través de las siguientes acciones:

Acción 3.1 Coordinar un encuentro científico entre los grupos de investigación e investigadores/as que conforman el Foro con el fin de resumir el conocimiento actual sobre la fisiología y autoecología del alga así como identificar líneas prioritarias de investigación.

Acción 3.2 Coordinar la elaboración y presentación de propuestas de proyectos de investigación para presentar a convocatorias competitivas.

Acción 3.3 Hacer llegar a los organismos competentes la necesidad de que se publiquen convocatorias abiertas de proyectos u otras acciones de investigación específicamente dirigidas al estudio del alga invasora.

Línea 4. Difusión y concienciación social del problema

El Foro considera que es necesario dar mayor visibilidad a toda la problemática asociada al alga; por su magnitud, el problema debe ser reconocido como uno de los principales retos ambientales a que se enfrenta nuestra sociedad y así debe constar en las agendas de los diferentes actores políticos y organismos encargados de la gestión de nuestro medio marino. Además, es preciso que el Foro articule mecanismos para dar a conocer el resultado de sus actuaciones, así como los documentos e información relevantes que vaya generando. Con estos objetivos, se realizarán las siguientes acciones transversales, que apoyarán el desarrollo de las acciones asociadas a las tres líneas anteriores:

Acción 4.1 Puesta a punto de una página web donde se recogerá información sobre las actuaciones, documentos producidos y noticias de actualidad que puedan ser relevantes para los objetivos propuestos.

Acción 4.2 Celebración de una primera reunión con todos los miembros del Foro en la que se discutirá y, en su caso, se aprobará con las modificaciones que se propongan el presente Plan de Acción.

Acción 4.3 Ronda de reuniones con administraciones competentes

Para desarrollar este Plan de Acción, el Foro se organizará a través de tres grupos de trabajo:

GT1. Grupo de Trabajo para incrementar el conocimiento científico del alga.

GT2. Grupo de Trabajo para el análisis de estrategias de mitigación y proyectos piloto.

GT3. Grupo de Trabajo para la evaluación del impacto económico y social del alga.

En principio cada grupo de trabajo desarrollará la respectiva línea de actuación de manera autónoma según el esquema descrito, si bien serán grupos transversales que trabajarán en coordinación con el resto de grupos, con los que compartirán e intercambiarán conocimiento y experiencias. Para favorecer este trabajo conjunto, la línea 4 será coordinada por el grupo promotor del Foro. Cada grupo contará con uno o varios coordinadores, que tendrán la función de dinamizar sus actuaciones y servirán de enlace con el grupo promotor.

Los miembros del Foro serán invitados adscribirse a uno de estos grupos de trabajo, que tendrán como primera tarea definir sus objetivos concretos dentro del marco de actuación descrito en este Plan de Acción. No obstante, esta estructura de trabajo así como el propio Plan de Acción, serán discutidos y fijados definitivamente en una Asamblea General de todos los miembros del Foro (Acción 4.2).

El Foro Alga invasora nace como foro abierto y promoverá la coordinación con cualquier otra iniciativa que tenga como objetivo la investigación y control de la especie invasora y junto con las administraciones competentes podamos contribuir a reducir el impacto ecológico y socioeconómica que la invasión de *Rugulopteryx okamurae* está produciendo.

Referencias

Altamirano, M., De la Rosa, J., Martínez Medina, J.J. (2016) Arribazones de la especie exótica *Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) I.K. Hwang, W.J. Lee & H.S. Kim (Dictyotales, Ochrophyta) en el Estrecho de Gibraltar: primera cita para el Atlántico y España. *Algas* 52:20.

Martínez-Grande, L. (2016) Estrategias de gestión de arribazones en las playas: aplicación al término municipal de la Línea de la Concepción. Trabajo de Fin de Grado, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz.

Molnar, J.L., Gamboa, R.L., Revenga, C., Spalding, M.D. (2008) Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Fronteries in Ecology and Environment* 6: 485-492.

Tirado, S. (2013) Capitán Salmedina. Santa Teresa Industrias Gráficas SA. DL CA 181-2013.

Ficólogos notables

Los casos de Miguel Miranda: Francisca Caballero, la algóloga

Past is a foreign country;
they do things differently there
Leslie Poles Hartley

Miguel Álvarez Cobelas, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Serrano 115 dpdo., 28006 Madrid, malvarez@mncn.csic.es

Estaba yo en mi despacho dándome feroces golpes contra R. La lucha era a vida o muerte. O él o yo. Estaba pudiendo él. Yo me veía muy mal, a la defensiva, hecho migas.

Sonó la puerta, asomó una cabeza y entró una mujer. Me miró con sus ojos castaños desde su pelo corto y cano. Dejé el maldito programa estadístico.

–Hola, buenos días, me llamo Doña Carmen Marple.

–Yo soy Miguel Miranda.

–Ya lo sé, por eso venía a contratarle.

–¿Contratarme, para qué?

–¿Cómo que para qué? ¿No es usted detective?

–Sí, lo he dicho mal, ¿para hacer qué?

–Para buscar a una persona.

–Muy bien, ¿cómo se llama? ¿Tiene usted una foto? ¿Cuándo desapareció?

–Desapareció hace setenta años, en 1950; se llamaba Francisca Caballero López. Y no, no tengo ninguna foto, no sé cómo era.

–¿Y por qué le interesa a usted? ¿Era de su familia? ¿Le debía dinero? ¿Se fugó con su marido?

–¿Qué se ha creído? Aunque soy guapa, no soy tan mayor. Y nada de eso, pero no es de su incumbencia. Si acepta el trabajo, usted limítese a buscarla; lo demás es cosa mía.

–¿Y qué me puede decir de ella? ¿Cómo sé qué aspecto tiene si no hay foto? ¿Estará viva o habrá muerto?

–Hombre, para eso le pago, para que se entere de todo eso.

–Muy bien, me alegro de que hayamos llegado a lo importante: la pasta. Cobro 200 euros diarios más gastos. Deme un adelanto de 400 euros ahora, para empezar. Y deme algo a lo que agarrarme, para tirar de algún hilo.

Fotografía tamaño-carnet de Francisca en su ficha universitaria de 1951, cuando solicita el título de Licenciada.

–Pues no es mucho lo que sé. Francisca trabajó en el Jardín Botánico de Madrid durante los años cuarenta, a las órdenes de Pedro González Guerrero. Publicó unos cuantos trabajos sobre algas en la revista del Jardín, el último en 1950. Desde entonces no se ha vuelto a saber nada de ella.

–¿Nada, nada?

–Nada.

–¿Cuándo quiere que empiece?

–Cuanto antes.

–Es que estoy con esto entre manos- le enseño la pantalla de mi ordeñador, llena de numerajos.

–¿Y a mí, qué? ¿Quiere el trabajo o no?

–Sí, sí, claro que lo quiero.

–Pues empiece de una puñetera vez, y déjese de bobadas.

La tal Doña Marple tiró cuatro billetes de 50 sobre mi mesa y salió calmosa y silenciosamente de mi antro.

–Quiero informes cada tres días –me dijo desde la puerta.

–Los tendrá.

Cerró mi puerta con suavidad y oí sus pasos leves, bamboleándose como un pesquero de bajura camino del ascensor.

Yo seguí a lo mío. Pero no me concentraba. El caso es que había oído hablar de la tal Francisca López hacía muchos años; creo incluso que había hablado con ella por teléfono. Pero la memoria, ese objeto tan femenino, es muy traicionera.

Hice un par de llamadas. La primera, a mi amigo Santos Cirujano, del Jardín. No estaba. Le puse un mensaje electrónico contándole el caso. Esa misma mañana me dijo que hablara con Esther García Guillén, la jefa del archivo. Concerté una entrevista con ella para el día siguiente.

El apellido Caballero me sonaba y no recordaba de qué. Luego, caí. Había un Arturo Caballero Segares, que había sido director del Jardín Botánico madrileño durante unos años, tras la guerra civil. ¿Serían familia? Busqué en infiernet, esa red tan pelma. Y sí, encontré cosas sobre él: su necrológica en 1950, alguna información sobre su hijo Arturo, que llegó a rector de la universidad de Barcelona. ¿Sería Arturo Caballero el padre de Francisca? ¿Sería su hermano el otro Arturo?

Le escribí a Amelia Gómez Garreta, encargada de nuestra agencia en Barcelona, pidiéndole que me buscará teléfonos de los hijos de Arturo Caballero hijo. Al día siguiente me contestó: “lo intentaré”.

La universidad de Barcelona tenía algunos datos sobre el hijo de Caballero, el cual había llegado allí a catedrático y rector. Nació en 1918, murió en 2004. Incluso publicó trabajos sobre el CO_2 y las plantas, adelantándose al asunto del cambio climático.

Escribí al archivo de la universidad Complutense (antigua universidad Central de Madrid), por si quedaba algún rastro del padre, que había sido catedrático allí durante más de 30 años. Quería saber si había datos de sus hijos en el expediente. Me atendieron al día siguiente, asegurando que lo intentarían. No he vuelto a tener noticias de ellos, y eso que he insistido; estarán desbordaos, aunque ellos no sepan muy bien con qué.

Me acerqué al archivo del Jardín Botánico. Allí, Esther y su ayudante Abel me fueron sacando todas las cajas donde había documentos del instituto en los años cuarenta y cincuenta, más de cuarenta, que

Francisca (la mujer de la derecha), con otras dos personas no identificadas (la de la izquierda parece su hermana Rosa) en la Serranía de Cuenca, cerca de Solán de Cabras en julio de 1941. Acompañó a su padre en esa excursión botánica, con herborización de fanerógamas incluida. Quizá en esa ocasión recolectara las algas de la laguna de El Tobar que figuran en su primer trabajo publicado. Caballero padre, director del Jardín Botánico entonces, iba con un fotógrafo profesional (Antonio Rodríguez Martínez) para que hiciera fotos de plantas, paisajes y, más raramente, personas. Cliché en vidrio, fotografía nº 241 del archivo del Real Jardín Botánico.

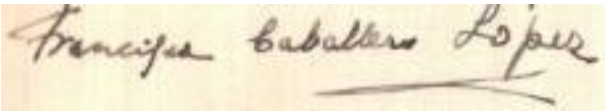
fui revisando como un poseso durante dos días. Eso sí, me obligaron a ponerme unos guantes de algodón para no tocar los documentos con las manos.

–Es que hemos fumigado el archivo el otro día –me dijo Abel.

La cosecha fue magra. Había algunas trazas de la presencia de Francisca en el Jardín, desde 1942, pero pocas. Sí, había trabajado en el Jardín. Sí, había emprendido una tesis sobre el fitoplancton del embalse de Santillana, en Madrid, pero no parecía haberla leído. Sí, había tenido una especie de beca durante algo más de un año para hacer la tesis, pero no sé quién se la pagaba. Sí, había sido nombrada ayudante del laboratorio de Ficología del Jardín, a las órdenes de Pedro González Guerrero, pero no supe todavía durante cuánto tiempo y cómo colaboró con el algólogo extremeño. En los trabajos de este nunca hubo una mención a Francisca.

Y todavía no tenía ni idea de que aspecto tenía ella. Tras la guerra civil, los científicos apenas se hacían fotografías y solo los más adinerados podían permitirse el verse acompañados al campo por un fotógrafo profesional, el cual luego revelaba las fotos en blanco y negro. Los negativos se guardaban en trozos rectangulares de vidrio. Vi algunas instantáneas con la referencia de los viajes de Arturo Caballero padre por la Serranía de Cuenca.

En una había tres mujeres posando sin naturalidad en una pendiente de Solán de Cabras, pero no estaban identificadas. En otra, vi a los Caballero, padre e hijo, al lado de un río de montaña de la zona de La Alberca (Salamanca). Pero no conseguí ninguna fotografía donde pudiera identificar a Francisca.



La firma de Francisca, en 1952.

Amelia Gómez Garreta me contestó que le habían dicho que Francisca había sido amiga de Carlos Bas, un oceanógrafo catalán, probablemente muerto ya. Por Josep Vigo, otro profesor, supo que la esposa de Arturo Caballero hijo, Montserrat Bassedas, había trabajado en el departamento de Zoología de la universidad de Barcelona. Del rectorado barcelonés aún no tenía noticias. Contaba también que quizá Joan Vallés, un profesor de su departamento interesado en la historia de la Farmacia, quizá supiera algo, pero estaba de viaje y no se lo podía preguntar todavía.

Me puse en contacto con un antiguo conocido, Antonio González Bueno, con quien había coincidido yo en el departamento de Botánica de la facultad de Farmacia madrileña a finales de los ’70. Antonio era profesor en la facultad y llevaba años dedicado a la historia.

–Sí, me acuerdo de ti, eras un tipo alto y delgado. Conseguí no hacer una broma antigua y algo botánica[8], que a menudo me pierde tanta literatura, y le conté mis pesquisas.

–Hay una tesis doctoral sobre las mujeres en la facultad de Farmacia –me dijo– y la semana próxima bajaré a la secretaría, a ver si queda su expediente académico.

–Muchísimas gracias, Antonio.

La cosa se le iba a poner en un pico a Dª Carmen Marple, si la investigación tenía que durar una semana. Normalmente, mis casos se acababan en tres o cuatro días, estancia en el calabozo incluida por insolentarme con la autoridad[9]. Este caso, mucho menos violento (esperaba yo), iba a tardar mucho más en resolverse. Es lo que tienen los casos de papeleos, cuando no se puede interrogar a ningún conocido de la persona desaparecida.

Dos días más tarde estaba yo en mi despacho mirando a las musarañas del techo. Habían crecido unos hongos en una esquina gracias a una filtración de agua desde el piso de arriba, y me tenían muy entretenido. Sonó el teléfono.

–Hola, soy la señora Marple; ¿aún no sabe nada de Francisca Caballero? No me ha mandado ningún informe –dijo muy seria.

–Sé muy poco, Doña Carmen; este caso un hueso duro de roer, parece como si se la hubiese tragado la tierra –contesté contrito.

–Pues mueva más el culo, que para algo le pago –y colgó.

Yo no sabía qué más podía hacer. Había lanzado todos mis anzuelos. No sabía de nadie que hubiese conocido a la Caballero en persona. No sabía siquiera qué cara tenía. Y, para colmo, seguía obsesionado no con la mujer, que eso ya no me lo permite la edad, sino con el maldito programa R, a quien todo dios confunda.

Dormía mal, me movía sin ganas por Madrid, los copazos que me tomaba en cualquier tugurio me sabían a matarratas, y el caso Caballero no llevaba trazas de cerrarse.

[8]Miranda, que se cree duro, en además es algo pedante y cursi. Las estrofas cantan *“como tu madré, morená, saladá/que al tronco salé, morená, saladá”*.

[9]Sí, Miranda es un poco bocazas, y así le va.

Al quinto día, recibí un mensaje de Antonio González Bueno, con una imagen del expediente de licenciatura de Francisca, el cual ¡milagro! llevaba una foto de carnet incorporada. Gracias al expediente, redactado en 1951, pude saber: 1º) que había nacido en 1912, 2º) dónde vivía en los ’50, y 3º) que acababa de solicitar el título de licenciada en Farmacia. O sea, que había estado trabajando más de diez años en el Jardín Botánico, con becas y contratos, y sin ser licenciada. Conocía, además, todos sus trabajos publicados, que incluían traducciones del alemán. Pero seguía sin saber qué había sido de Francisca después de aquella fecha.

Al cabo de unos días, me llama Amelia.

-Miguel, soy Amelia, ¿qué tal estás?

-Estupendamente, gracias; un poco entretenido con lo del independentismo de ahí.

–Bueno, te cuento: he hablado con Mercé Durfort, que fue amiga de la cuñada, o sea, de la mujer de Arturo, el hermano de Francisca Caballero.

–Ah, sí, ¿y?

–Nada, que ha quedado en hablar con la hija de Arturo, Montserrat, y ya te dirán.

–Gracias, Amelia.

–De nada. Por aquí empiezan a hablar de no sé qué virus malísimo.

–Pues sí, aquí también. ¡Cuídate!

–Lo mismo digo. ¡Adios, un beso!

-Muchas gracias. Más besos y hasta la próxima.

Una semana más tarde me escribió Durfort, dándome la dirección electrónica de Montserrat Caballero, la sobrina de Francisca, a la cual le envié inmediatamente un mensaje.

Me contestó dos días después. Sí, su tía era Francisca y no, casi no sabía nada de ella porque la trató poco y ya había muerto. Pero quedaban dos hermanas vivas en Madrid, una de 104 años y la otra de 97, y ella iba a verlas con frecuencia desde Cambrils, donde vivía, aunque trabajaba en Tarragona capital. Cuando fuera la próxima vez, les preguntaría más cosas sobre su hermana.

Al cabo de unos días, me volvió a escribir, diciéndome que iba a venir a Madrid a comienzos de marzo, que vería a sus tías y que entonces ya me contaría más cosas. Por mi parte, le contesté que estaría bien que nos viésemos en persona, que resultaría menos frío, y que le mandaba lo poco que yo sabía de su tía Francisca por si eso la ayudaba.

Cuando se acercaba la fecha, me envió su número de teléfono móvil y el del fijo de sus tías.

–Señor Miranda, llámeme durante los días en que esté en Madrid y a ver si mis tías quieren recibirle. Están muy mayores, pero Rosa, la mayor, tiene todavía muy bien la cabeza.

Entretanto, se había desencadenado una histeria colectiva por un coronavirus llegado de China e Italia, el cual amenazaba con acabar con la mitad del empleo en Madrid y con unas cuantas vidas[10]. Se veían cada vez más personas por la ciudad armadas de mascarillas y guantes, aunque los médicos ya habían dicho que no servían de nada contra el bicho. La cantidad de bulos y el miedo crecían más a lo loco que la propia infección. Los consejos sanitarios, también, uno de los cuales era que había que lavarse las manos con frecuencia y exhaustivamente. En todos los sitios por los que pasé esos días, como sabían que yo además de detective era biólogo, me preguntaban por el virus. Yo daba mi opinión, más sobre el miedo, la política nacional e internacional y la estupidez humana que sobre el virus en sí. No me creían, nunca lo hacen, pero ya me voy acostumbrando.

Llamé a Montserrat. Me dijo que al día siguiente las hermanas Caballero me invitaban por la tarde a su casa, en la calle Don Ramón de la Cruz, en pleno barrio de Salamanca. Y allí me planté, a las seis. Me abrió la propia Montserrat.

–No sé si darnos la mano –dijo– ¿o quiere lavárselas?

–Mejor nos damos la mano –contesté.

Me llevó por un pasillo largo, en L, hasta una habitación que daba a la calle, hacia el sureste, por donde entraba una luz ambarina y donde estaban

[10] Luego fueron muchas más, por la gran ignorancia del novedoso asunto y, lo que fue peor, la mala gestión del problema por la mayoría de los gobiernos. Eso sí, todo el mundo, estuvo transmitiendo y padeciendo cantidades industriales de miedo.

sentadas dos mujeres muy mayores que me miraron con curiosidad.

–Esta es mi tía Rosa, tiene 104 años –dijo Montserrat señalando a una mujer delgada, de pelo más bien corto y canoso– ha sido catedrática de matemáticas en Huelva, Málaga y Madrid, aquí en el instituto Joaquín Turina.

La señora me dio la mano.

–Y esta es mi tía Rufina, de 97 años –prosiguió la sobrina, apuntando a una mujer todavía rubia, con el pelo más largo y una cara muy simpática y sonriente.

También me dio la mano.

Me hicieron sentar en una silla, al lado de una mesita camilla, para que yo pudiera escribir. Enfrente de mí, sobre otra mesita había una bandeja con pasteles, unos vasos oscuros y una botella de Oporto.

Les conté que me habían pedido que investigara la vida de Francisca, su hermana. Ellas me miraban inquisitivas. Montserrat iba repitiendo mis palabras.

–Es que Rosa, la mayor, está algo sorda, pero le encantan los sudokus, sigue haciéndolos con su edad y todo –dijo y fue contándome otros pormenores de la familia y de la tía Francisca, a quien llamaban Paquis– nunca se casó, yo la traté poco; dejó el Jardín Botánico porque su madre se había quedado viuda y tenía una hermana con síndrome de Down, la tía Mari; vivían las tres en esta casa y ella las cuidaba. Aunque se hizo boticaria y tuvo una farmacia, como Pilar, su hermana mayor, nunca le gustó el oficio. Mi tía Rufina fue funcionaria; la tía Dolores, química. Y lo de mi padre, ya lo sabe. Sí, todas las hermanas hicieron una carrera, su padre les dejó que estudiasen lo que quisieran y todas estudiaron. Ninguna se casó…

Yo puse cara de panoli. Estaba cada vez más interesado.

–Bueno, yo tampoco –dijo Montserrat.

–Yo, tampoco, si a eso vamos –repliqué yo.

–Los que a mí me gustaban, yo no les gustaba y al revés –apostilló la sobrina.

Yo escribía atropelladamente, a toda velocidad, pero me resultaba difícil recogerlo todo y le pedí que fuera más despacio. Rufina quería intervenir, empezaba a hablar, pero no le salía bien, se ponía nerviosa, y sonreía, sonreía mucho.

Su hermana Rosa, la matemática, decía de vez en cuando: “¡qué deprisa pasan los años!”.

–Tome, tome unos pasteles –me dijo Montserrat, poniéndome algunos en un plato después de haber servido a sus tías. También me sirvió un poco de vino en el vaso y prosiguió hablando de su familia, del abuelo Arturo, de la tía Paquis...

–Mis tías no recuerdan mucho y yo tampoco. Hemos encontrado una foto de Francisca, esta de aquí –y me mostró una en blanco y negro donde estaban Francisca, haciendo un crucigrama, y su madre Rufina, sentada a su lado– se la hicieron en Cambrils, donde veraneaban.

–¿Saben por qué se dedicó Francisca a las algas?

–Pues creemos que fue cosa de su padre; él se dio cuenta de que la tía Paquis era muy observadora y que manejaba bien las lupas y los microscopios. Pensó que le podía gustar ese trabajo y ella se fue aficionando…

–¿Y cómo se llevaba Francisca con su jefe, con González Guerrero? –pregunté.

–Ay, de eso no sabemos nada. Una vez ella me dijo que le gustaba mucho eso de las algas, pero no he sabido más de eso y mis tías no se acuerdan.

Y Montserrat siguió contándome cosas sobre el abuelo Arturo, el padre de Francisca, sobre las tías y sus trabajos, las cuales asentían, sobre un sobrino rapero que vive en Bélgica y tiene mucho éxito. Yo escribía, escribía y, de cuando en cuando, preguntaba.

–No le estamos dejando comer –se lamentaba Montserrat.

–No se preocupen –decía yo, mientras seguía emborronando mi libreta de detective.

Al cabo de un rato, la sobrina notó que sus tías estaban inquietas y cansadas y dio por terminada la entrevista. Les di las gracias y, al ir a despedirme, Rosa se incorporó de su sillón y, encorvada, me dio la mano, aunque yo le suplicaba que no se levantase. Rufina, que seguía sonriendo todo el rato, me dijo: “perdone que no me levante, solo puedo hacerlo apoyada en el taca-taca”. Las dos hermanas de Francisca me dieron las gracias por mi trabajo.

Montserrat me acompañó a la puerta y salí al atardecer velazqueño.

Pasaron dos semanas. No logré averiguar nada más sobre Francisca Caballero. Sí, en las novelas policiacas siempre aparecen los documentos, siempre se sabe quién es el asesino, siempre se encuentra al desaparecido o se constata que ha muerto, siempre se llegan a conocer los motivos de unos y otros para asesinar, para morir o para desaparecer. En la vida real, no.

Envié mi informe y mi minuta a Doña Carmen Marple.

Se presentó iracunda en mi despacho a la mañana siguiente. Dando un manotazo en mi mesa, que hizo saltar asustadísimos a todos los ácaros del polvo acumulado, me espetó:

–No le pago, es usted un inútil, no ha conseguido averiguar casi nada, ¡qué detective tan estúpido! Quédese con el anticipo, pero no le pago nada más. A mí me interesaba saber más cosas de la relación entre Francisca y González Guerrero, un tipo desagradable que se trató con mi padre –gritó muy enfadada– y usted no ha averiguado nada de eso, nada.

Y se largó, dando un portazo.

No la volví a ver. Fue una lástima porque, en realidad, me gustaba. Mucho.

Informe sobre Francisca Caballero López

Esta señora nació en 1912 y falleció en 2008 en Madrid. Era la segunda hija de Arturo Caballero Segares y Rufina López Guerrero, los cuales tuvieron siete hijos: Pilar, Francisca, Rosa, Arturo, Dolores, Rufina y María. En el Anexo se aportan las biografías breves de los tres Arturos de la vida de Francisca (padre, hermano y un sobrino-nieto), los personajes más públicos de la familia.

Desde muy pronto, el padre realiza muchas excursiones con su mujer e hijos por los alrededores de Madrid, donde les insufla su interés por la naturaleza y juegan con arcos y flechas. Incluso, en una ocasión, se encuentran a un naturista desnudo en El Pardo cuando iban imitando a los indios. Pasan dos o tres meses de verano en El Escorial, donde hacen mucho picnic, visitando a menudo Robledo de Chavela. Todos los hijos estudian en el colegio alemán y la mayoría, excepto una (María) que padece el síndrome de Down, cursa una carrera universitaria, pues su padre permitió y tuvo los medios para que todos estudiaran lo que quisieran. Así, Pilar, la mayor, se hace farmacéutica (al igual que Francisca) y tendrá una farmacia en la Puerta del Sol de Madrid y la venderá más adelante; Rosa, la predilecta de su padre, estudiará matemáticas y llegará a catedrática de instituto, ejerciendo en Huelva, Málaga y Madrid; Dolores se hará química y trabajará en una fábrica, aguantando a un mal jefe, pero más adelante, cuando cierre la fábrica, también se hará cargo de la farmacia de Francisca, junto con Pilar; de Arturo hijo se hablará más abajo; y Rufina será funcionaria de la Administración del Estado. Ninguna de las mujeres se casará.

Francisca obtiene su título de Bachiller en 1932. Antes de la guerra civil, su padre –que trabajaba en el Jardín Botánico y era catedrático de Botánica en la universidad Central de Madrid– se dio cuenta de que Francisca era una persona muy observadora, detallista y con habilidad para la microscopía y la orientó hacia el estudio de las algas. Así, ella empezó sus estudios sobre el fitoplancton del embalse de Santillana en Madrid, poniendo un filtro en el grifo de su casa, que recibía el agua desde el pantano, y retirándolo semanalmente para ver luego al microscopio las algas retenidas en el filtro.

Aunque su padre fue evacuado a Valencia en algún momento de la guerra, no se sabe dónde pasó Francisca la guerra civil, pero en 1940 estaba en Madrid. El 25 de mayo de ese año entró a trabajar en el Jardín Botánico, sin remuneración, a las órdenes de Pedro González Guerrero, el cual tenía allí un laboratorio de Ficología. El 31 de enero de 1941 se le concede una beca de seis meses, cobrando 250 pesetas mensuales, y hay constancia de que le fue renovada en dos o tres ocasiones, pero no queda claro quién la pagaba (¿el ministerio de Educación Nacional? ¿los fondos propios del Jardín?). El 1 de Julio de 1942, Pedro González Guerrero comunica al director del Jardín que Francisca ya tiene todos los resultados para su tesis doctoral y que solo le queda escribirla y presentarla. Nunca lo hará. En su oficio, el jefe del Laboratorio de Ficología asegura que “la Excma. Srta. Caballero

ha trabajado con aprovechamiento y que domina la bibliografía de la especialidad". Propone que sea nombrada Ayudante del dicho Laboratorio.

El 8 de julio de 1942 es contratada como ayudante para el laboratorio de Ficología, cobrando 4500 pts anuales de sueldo. Desde 1950 recibe 8000 pts al año. Se ignora quién paga ese dinero porque su nómina no aparecerá nunca entre las de los empleados del Jardín. Allí seguirá hasta 1955 cuando, a petición propia, abandone el Jardín Botánico. Tiene entonces 43 años. Nunca publicará nada con González Guerrero, ni este la citará en sus trabajos, aunque es cierto que entonces no había costumbre de poner agradecimientos en ellos. Verosímilmente, conocerá a Concepción Méndez Domingo, otra doctoranda de González Guerrero, que trabajaba sobre las algas marinas de Torrevieja y pasó un año en la universidad Pierre et Marie Curie de Paris, con Jean Feldmann.

Francisca obtuvo su título de bachiller en 1932 y el de licenciada en Farmacia en 1951. Desde 1939 vivía con sus padres y hermanas en la calle Don Ramón de la Cruz (barrio de Salamanca), cerca de la calle de Príncipe de Vergara (llamada entonces General Mola). Antes de la guerra, habían vivido en la calle Gaztambide (barrio de Moncloa) y después sucesivamente en la colonia Iturbe (barrio de El Viso) y en la calle Conde de Peñalver (barrio de Salamanca). Tras la guerra, pasan los veranos en Cambrils (Tarragona) porque la familia de su madre Rufina era de allí, pero dejaron de ir hace unos 20-25 años.

Entre 1942 y 1950 Francisca publica cinco trabajos sobre algas de agua dulce en los Anales del Jardín Botánico, y la traducción del alemán de un estudio sobre Diatomeas (véanse los Anexos bibliográficos). En 1951 logra el título de Licenciada en Farmacia por la universidad Central de Madrid. Nunca acabará su tesis doctoral, pero parece que lo pasó bien estudiando las algas. En algún momento, pondrá una farmacia en la calle Marqués de Viana (barrio de Tetuán), pero el trabajo no le gusta y la botica pasarán a regentarla sus hermanas Dolores y Pilar.

El 5 de octubre de 1955 Francisca envía una carta al director del Jardín Botánico, Salvador Rivas Goday, comunicándole que "por incompatibilidad con otras ocupaciones ha de cesar en su trabajo". Verosímilmente, deja la investigación para hacerse cargo de su madre Rufina, viuda por entonces, la cual fallece en 1975, y de su hermana María (Mari), que tenía síndrome de Down. No volverá a trabajar con algas nunca más.

Francisca era una mujer delgada, morena y de rasgos algo angulosos, como muestran las pocas fotografías existentes (Anexo fotográfico). Le encantaban los crucigramas. Mientras estuvo en activo, acompañó a su padre y a su hermano a los muestreos y herborizaciones por Cuenca y la sierra de Gredos.

Hasta aquí, los hechos.

Interrogarse y especular sobre cualquier cosa es barato y siempre arriesgado, pero ahí van las cuestiones que le sugieren a este detective los pocos datos sobre Francisca Caballero: ¿cómo eran las relaciones con su jefe, González Guerrero? ¿Por qué este nunca la mencionó? ¿Por qué no publicó Francisca más estudios, ni propios ni traducciones? ¿Qué pensaba de la Ficología? ¿Llegó a aburrirse de ella? ¿Se sentía mal pagada? ¿Por qué no leyó su tesis doctoral, si la tenía escrita? ¿Por qué no llegó a ser investigadora del Jardín Botánico?

Investigaciones algológicas de Francisca

Su primer trabajo publicado fue el estudio sobre las algas de la Serranía de Cuenca (Caballero, 1942), el cual procede de material tomado en 1941 y 1942. Es, también, un mero estudio de identificación y descripción de especies. Sin embargo, las especies que cita Francisca permiten sugerir para fecha tan temprana unas condiciones eutróficas para la laguna de El Tobar, entonces rodeada de cultivos.

El fitoplancton del embalse de Santillana (Madrid), propiedad de la empresa Hidráulica de Santillana, años más tarde absorbida por el Canal de Isabel II, fue objeto de su segundo estudio publicado (1944a). El trabajo es un lista de especies con descripciones más o menos detalladas y dibujos, en el cual describe una especie nueva (véase el anexo), hoy en día admitida como especie "buena" por el repositorio de Internet AlgaeBase.

Supuestamente, este trabajo constituiría su tesis doctoral, pero nunca la presentó.

También ese año publicó el primero de sus dos estudios sobre las algas de Gredos (Caballero, 1944b). Las muestras fueron recolectadas por su padre y verosímilmente por ella. El estudio estuvo de nuevo enfocado hacia la identificación y descripción de especies, y se vio completado por una segunda parte, publicada en 1950.

En 1947, Francisca vierte al castellano desde el alemán un trabajo del algólogo sueco Sten Wiedling sobre la reproducción asexual de las Diatomeas, el cual también se publica en los Anales del Jardín Botánico.

Las excursiones botánicas de los Caballero padre e hijo por las sierras occidentales del sistema Central proporcionan más material a Francisca, la cual –en 1947– realiza un estudio muy detallado de una nueva especie de la Zygnematal *Mougeotia*. Dicha especie sigue considerándose "buena" en el repositorio AlgaeBase y no ha sido sinonimizada aún.

En mi opinión, Francisca hacía mejores estudios algológicos que los de su jefe, Pedro González Guerrero, cuidando más los dibujos –que realizaba con cámara clara– y con mucha menos verborrea. Los trabajos eran claramente taxonómicos, y sugieren que hubiese llegado a ser una gran algóloga. Parece verosímil que conociera a Ramón Margalef por dos motivos al menos: 1º) este publicó un trabajo sobre Cianofíceas en los Anales del Jardín Botánico durante los años '40; y 2º) la mujer que luego se casaría con su hermano Arturo, Montserrat Bassedas, realizaba estudios sobre crustáceos de agua dulce en los años cuarenta en la facultad de Ciencias de Barcelona y en el micromundo de la biología catalana de post-guerra (Font Quer, Bolós, Margalef, García del Cid, Prevosti…) todos estaban muy relacionados.

Anexo: los famosos de la familia Caballero

Arturo Caballero Segares

Nació en Cenicero (La Rioja) en 1877, donde su padre era molinero y le ayudaba con el burro para transportar la harina; el abuelo materno era de origen gallego. El maestro del pueblo se dio cuenta de la valía de Arturo y el molinero le envió a estudiar el bachillerato a Madrid. Después, acudió a la universidad Central, donde se licenció en Ciencias en 1898 y doctoró en 1910 con una tesis cuantitativa sobre la morfología de las hojas. En 1906 fue nombrado jefe de Herbarios del Real Jardín Botánico madrileño. En 1913 logra la cátedra de Fitografía y Geografía botánica en la universidad de Barcelona. Regresa a Madrid al sacar una cátedra en la universidad Central en 1923. En los años de la II República realiza una serie de excursiones botánicas por la Serranía de Cuenca, que prolongará al término de la guerra civil y darán lugar a numerosas publicaciones sobre flórula fanerogámica. También publicará trabajos sobre hongos. Y hará la primera traducción al castellano del Tratado de Botánica de Strasburger en 1923 a partir de la vigésima edición alemana.

Caballero padre, además, investigó sobre las algas. Durante la primera mitad del siglo, el paludismo era un grave problema sanitario en muchas partes de España. Hubo muchos intentos de combatirlo y a Caballero se le ocurrió que las Caráceas inhibían el desarrollo de las larvas de mosquito, vectores del protozoo que causaba la enfermedad. Realizó varios trabajos experimentales sobre el tema (1919, 1920, 1921a, b, 1922a, b, 1924), pero lo abandonó hacia la mitad de la década.

Evacuado forzosamente a Valencia en 1937, Caballero había regresado a Madrid a comienzos de 1939 y, antes de la derrota, la República lo nombra director en funciones del Jardín Botánico, tras la marcha al exilio de José Cuatrecasas, director del mismo durante la guerra. Los vencedores preservan a Caballero como director en funciones del Real Jardín Botánico el 12 de mayo de 1939[11]. El 14 de

[11]Dicha institución dependía entonces del Instituto de España, el cual había sido fundado en Burgos en 1937 por los sublevados.

noviembre de 1939 es designado como juez en "la instrucción de expedientes nuevos y de reapertura e incidencias de los existentes" para la depuración del profesorado universitario "rojo", trabajo que comparte –entre otros– con Fernando Enríquez de Salamanca (médico) y Gregorio Rocasolano (químico). Ignoro cuándo acaba sus trabajos la comisión, pero Caballero pone su granito de arena para la depuración de varios catedráticos y, especialmente del botánico Cuatrecasas, el cual ya no volverá a España. Paralelamente y aunque no conozco nada sobre su actividad política anterior a la guerra, el Juez Instructor M. Ramón le aplica un procedimiento de responsabilidades políticas el 16 de Abril de 1940, por si hubiera colaborado con el régimen republicano en algo considerado punible por los facciosos.

El 29 de abril de 1940 el juez depurador de funcionarios para el recién nacido CSIC[12] confirma que Arturo Caballero es "afecto al régimen del Glorioso Movimiento Nacional" y está exento de responsabilidad alguna; el botánico es rehabilitado totalmente el 7 de junio del mismo año. Poco después, es confirmado como Director del Real Jardín Botánico.

Nuestro hombre continúa realizando excursiones botánicas por distintas zonas del sistema Central y en la serranía de Cuenca durante toda la década, acompañado a menudo por algunos de sus hijos, Francisca incluida, y publicando bastantes trabajos sobre flora fanerogámica. Muere en 1950.

Bibliografía sobre Algas, publicada por Arturo Caballero Segares

1919. La *Chara foetida* A. Br., y las larvas de *Stegomyia, Culex* y *Anopheles*. *Boletín de la Real Sociedad de Historia Natural* 19: 449-455.

1920. El paludismo es un problema resuelto. *Revista de Higiene y Tuberculosis* 13 (148): 209-210.

1921a. Las especies del género *Chara* y las larvas de los mosquitos. *Anales del Instituto General y Técnico de Valencia (Trabajos del Laboratorio de Hidrobiología Española, 10)* 7 (29): 17 pp.

1921b. Profilaxis del paludismo por el cultivo de las algas Caráceas. *Anales de la Universidad de Valencia* 1 (4): 330-341.

1922a. Nuevos datos respecto a la acción de las *Chara* en las larvas de los mosquitos. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 22: 61-64.

1922b. Otras especies larvicidas del género *Chara*. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 22: 418-421.

1924. Datos carológicos. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 24: 247-251.

Arturo Caballero López

Nace en 1918 en Madrid. Se licencia en Ciencias Naturales en 1942 por la universidad Central. Luego, comienza a trabajar en fisiología vegetal en el Jardín Botánico de Madrid con su maestro Florencio Bustinza, pero no realiza ningún estudio con algas. Su tesis doctoral, leída en la misma universidad en 1947, versa sobre la fisiología de las fitohormonas. El 31 de marzo de 1947 lo nombran jefe del Laboratorio de Fisiología del Jardín y el 6 de marzo de 1948 saca la oposición de conservador del herbario del Jardín. Gana una cátedra de fisiología vegetal en la facultad de Ciencias de la universidad de Barcelona en 1949. Se casa en 1957 con Montserrat Bassedas Ardévol, profesora en la Facultad de Ciencias de la universidad de Barcelona y tienen dos hijos (Montserrat y Arturo). Rector de dicha universidad desde 1971 a 1973, se jubila en 1987. Fallece en 2004.

Artur Caballero Mañas

Nace en 1988 en Barcelona. Nieto del anterior y bisnieto de Arturo Caballero Segarés, sería por tanto sobrino-nieto de Francisca Caballero. Reside en Bélgica donde ejerce como rapero, cantando en el francés de allí y haciéndose llamar **Caballero** a

[12]Este ente había conseguido eliminar al Instituto de España de la competición por la ciencia española y, además, heredado los bienes de la Junta de Ampliación de Estudios, principal organismo rector de la ciencia española desde comienzos del siglo XX.

secas. Debe tener bastante éxito porque su canción *Californie* (https://m.youtube.com/watch?v=sirIw5ODpcE) en dueto con un tal JeanJass ha tenido ya casi 9 millones de descargas.

Agradecimientos

Este estudio se suscitó durante varios veranos que pasamos Carmen Rojo y yo en El Tobar, pequeña pedanía situada en la Serranía de Cuenca, cercana a la laguna del mismo nombre. El interés, más bien lúdico, de Carmen por la laguna me estimuló a buscar estudios sobre dicho ecosistema. Entonces, comprobé que los primeros datos sobre sus algas los publicaba Francisca Caballero en los Anales del Jardín Botánico en 1942.

Esther García Guillén, jefa del archivo del Real Jardín Botánico (CSIC), me ha permitido "bucear" en dicho archivo, incluyendo el material fotográfico; además, encontró y me proporcionó los escasos datos sobre Francisca existentes en el archivo administrativo del Jardín, añadiéndome la necrológica de Antonio Rodríguez (fotógrafo de Arturo Caballero Segares) como propina. Abel Blanco Asenjo me ayudó con el tráfico de las cajas de documentos y luego me envió imágenes de fotografías donde podría aparecer Francisca.

Antonio Isacio González Bueno, profesor en la Facultad de Farmacia de la UCM, consiguió la ficha universitaria de Francisca Caballero y me la hizo llegar, junto con bibliografía sobre las mujeres estudiantes de Farmacia (tesis doctoral de Guillermo Reparaz, 2015).

Amelia Gómez Garreta, profesora en la Facultad de Farmacia de la UB y delegada de mi agencia de detectives para todas las Cataluñas, buscó información catalana sobre la familia Caballero. El hermano de Francisca, Arturo, figuró en su tribunal de oposición como profesora universitaria en los años ochenta.

Montserrat Caballero Bassedas, sobrina de Francisca e hija de Arturo Caballero López, me presentó a sus tías Rosa (104 años) y Rufina (97); con las tres pasé una tarde muy agradable en su casa de Madrid. Fue Montserrat quien, buceando en los recuerdos de las hermanas, me completó el cuadro familiar y me dio las informaciones más interesantes sobre la poco conocida vida de Francisca.

Bibliografía publicada por Francisca Caballero López

Caballero, F. (1942) Contribución al conocimiento de la flora algológica de España. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 3: 299-320.

Caballero, F. (1944ª) Algas de las aguas de Santillana. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 5: 333-344.

Caballero, F. (1944b) Algas del Macizo de Gredos. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 5: 345-364.

Caballero, F. (1947) Una "*Mougeotia*" nueva, de Guadalupe. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 8: 285-295.

Caballero, F. (1950) Algas del Macizo de Gredos (Segunda parte). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 10: 231-260.

Wiedling, S. (1947) Aportaciones al conocimiento de la multiplicación vegetativa de las Diatomeas. *Anales del Jardín Botánico* 8: 131-167. [traducción de Francisca Caballero]

Otra bibliografía consultada

Álvarez Cobelas, M. Gallardo, T. (1985) Pedro González Guerrero, *in memoriam*. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 42: 3-7.

Álvarez López, E. (1951) Don Arturo Caballero Segares (Noticia biográfica y literaria). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 10: 5-24.

de Atauri, T. (1953) Tratado de Botánica de Strasburger. *Munibe* 5 (4): 277-278.

Claret Miranda, J. (2006). El atroz desmoche. La destrucción de la universidad española por el franquismo. Crítica. Barcelona. 523 pp.

Lowenthal, D. (1998) El pasado es un país extraño. Ediciones Akal. Madrid. 683 pp.

Muñoz Garmendía, F. (1996) *In memoriam*. Antonio Rodríguez Martínez (4-I-19007/27-IV-1995). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 53: 3-4.

Reparaz, G. (2015) Bases de datos para el estudio de la mujer en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Madrid en la España autárquica (1938-1959). Tesis Doctoral. Universidad Complutense. Madrid. 506 pp.

https://crai.ub.edu/sites/default/files/imatges/Colleccions/Arturo_Caballero/cv_caballero.pdf

Documentos de archivo consultados con información sobre la familia Caballero

Caja nº 6 del Archivo fotográfico del Real Jardín Botánico (CSIC).

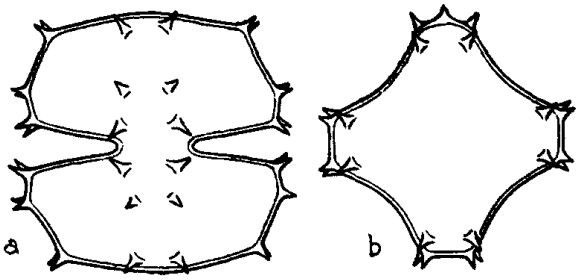
Expediente laboral de Francisca Caballero López, en el mismo Archivo.

Documentos impresos (a veces, existe el número de entrada; a veces, no) en dicho Archivo: 103/11 (entrada 11), 103/16 (e. 49), 103/17 (e. 60), 103/17 (e. 69), 103/24 (e. 90, 92, 94, 104), 103/26 (e. 100, 125), 103/36 (e. 125, 153) 104/2 (e. 158), 104/8 (e. 84), 104/8 (e. 184), 123/3, 129/7, 131/2, 131/4, 131/5 y 131/9.

Archivo de la Facultad de Farmacia, de la Universidad Complutense de Madrid: Solicitud del título de Licenciado por Francisca Caballero (1952, doc nº 308).

Las dos nuevas especies de algas descritas por Francisca

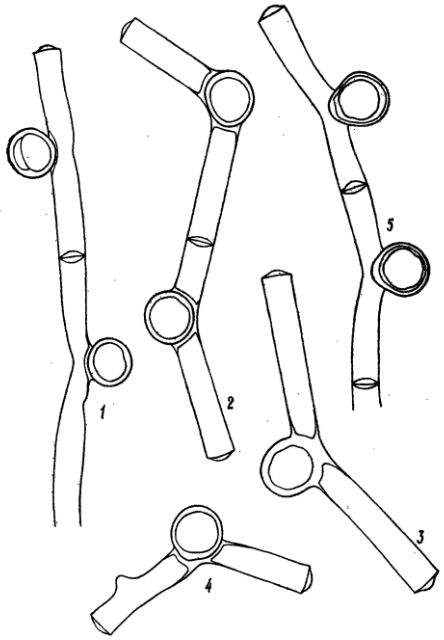
Staurastrum santillanae F. Caballero 1942



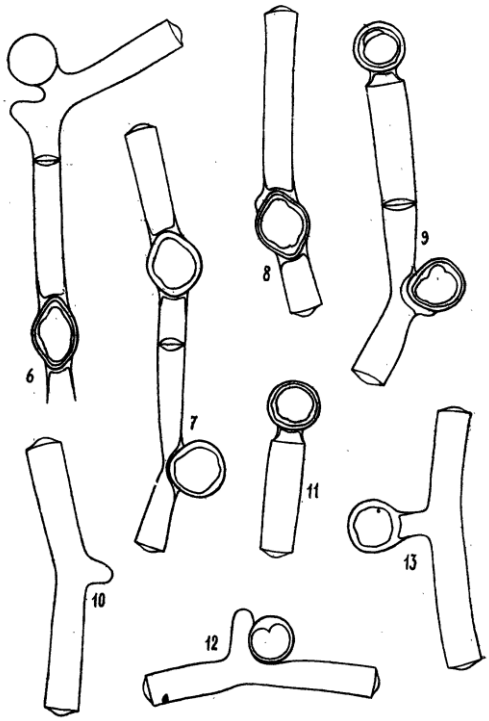
Cellula parva membrana laevi circa 26 µ longa, 27-29 µ lata; haemisomis trapezoidalibus basi ad apicem sursum conctractis e costis convexis leviter angulis 2- (raro) 1- spinosis, spinis triangularibus brevibus; sinu haemisomarum longo extus gradatim ampliato ángulo subobtuso, isthmo circa 8 µ lato. Cellula verticaliter visa quadrangulare e costis concavis angulis subconcavo-truncatis, exaspinosis spinis geminis quarum 4 subsuperpositis ab intus 2 intructis.

Habitat in aquis Santillana dictis prope Matritense urbe ubi legi raro, 24-XII-1933.

Mougeotia guadalupensis F. Caballero 1947



Mougeotia guadalupensis sp. nov. — Distintos aspectos de los filamentos y de la inserción de las partenosporas en las células. (Aumento: 750x).



Mougeotia guadalupensis sp. nov. — Figs. 6, 7 y 8, con partenosporas elipsoideas ; figs. 9 y 11, con partenosporas en el extremo de la célula; fig. 10, célula con papila; fig. 12, disposición de la partenospora a un lado de la papila; fig. 13, partenospora pedicelada. (Aumento: 750x).

Ficogastronomía

Alexis Soyer, un chef solidario que utilizó algas en algunas de sus recetas

José Lucas Pérez Lloréns. Área de Ecología. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. joselucas.perez@uca.es.

En este número del boletín ALGAS voy a reproducir un par de antiguas recetas que contienen algas como ingredientes. Las he extraído en el libro 'Soyer´s Charitable Cookery: or the Poor Man´s Regenerator' (1848) escrito por el extravagante (siempre llevaba una boina roja) chef francés Alexis Soyer Benoit (1810-1858) (Fig. 1). Este personaje, que trabajó como cocinero para la flor y nata de la sociedad londinense (sirvió el desayuno a la reina Victoria el día de su coronación en el 'Reform Club'), fue pionero en la creación de comedores sociales (¿el precursor de José Andrés con su ONG 'World Central Kitchen'?) en el 'East End' londinense, en los mismos paupérrimos lugares donde Jack el Destripador camparía a sus anchas unos años después (Calpena, 2019; Pérez-Lloréns, 2020).

Preocupado por la hambruna irlandesa de la patata (1845-1849) decidió trasladarse a Dublín para ayudar a alimentar a la población. Abrió un comedor popular para alimentar casi a 9000 personas al día con distintas sopas creadas por él cuyas recetas aparecen en el libro antes citado. En la contraportada puede leerse: "Este pequeño folleto ha sido publicado para el beneficio de los pobres y de las clases trabajadoras. Un centavo de cada libro vendido será entregado a los pobres por medio de un comité de caridad".

Receta nº 16. Sopa de San Patricio[13]

1 libra de carne/ 2 onzas de grasa derretida/ vegetales/ azúcar/ sal/ especias/ 'dillisk'* [alga dulse, *Palmaria palmata*] (* Si no dispone de 'dillisk', use *Porphyra purpurea* o *Ulva lactuca* (lechuga de mar)).

"Tome una libra de carne sin huesos y córtela en pequeños trozos. Coloque en una sartén dos onzas de grasa, una onza de puerros, una onza de apio, una onza de zanahorias, dos onzas de nabos y sofría durante diez minutos. Seguidamente añada la carne con dos onzas de sal, media onza de azúcar y manténgalo al fuego hasta que se empiece a caramelizarse. Añada un cuarto de agua fría y media onza de harina. Después añada dos onzas de dillisk, previamente lavada y cortada muy fina, un poco de mezcla de especias y pimienta. Deje hervir tres cuartos de hora y sirva."

Fig 1: Alexis Soyer (Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license. https://bit.ly/3j8EOok).

Receta nº 20. Congrios

"Coloque una rebanada de unas dos libras de peso en una sartén o en una olla de barro con dos cebollas cortadas, una cantidad pequeña de 'dillisk' (*Palmaria palmata*) bien lavada y finamente

[13] En honor al patrón de Irlanda

cortada, un cuarto de onza de sal y un poco de pimienta. Añada dos cuartos de agua y cuézalo durante una hora. Diez minutos antes del tiempo, saque el pescado y espese el guisado con un poco de harina previamente disuelta en un poco de agua. Déjelo hervir diez minutos, viértalo sobre el pescado y sirva. Si no se dispone de cebollas o 'dillisk', use media libra de cualquier vegetal y córtelo fino. El fletán o un pescado similar puede también prepararse del mismo modo".

Referencias

Calpena, M. (2019) Alexis Soyer y José Andrés: el chef como reformador social. https://ctxt.es/es/20190220/Culturas/24533/Mar-Calpena-Alexis-Soyer-Jose-Andres-cocina-tansformador-social.htm (consultado el 27/10/2020)

Pérez-Lloréns, J.L. (2020). El consumo histórico de algas en Europa, especialmente en tiempos de escasez. *The Foodie Studies Magazine* 5: 1-23.

Soyer, A. (1848) Soyer´s Charitable Cookery: or the Poor Man´s Regenerator, Dublin, Simpkin, Marshall y Co.

La zonación intermareal: De la fascinación al plato

Raquel Sánchez de Pedro

Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga
Email: rsdpc@uma.es

Ya sea por el equilibrio que representa, y el bandeado que desdibuja en los litorales rocosos, la zonación siempre resulta fascinante. Los naturalistas de principios de s.XIX más allá de observar tales esculturas naturales ya se preguntaban sobre las causas que generaban dichos patrones de distribución (e.j. Baker, 1909; Zaneveld, 1937, Fig 1). Lo que parecía una imagen estática es el resultado de un perfecto equilibrio de factores físicos, químicos y biológicos, versionándose de unos mares y océanos a otros, a través de la incansable acción de las mareas. En cualquier curso universitario de ecología costera y litoral nunca puede faltar un esquema de zonación de algas en sus ya múltiples versiones (Lewis 1964; Stephenson & Stephenson, 1949).

Hoy, dos siglos más tarde, seguimos estudiando los fenómenos que le dan forma, pero también aquellos aspectos del cambio global que están desdibujando los patrones hasta ahora conocidos.

Fig. 1. Fotografía mostrando una zonación intermareal en Escocia (Fuente: Wikimedia commons).

Una cita de "*El mar que nos rodea*" (Carson 1951), hace ya 70 años ponía este cambio de manifiesto:

Es una situación curiosa que el mar, del que surgió la vida por primera vez, se vea ahora amenazado por las actividades de una forma de esa vida. Pero el mar, aunque cambiado de forma siniestra, seguirá existiendo; la amenaza es más bien para la vida misma.

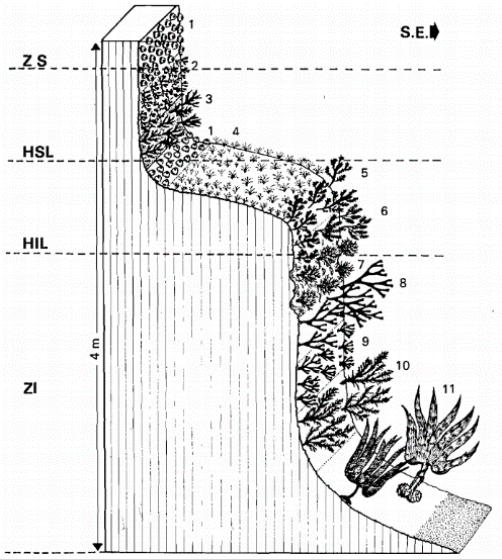


Fig. 2. Catena de distribución de macroalgas en el puerto de Estepona en los años 80, obtenido de Conde y Seoane (1983)

No hace falta irnos muy lejos para denotar los notables cambios que se han dado en las algas nuestras costas. En nuestro más próximo mar de Alborán, las "catenas de distribución" de Conde y Seoane (1983) nos mostraba la presencia de especies hace 40 años de las que hoy no hallamos atisbo de ello en las costas malagueñas (Fig. 2), como *Laminaria ochroleuca* o el intermitente, pero ya desaparecido *Fucus guiryi* (Melero-Jiménez *et al*. 2017).

La zonación es una perfecta receta elaborada por el mar, resultado de ambientes opuestos, y al igual que en la cocina, se dan fenómenos naturales regidos por los principios científicos más elevados, como decía en sus meditaciones el gastrónomo Jean-Anthelme Brillat-Savarin (1825).

Como ficogastrónoma quería hacer un homenaje a la zonación intermareal, pero ¿de qué manera podía reflejar en un plato ese lienzo tridimensional al que he dedicado mi corta vida como ficóloga? Me dispuse a hacer un poco de "cocina reflexiva": guiarme por mis sentidos y relacionarlo con mi propia experiencia, sin dejar atrás lo que le ocurre a cada ingrediente (McGee 2014). Y así surgió el plato "Texturas de algas en su zonación intermareal" (Fig. 3).

El sustrato rocoso está representado por un arroz negro meloso, cocinado a olla exprés junto a una lámina de alga kombu, que representa el sustrato rocoso. El arroz "nerone" o "arroz prohibido" es una variedad de arroz que en el medievo en china sólo los emperadores eran dignos de consumir, pero hoy día se cultiva en el valle del Po (Italia). El alga kombu [*Laminaria*] le dota al arroz de sabor marino a través de sus minerales y aminoácidos solubles.

El fondo arenoso marino consiste en un "*parmentier"* de batata a la pimienta blanca. El mar, representado en bajamar, está elaborado con agar y zumo de limón y mandarina. La espuma marina, elaborada con zumo de limón y lecitina de soja, se representa en el rompiente.

Inmerso en el mar de agar, asomando sus largas frondes, dos especímenes de kelps crujientes (alga kombu cocida y desecada con aceite, recortada con la forma de la propia especie), sobre sticks de arame [*Eisenia bycilis*] a modo de estipe. En el intermareal inferior, pequeños especímenes de musgo irlandés [*Chondrus*], En zona intermedia, arribazones de espagueti de mar [*Himanthalia elongata*] encurtidos previamente en zumo de limón, aceite de oliva y especias (ajo seco, pimienta), acompañados de pesto rojo simulando "tomates de mar" [*Actinia equina*]. Por último, en el intermareal superior, donde se dan largos periodos de emersión y

condiciones de desecación más severos, quedarían representadas algas verdes fritas (*Ulva*) con escamas de sal.

Referencias

Baker, S. M. (1909) On the causes of the zoning of brown seaweeds on the seashore. New Pyhtol. 8, 5-6, 196-202.

Brillat-Savarin, J. (1825) *La fisiología del gusto*. 336 pp.

Carson, R. (1951) The sea around us. 250 pp.

Conde, F. Seoane, J. A. (1983) Aspectos de la vegetación y zonación macrofitobentónica en las costas malagueñas. *Anales del Jardín Botanico de Madrid* 39(2): 465-487

Lewis, J.R. (1964) The ecology of rocky shores. English University Press, London. 323 pp.

McGee, H. (2014) La cocina y los alimentos. Enciclopedia de la ciencia y la cultura de la comida. 939 pp.

Melero-Jiménez *et al.* (2017) North Atlantic Oscillation drives the annual occurrence of an isolated, peripheral population of the brown seaweed *Fucus guiryi* in the Western Mediterranean Sea. *Peer Journal* 5:e4048; DOI 10.7717/peerj.4048

Stephenson, T.A., Stephenson, A. (1949) The universal features of zonation between tide-marks on rocky coasts. *Journal of Ecology* 37:289-305.

Ficólogos por el mundo

De los ciervos a las macroalgas: un camino lleno de aprendizajes

Claudia Cara Ortega

Universidad Nacional de Irlanda, Galway, Irlanda
c.caraortega1@nuigalway.ie

En 2010, y recién licenciada en Biología por la Universidad de Jaén, donde había estado más de 2 años colaborando en un proyecto relacionado con ciervos, decidí seguir el instinto que me pedía continuar aprendiendo sobre el mar y comencé una nueva vida en otro lugar: Cádiz. Una vez allí, la ficología no vino de repente. Durante los años de carrera en Ciencias del Mar tuve la oportunidad de colaborar en diferentes proyectos de: taxonomía de aves, taxonomía de zooplancton, etología de lagartos y finalmente, cultivo de macroalgas. Aterricé por casualidad en el mundo de la ficología y fue para quedarme. ¡Qué importante es coincidir en la vida con gente que le pone tanta pasión a su trabajo! Se transmite en sus enseñanzas, te impregnas de su entusiasmo y al final, quieres formar parte de esa rueda.

En 2017, 5 años después de entrar en el mundo de la ficología, y tras muchas horas de montar cuerdas para cultivo, andar por el fango de los esteros y ver los atardeceres más increíbles de la bahía de Cádiz, me encontraba en Galway, Irlanda, a 3500 km de mi último punto de muestreo, comenzando un nuevo proyecto y afrontando un nuevo reto.

Mi estancia en la Universidad Nacional de Irlanda (Galway) era a corto plazo, pero tras 3 meses muestreando por los cuatro puntos cardinales de Irlanda y disfrutando de lugares espectaculares gracias a una beca Erasmus+, salió publicada una convocatoria para una beca doctoral de 4 años: “Seaweed-Microbiome Interaction”. En un primer momento, y sin ningún tipo de esperanza puesta en pasar el primer corte, mandé el currículo por tener una valoración y comprobar en qué posición me quedaba. La sorpresa vino cuando pasé el primer corte y tenía que enfrentarme a la entrevista. Entonces la sorpresa se convirtió en miedo. Mi nivel inglés era el justo para sobrevivir, lejos quedaba la posibilidad de enfrentarme exitosamente a una entrevista por lo que, decidí irme de muestreo con un irlandés del Co. Donegal durante tres días para “agudizarme el oído”, o eso creía yo... (porque el acento de ese condado es uno de los más complicados de entender!)Y entonces, el miedo se tornó en asombro cuando un día después de la- a mi entender- tortuosa entrevista, recibo un correo de mi actual jefa diciendo: “Claudia, the possition is for you. Do you want it? (Claudia, el puesto es para ti, ¿lo quieres?)

Fig 1. Poza intermareal en la playa de Spiddal, Co. Galway, Irlanda.

Tras unos primeros episodios de negación, duda y miedo, decidí darme la oportunidad de vivir otra experiencia, conocer otra cultura y seguir aprendiendo del mundo de las macroalgas.

Irlanda es un país de cuento de hadas, con una historia de superación increíble, paisajes de prados verdes espectaculares, acantilados majestuosos, intermareales de libro (Fig. 1), castillos ancestrales, educación, respeto y lluvia…mucha lluvia que hace que a veces la vida aquí sea complicada para alguien

que creció entre olivares de secano en plena solana de Sierra Mágina (Jaén).

No es sencillo desprenderte de todo y empezar de cero, pero para seguir aprendiendo hay que salir de la zona de confort, afrontar nuevos retos, caerte, levantarte, volverte a caer y volar hacia delante.

Hoy en día, y tras muchos viajes (Fig. 2) y vaivenes a lo largo de éstos 4 años de doctorado, me encuentro aquí, feliz, comenzando mi último año y recogiendo al fin el fruto de tanto trabajo realizado. ¿Qué aprendizaje obtengo de esta etapa de mi vida? que tanto los fallos como los aciertos te hacen ser la persona que hoy eres y que en el mundo de las macroalgas quedan muchas cosas aún por descubrir.

Enlaces de interés para hacer el doctorado en Irlanda:

https://scholarshiproar.com/government-ireland-scholarship/

https://www.marine.ie/Home/site-area/research-funding/research-funding

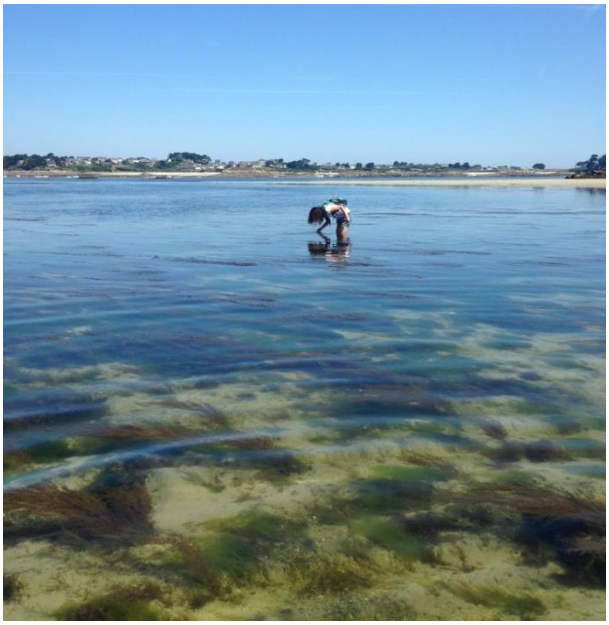


Fig 2. Imagen tomada de un muestreo durante un curso de taxonomía de algas en Roscoff (Francia Mucha suerte a los que vengan.

Reseñas de congresos y workshops.

Publicado el primero de los estandares europeos en el campo de las "Algas y los productos derivados de las algas"

Javier Cremades[1] y Juan Luis Gómez Pinchetti[2]

[1]Universidade da Coruña, Facultad de Ciencias/ Centro de Investigaciones Científicas Avanzadas (CICA)
2 Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) / Banco Español de Algas (BEA).
*Autor de correspondencia:javier.cremades@udc.es

El Comité Europeo de Estandarización (CEN) recibió, en el año 2017, el encargo de la Comisión Europea (CE) para la elaboración de estándares europeos, al amparo del Artículo 3 de la Directiva Europea 2009/28/EC, para el caso de las algas y los productos basados en algas o "productos intermedios". Esta solicitud, presentada en base al programa de trabajo previo del CEN/BT/WG 218 "Algae" (2016) bajo la orden M/547, contribuye de forma particular a la estrategia de comunicación sobre la "Innovación para el Crecimiento Sostenible: una Bio-economía para Europa".

Con estos antecedentes, se establece el Comité técnico de normalización europeo CEN/TC 454 "Algae and algae products" para llevar a cabo el programa de trabajo que está elaborando la primera serie de estándares europeos sobre el tema.

En España, y a través de la Asociación Española de Normalización – UNE, se crea el Comité técnico de normalización español CTN 319 "Algas y productos derivados de algas", implicando a un nutrido y creciente grupo de profesionales españoles procedentes tanto de la academia, de las administraciones autonómicas y nacionales como de los sectores industriales relacionados con las algas, con el objetivo de interactuar activamente con los correspondientes grupos de trabajo europeos, en base a la experiencia y evolución del sector en nuestro país.

El trabajo del CEN/TC 454 tiene como principal objetivo mejorar la fiabilidad de la cadena de producto, la confianza y el interés que la industria y los consumidores tienen en las "Algas"; incluyendo bajo este término las macroalgas, microalgas, cianobacterias y laberintúlidos. El ámbito de actuación incluye también la normalización en el desarrollo de productos basados en algas y sus productos intermedios, promoviendo y apoyando, de esta manera, el desarrollo de la industria europea y la comercialización de productos relacionados con las mismas.

A pesar de su importancia, el sector de la producción y procesado de algas, además de la preparación y comercialización de sus productos derivados es, probablemente, uno de los sectores productivos más desconocidos para el ciudadano occidental que tiene, como referencia principal, el uso que se hace de las algas como alimento en la cultura oriental.

Sin embargo, el interés actual en las algas y los productos basados en las algas ha aumentado en Europa de forma significativa como una fuente cuyo valor añadido no está únicamente limitado a la obtención de carbohidratos, proteínas, lípidos, pigmentos o distintas sustancias bioactivas. Las algas, como materia prima para el desarrollo de procesos y productos, están siendo utilizadas en una gran variedad de aplicaciones que abarcan, entre otros, sectores como los de la alimentación humana y animal (incluyendo la acuicultura), los textiles, la cosmética y la biomedicina, la biotecnología, la producción de biopolímeros, los biocombustibles y los fertilizantes y bioestimulantes para el sector agrícola, por poner algunos ejemplos. Por todo esto, el desarrollo de los protocolos de estandarización adquiere una importancia relevante cuando se trata de valorizar y promover el uso de las algas y el desarrollo de los productos derivados de ellas.

La comentada falta de conocimiento del consumidor occidental puede ser justificada si valoramos aspectos como:

- la dificultad de concretar de forma clara qué entendemos por el término “Alga”,
- la gran variabilidad biológica y morfológica de este variado grupo de organismos, algunos de los cuales está todavía sin descubrir, y
- la versatilidad de aplicaciones, industriales y medioambientales, que presentan los organismos que agrupamos bajo el término “Alga” y que, por su gran diversidad morfológica y fisiológica, requieren de múltiples metodologías para su caracterización.

Con estas palabras queda de manifiesto la especial necesidad de normalizar el sector de las algas y sus productos e, implícitamente, la dificultad de este cometido. Sobre todo, porque las algas, en su conjunto, son organismos que están generando una verdadera revolución en aspectos relacionados con su utilización, hasta hace unos años definida como tradicional, hacia el desarrollo de una bio-industria moderna, estrechamente asociada con las definiciones de economía azul, economía circular y desarrollo sostenible.

Aparte de la evidente necesidad de normalización queda también de manifiesto, en el escenario actual, que el establecimiento de estándares debe desarrollarse en un contexto europeo con el objetivo de evitar que ésta, ya de por sí difícil tarea, no genere innecesariamente una atomización normativa, lo que podría ser un freno para el desarrollo futuro de una industria floreciente, a la vista de la reciente evolución del sector.

Técnicamente el CEN/TC 454 está organizado en seis grupos de trabajo que incluyen:

WG1 - ”Terminology”
WG2 -”Identification”
WG3 - ”Productivity”.
WG4 - ”Specifications for food/feed sector applications”
WG5 - ”Specifications for non-food/feed sector applications”

WG6 - ”Product test methods”

Fruto del trabajo del Comité, el pasado mes de marzo de 2020, ha sido publicado el primero de sus estándares, con referencia EN 17399:2020 ‘Algae and algae products – Terms and definitions’, que establece y clarifica una serie de términos relacionados con las funciones y las propiedades de las algas y los productos derivados de las mismas, considerando el término “alga” como un grupo funcional de organismos en su sentido más amplio.

En los próximos meses, el estándar estará disponible en su versión en castellano como la norma UNE-EN 17399:2020 “Algas y productos de algas. Términos y definiciones”

Portavoces del CTN 319 junto con parte de los vocales de su plenario en representación de APPA biomasa, ENDESA Generación, Fitoplancton Marino e Investalga Ahti, en la última reunión celebrada en la sede de UNE el 30/10/2019. De drcha. a izq., en primera línea: Juan Luis Gómez Pinchetti (vicepresidente, Banco Español de Algas), Javier Cremades (presidente, Universidade da Coruña) y Rosa María Cepas (secretaria, Asociación Española de Normalización, UNE) (Fotografía: UNE).

A futuro serán publicados nuevos estándares que se encuentran ya en desarrollo y que, a la vista de cómo ha ido evolucionando el trabajo del Comité y las nuevas cuestiones e iniciativas que se han ido planteando, darán lugar a la solicitud de ampliación de los campos de actuación en los diferentes grupos de trabajo.

La SEF, a través de la participación activa de algunos de sus socios, forma parte del CTN 319 desde un primer momento, colaborando en varios

de los grupos de trabajo a nivel europeo y asistiendo a las reuniones de coordinación y toma de decisiones del Comité técnico español, siendo consciente del interés que tiene el mismo para el desarrollo de aspectos aplicados derivados del cada vez mayor protagonismo de las algas en occidente y especialmente en la salud y bienestar de las personas.

XXII Simposio de Botánica Criptogámica, 24- 26 Julio, 2019. Facultad de Ciencias, Universidad de Lisboa, Lisboa

Organización: Centro de Ecología Evolutiva, Evolución y Alteraciones Ambientales (cE3c), Universidad de Lisboa.

Rafael P. Martín
Laboratory of Botany - Department of Biology, Healthcare and the environment - Faculty of Pharmacy and Food Science - University of Barcelona

Cada dos años, se celebra en la península Ibérica el Simposio de Botánica Criptogámica, que es uno de los nexos de encuentro de los botánicos dedicados a organismos incluidos en esta disciplina. En el simposio se reúnen especialistas en hongos, líquenes, briofitos, helechos y como no, algas, tanto marinas como de aguas continentales. La edición de 2019 se ha celebrado en la capital de Portugal, Lisboa. Pese al intenso calor del verano, el tiempo soleado acompañó de buena gana las sesiones del simposio y las instalaciones de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Lisboa acogieron las ponencias con un nivel de asistencia particularmente alto. Además, el buen clima hizo especialmente agradable las visitas programadas que se realizaron después de las sesiones del simposio a puntos clave de interés turístico y botánico de Lisboa, como fueron la que se hizo a la Estufa Fría (donde los asistentes pudimos disfrutar una exposición de obras artísticas inspiradas en el mundo botánico) o la excursión al parque de Montsanto. Además, en la Estufa Fría, la organización ofreció un aperitivo algológico al aire libre acompañado de una cata de vinos del lugar. Es también destacable el énfasis de la organización del simposio por hacer que éste fuera lo más sostenible posible. En este aspecto, se optaron por las versiones electrónicas de los documentos del simposio para minimizar el uso de papel, así como la reutilización de todos los elementos posibles, por mínimos que fuesen, como por ejemplo los soportes de las tarjetas de identificación. También, como actividad para compensar la huella de carbono causada por el desplazamiento de los asistentes a Lisboa, la organización realizó una jornada en la que plantó previamente un árbol autóctono por cada asistente al simposio. Por último, se intentó que los materiales tipo suvenir (libretas, lápices etc.) que se dieron a los asistentes fuesen de fabricación local. En cuanto al contenido científico del simposio en sí, que se encuentra ya en su XXII edición, presentó porcentajes variados en cuanto a representación de los diferentes grupos de organismos. En este sentido, pese a que las algas en general no fueron el grupo más numeroso en cuanto a cantidad de trabajos presentados, hubo una excelente representación de investigadores ficólogos (la mayoría miembros de la SEF) compartiendo su trabajo con el resto de botánicos presentes. A lo largo de los tres días que duró el simposio, las comunicaciones (exposiciones orales y posters) sobre algas que se presentaron hicieron referencia a temas diversos de micro y macroalgas, como la fotoinhibición y la fotoprotección, la biogeografía, los efectos de la acidificación oceánica, los análisis filogenéticos y citogenéticos, los estudios ecofisiológicos, los análisis químicos y de bioactividad, el epifitismo y dinámica del holobionte, la transición entre agua dulce y salada, la biomonitorización, especies invasoras y el cultivo

de especies de valor económico. El último día del simposio, durante el tiempo reservado para las reuniones de las sociedades, Amelia Gómez Garreta, como vicepresidenta de la SEF, organizó un pequeño encuentro informal, que congregó a los miembros de la SEF presentes en el simposio. En este encuentro se comentaron temas relacionados con las presentaciones que habían realizado los miembros en el propio congreso y sobre las últimas novedades de la sociedad.

Reseñas de Tesis Doctorales

UNIVERSIDAD DE A CORUÑA

La comunidad de *Cystoseira baccata* (Fucales, Ochrophyta) en el noreste ibérico

AUTORA: Alicia García Fernández (alicia.garcia.fernandez@udc.es)

DIRECTOR: Ignacio Bárbara Criado

FECHA DE DEFENSA: 12 de junio de 2020

Cystoseira baccata, actualmente *Treptacantha baccata*, es una especie exclusiva del océano Atlántico, ampliamente distribuida a lo largo del mar Cantábrico, Galicia y Portugal. Coloniza un amplio rango de profundidades, grados de exposición y condiciones de sedimentación y ejerce un papel clave estructurando comunidades. Teniendo en cuenta la escasa información biológica, florística y ecológica que se tenía de la comunidad de *C. baccata* en el norte de la península ibérica, el objetivo de esta tesis fue aportar datos necesarios para el conocimiento y gestión de la comunidad en este territorio.

Esta tesis estudió la comunidad de *C. baccata* del noroeste de la península ibérica con objeto de conocer la biología de la especie, la diversidad ficológica asociada (flora epilítica y epifita), la dinámica temporal a largo y corto plazo y la dinámica estacional. Para ello se aportaron datos sobre el hábitat-tipo de la comunidad, los aspectos biológicos de la especie dominante y la flora asociada (epilítica y epifita), así como sobre la variación interanual a corto y largo plazo y la dinámica estacional.

Para el estudio de la distribución espacial se realizaron muestreos en 33 localidades gallegas repartidas en los tres sectores biogeográficos (cantábrico occidental, rías altas y rías bajas) entre marzo de 2015 y julio de 2018 en un intervalo de profundidad entre 0 y 5 m mediante equipos de buceo autónomo y snorkel (Fig. 1). La mayoría de las muestras fueron recogidas en el submareal, sobre roca con arena, en localidades semiexpuestas o semiprotegidas. Se obtuvieron resultados de 30 localidades y en cada una de ellas se realizaron transectos en los que se ubicaron cinco cuadrados de muestreo (0.25 m^2) para obtener la densidad, talla y cobertura de *C. baccata* y de su flora asociada, así como de parámetros abióticos. En cada localidad, se recolectaron entre 15 y 20 ejemplares de *C. baccata* que se trasladaron al laboratorio para el estudio de la biometría, el estado reproductor y el análisis de la flora epifita. La flora identificada en el campo fue cotejada en el laboratorio mediante el uso de microscopía y bibliografía especializada y finalmente procesada para su depósito en el herbario de la Universidad de Santiago de Compostela. Se obtuvieron los datos de las tallas para 2264 individuos de *C. baccata* y se analizaron los datos biométricos y la flora epifita en 941 ejemplares.

Para el estudio de los cambios a largo plazo se revisitaron siete localidades de la Ría de Coruña muestreadas en el período 1986-1993 utilizando una metodología similar a la empleada por Bárbara Criado (1994) y se realizó una comparación entre los datos previos y los actuales. En el estudio de los cambios a corto plazo se revisitaron tres localidades muestreadas al inicio de la tesis y se compararon los resultados obtenidos. Por otro lado, para conocer la dinámica estacional se realizó un seguimiento durante un ciclo anual en dos localidades con características de exposición y batimetría similares.

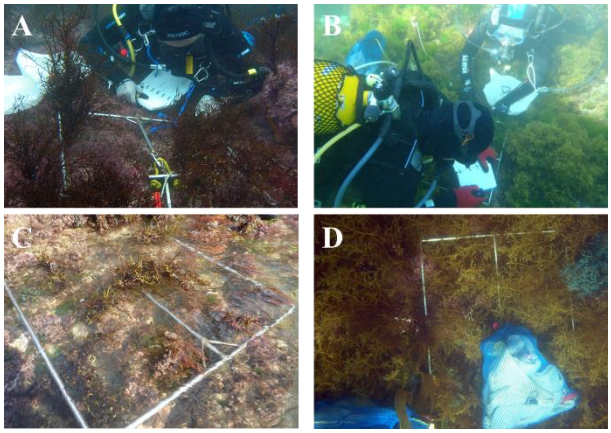


Fig 1. Toma de muestras de *Cystoseira baccata* en poblaciones gallegas intermareales (C) y submareales mediante buceo autónomo (A, B y D).

Los datos obtenidos para los diferentes objetivos se incluyeron en hojas de cálculo y se analizaron estadísticamente mediante el software PRIMER 6 v.6.1.11 y PERMANOVA + v.1., utilizando técnicas estadísticas multivariantes (PERMANOVA, etc.) con objeto de establecer aspectos ecológicos de las algas en la comunidad de *C. baccata* y obtener diferencias entre localidades y zonas geográficas y su relación con factores ambientales.

En el capítulo "Biología y hábitat de *C. baccata* en el noroeste ibérico", se estudiaron diversos factores de la biología de la especie, como la talla media de los ejemplares (48 cm), el diámetro medio de la base (0.64 cm), la presencia de aerocistes (72 %) y de receptáculos (13 %); así como de características de las poblaciones, como la densidad media (32 ejemplares/m^2). Además, se observó que existía una correlación entre la talla y la densidad media de las poblaciones y la profundidad a la que se encontraban, de forma que las poblaciones someras estarían formadas por ejemplares pequeños y se encontrarían en densidades altas. Por otro lado, el estudio de la estructura poblacional de tallas mostró la presencia de poblaciones juveniles, senescentes y equilibradas, lo que se puede utilizar para valorar el nivel de reclutamiento y estado de conservación de las poblaciones.

En el capítulo "Diversidad florística de la comunidad de *C. baccata* en el noroeste ibérico", se presenta un listado florístico de las comunidades de *C. baccata* en el noroeste de la península ibérica de 230 especies, incluyendo estadios de ciclos de vida heteromórficos: 6 Cyanobacteria, 162 Rhodophyta, 43 Ochrophyta, 19 Chlorophyta. Este número comprende el 36 % del total de especies identificadas en Galicia. De entre todas las especies del catálogo florístico, 18 (incluyendo estadios de ciclos de vida heteromórficos) son alóctonas (12 Rhodophyta, 4 Ochrophyta y 3 Chlorophyta) y representa el 60 % de las especies alóctonas de Galicia.

Algunas de las especies identificadas presentaron interés corológico ya que permitían completar el conocimiento de la flora gallega, como: *Bryopsis hypnoides*, *Calliblepharis hypneoides*, *Callithamnion corymbosum*, *Dictyopteris lucida*, *Dictyota cyanoloma*, *Lyngbya martesiana*, *Mesophyllum expansum*, *Myriogramme minuta*, *Notokallymenia crouaniorum*, *Pseudanabaena persicina*, *Ptilocladus codicola*, *Traiella intrincata* (fase esporofítica de *Bonnemaisonia hamifera*), *Ulva australis* y *Zanardinia typus* (Fig. 2).

Fig 2. Flora asociada a la comunidad de *Cystoseira baccata* en Galicia, especies de interés corológico: *Dictyota cyanoloma* (A), *Ulva australis* (B), *Zanardinia typus* (C), *Mesophyllum expansum* (F), *Pseudobaena persicina* (J) y "*Traiella intrincata*" (F).

La flora asociada al sustrato de las comunidades de *C. baccata* en Galicia comprende 214 especies en total, obteniéndose una media de 51 especies por localidad. El número de especies alóctonas asociadas al sustrato asciende a 11 (*Anotrichium furcellatum*, *Antithamnionella ternifolia*, *Asparagopsis armata*, *Bonnemaisonia hamifera*, *Colpomenia peregrina*, *Dasysiphonia japonica*,

"Falkenbergia rufolanosa", *Melanothamnus harveyi*, *Sargassum muticum*, "*Traiella intrincata*" y *Undaria pinnatifida*).

Se detectaron diferencias significativas en la cobertura de las especies epilíticas en función del sector biogeográfico y el grado de exposición al oleaje. Como especies características del "Cantábrico occidental" destacaron *Lithophyllum* spp., *Mesophyllum expansum* y *Sargassum muticum*; del sector "Rías Altas", *Cryptopleura ramosa*, *Ulva rigida*, *Corallina officinalis* y *Asparagopsis armata*; y del sector "Rías Bajas", *Dictyota dichotoma*, *Laminaria ochroleuca* y *Saccorhiza polyschides*. En relación al grado de exposición al oleaje, las especies características del grado expuesto fueron *C. officinalis*, *Jania longifurca*, *J. squamata*, *Lithophyllum* spp. y *M expansum;* del semiexpuesto *C. ramosa* y *A. armata*; del semiprotegido *L. ochroleuca* y *U. rigida;* y del protegido, *S. muticum*.

Se identificaron 174 taxones de la flora epifita asociada a la comunidad de *C. baccata*, entre las que destacaron 10 especies alóctonas (*Anotrichium furcellatum*, *Antithamnionella ternifolia*, *Asparagopsis armata*, *Bonnemaisonia hamifera*, *Colpomenia peregrina*, *Dasysiphonia japonica*, "*Falkenbergia rufolanosa*", *Melanothamnus harveyi* y *Undaria pinnatifida*).

Se detectaron diferencias significativas en la cobertura de las especies epifitas en función del sector biogeográfico y el grado de exposición al oleaje. Las especies características del sector "Cantábrico occidental" fueron *Jania rubens*, *Pterosiphonia complanata*, *Sphacelaria cirrosa* y *Vertebrata fruticulosa*; del "Rías Altas", *Cryptopleura ramosa*, *Lomentaria articulata*, *Plocamium cartilagineum* y *Ectocarpus fasciculatus*; y del "Rías Bajas" *Acrosorium ciliolatum*, *Dictyota dichotoma* var. *intrincata*, *Schyzimenia dubyi*, "*Haematocelis rubens*" y "*Falkenbergia rufolanosa*". En relación al grado de exposición al oleaje, las especies características del grado expuesto fueron *Jania longifurca*, *J. squamata*, *Schizymenia dubyi* y "*Haematocelis rubens;* del semiexpuesto, *C. ramosa*, *L. articulata*, *P. cartilagineum*, *E. fasciculatus* y *Ulva rigida*; del semiprotegido, *A. ciliolatum* y *D. dichotoma* var. *intrincata*; y del protegido, *S. cirrosa*. Además, se observó una correlación entre el número de especies de flora epifita de *C. baccata* y algunas de sus características biológicas como la talla, el diámetro de la base o el número de ejes. Se encontraron, también, diferencias significativas en la cobertura de las especies de flora epifita asociada a la comunidad en función de los sectores o partes del talo de los ejemplares. Las especies características del cauloide fueron *Cryptopleura ramosa*, *Lomentaria articulata* y *Rhodymenia pseudopalmanta*; y de las ramas *Dictyota dichotoma*, *Ectocarpus fasciculatus*, *Elachista flaccida* y *Sphacelaria cirrosa*, siendo *Acrosorium ciliolatum* y *Plocamium cartilagineum* más característicos de las ramas proximales, y *D. dichotoma*, *E. flaccida*, *S. cirrosa* y *Vertebrata fruticulosa* de las ramas distales. Sin embargo, no se encontraron especies características en el disco de sujeción.

En el capítulo "Dinámica de la comunidad de *C. baccata* en el noroeste ibérico", se recogieron los datos de los análisis de los cambios en la comunidad de *C. baccata* a largo plazo, a corto plazo y la dinámica estacional. En el análisis de los cambios en la comunidad a largo plazo en la Ría de A Coruña en las tres últimas décadas, se verificó el incremento de *C. baccata*, la disminución de *Laminaria ochroleuca* y la desaparición de *L. hyperborea*. También existe un incremento de 51 especies de la flora asociada, incluyendo 9 especies alóctonas. El análisis estadístico mostró la existencia de diferencias significativas en la cobertura de la flora en ambos estudios, confirmando así que se han producido cambios en las últimas décadas (Fig. 3). Cabe destacar además que se constató una homogeneización de la comunidad actual. Las especies que marcaron diferencias por sus coberturas fueron las formadoras de dosel, las especies alóctonas, así como las de morfología simple y las calcáreas. Se detectaron tres escenarios: (i) poblaciones en las que *C. baccata*

dominaba tanto en el estudio previo como en el actual, (ii) poblaciones que en el estudio previo eran mixtas de especies del género *Laminaria* junto con *C. baccata* pero que actualmente eran exclusivas de *C. baccata* y (iii) poblaciones que en el estudio previo estaban dominadas por *C. baccata* pero que actualmente se encontraban deterioradas.

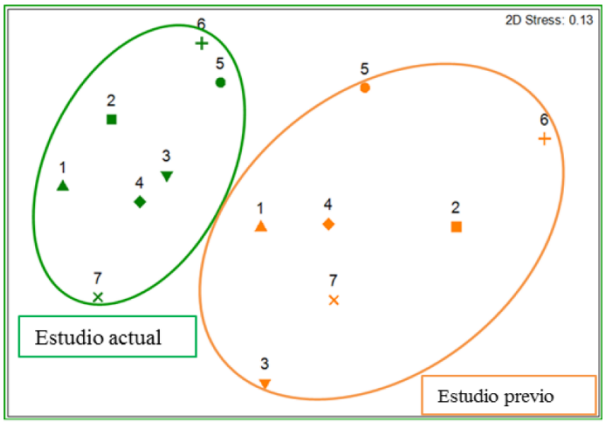


Fig 3. Flora asociada (epilítica y epífita) a la comunidad de *Cystoseira baccata* en el estudio de cambios a largo plazo. Ordenación nMDS sobre centroides sobre matriz de similitude de Bray-Curtis sobre datos transformados con una raíz cuadrada de la flora epilítica y epífita asociada. Períodos de estudio: previo 1986-1993 (naranja) y actual 2016-2018 (verde). Localidades: 1) Canabal, 2) Xunqueira, 3) Norte de Isla Castelo, 4) Bastiagueiro Pequeño, 5) Santa Cristina, 6) Castillo San Antón, 7) Islas de San Pedro.

En el estudio de los cambios en la comunidad de *C. baccata* a corto plazo (Fig. 4), se produjo un aumento de la talla media y la densidad de la población del Norte de Isla Castelo, y una disminución en Islas de San Pedro y Barizo. También se detectó un incremento del número de especies alóctonas en general en las tres localidades. Además, se encontraron diferencias significativas en la cobertura de la flora entre ambos períodos por localidad, indicando que se ha producido cambios en la comunidad, pero en cada localidad por separado. Las especies que contribuyeron a la disimilaridad con un aumento en su cobertura fueron las algas calcáreas como *Mesophyllum expansum* y *Jania squamata*, y las algas alóctonas *Asparagopsis armata* y *Colpomenia peregrina*. Se confirmó la recuperación de la

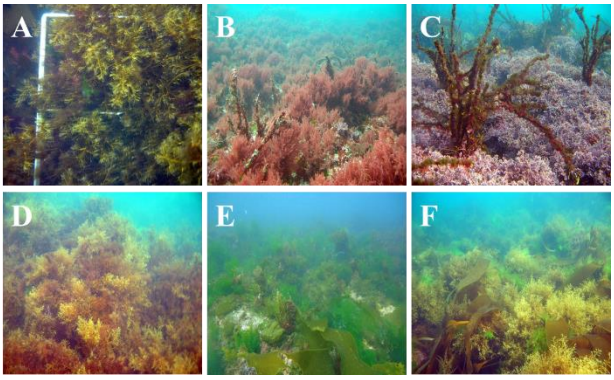


Fig 4. Comunidad de *Cystoseira baccata* en el estudio de cambios a corto plazo en ambos períodos: inicial (A-C) (2015-2016) y final (D-F) (2017-2018). Localidades revisitadas: Norte de Isla Castelo (A y D), Islas de San Pedro (B y E) y Barizo (C y F).

población de Barizo, pero no la de Islas de San Pedro.

En la valoración de la dinámica estacional se detectaron máximas coberturas de *C. baccata* en primavera y otoño y mínimas en invierno y verano. Por otro lado, la evolución anual de la densidad de los ejemplares fue más variable. La talla de *C. baccata* alcanzó el máximo a finales de verano y el mínimo en invierno. Los aerocistes fueron abundantes durante todo el ciclo anual y los receptáculos desde finales de verano hasta invierno. El número de especies de la flora asociada (epilítica y epifita) a *C. baccata* alcanzó el máximo en primavera y el mínimo en invierno, aunque no se detectó ningún patrón estacional en los datos de cobertura. Las especies alóctonas fueron más abundantes durante los meses de primavera en ambas localidades. Se detectaron diferencias estadísticas entre la flora epilítica y epifita en las dos localidades de estudio, así como entre los meses a lo largo del ciclo anual. Así mismo, se identificaron especies características de invierno y otoño (*Gelidium corneum*, *Mesophyllum expansum* y *Rhodymenia pseudopalmata*), de primavera (*Acrosorium ciliolatum*, *Cryptopleura ramosa*, *Heterosiphonia plumosa*, *Jania squamata*, *Ectocarpus fasciculatus*, *Saccorhiza polyschides* y *Ulva rigida*) y de verano (*Ahnfeltiopsis devoniensis*, *Metacallphyllis laciniata* y *Peyssonnelia dubyi*).

Por otro lado, también se observaron diferencias estadísticas entre la flora epifita de las dos localidades, así como entre meses a lo largo del ciclo anual. También se detectaron especies epifitas características de invierno (*Lomentaria articulata*), de primavera (*A. ciliolatum, Ceramium secundatum, C. ramosa, H. plumosa, Colpomenia peregrina, E. fasciculatus, Elachista flaccida, Hincksia granulosa, Sphacelaria cirrosa* y *U. rigida*), de verano (*Plocamium cartilagineum* y *Ulva clathrata*) y de otoño (*Dictyota dichotoma, R. pseudopalmata* y *Vertebrata fruticulosa*).

Referencias

Bárbara Criado, I. (1994) Las comunidades de algas bentónicas marinas en la bahía de La Coruña y ría del Burgo. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico de la Universidad de Santiago de Compostela. Tesis doctoral en microfichas nº 357: 411pp.

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*, 44: 51-60.

Bárbara, I., Peña, V., García-Redondo, V., Díaz, P., Tapia, García-Fernández, A., Lugilde, J., Corbeira-Fernández, C. (2016) Nuevas citas y registros corológicos para la flora bentónica marina del Noroeste Ibérico. *Acta Botanica Malacitana*, 41: 247-254.

García-Fernández, A., Bárbara, I. (2016) Studies of the *Cystoseira* assemblages in Northern Atlantic Iberia. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 73(1): e035 2016. ISSN: 0211-1322. doi: http://dx.doi.org/10.3989/ajbm.2403.

Bárbara, I., De Clerck, O., García-Redondo, V., Peña, V., García-Fernández, A., Peteiro, C., Sánchez, N. (2015) Nuevas citas y adiciones corológicas para la flora bentónica marina del Atlántico Ibérico. *Acta Botanica Malacitana*, 40: 191-198.

Bárbara, I., Peteiro, C., Peña, V., Altamirano, M., Piñeiro-Corbeira, C., Sánchez, N., Díaz-Tapia, P., García-Redondo, V., García-Fernández A., Zanolla-Balbuena, M. (2014) Adiciones florísticas y aportaciones corológicas para la flora bentónica marina del atlántico ibérico. *Acta Botanica Malacitana*, 39: 207-216.

García-Fernández, A. Bárbara, I. (2016) Studies of the *Cystoseira* assemblages in Northern Atlantic Iberia. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 73(1): e035 2016. ISSN: 0211-1322. doi: http://dx.doi.org/10.3989/ajbm.2403

UNIVERSIDAD DE A CORUÑA

Desarrollo de una flora de algas coralinas (Corallinophyceae, Rhodophyta) en el noroeste ibérico (Galicia y norte de Portugal)

AUTOR: Juan Lugilde Yáñez. juan.lugilde@udc.es

DIRECTORES: Ignacio Barbara Criado y Viviana Peña Freire.

FECHA DE DEFENSA: 11 de septiembre de 2020.

Se conocen por el nombre de algas coralinas (calcáreas o coralináceas) a los representantes de la subclase Corallinophycidae (Rhodophyta) cuyo aspecto pétreo característico se debe a la precipitación de calcita en sus paredes celulares (Woelkerling 1988). La morfología, el color y el hábitat de estas algas son muy variables, presentan una amplia distribución geográfica y son relevantes en la formación de hábitats biogénicos como los fondos de maërl y coralígeno (Peña *et al.* 2014). El orden Corallinales *sensu lato* contiene 35 géneros y 775 especies a nivel mundial (Guiry & Guiry 2020) que tradicionalmente se agrupaban en función de su morfología general externa (Fig. 1): (a)

geniculadas, cuyos talos erectos están provistos de zonas calcificadas alternadas con zonas no calcificadas; y (b) no geniculadas, cuya morfología es generalmente postrada, totalmente calcificada (Irvine & Chamberlain 1994).

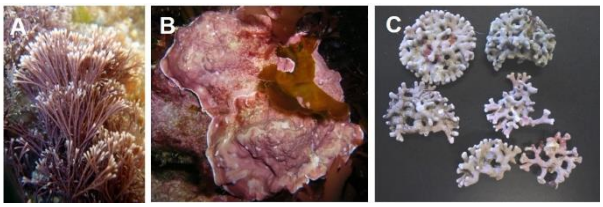


Fig 1. Coralináceas: A. Geniculada: *Jania longifurca*. B. No geniculada: *Mesophyllum expansum*. C. Formas libres no geniculadas, rodolitos (fondos de maerl, *Phymatolithon lusitanicum*).

En el Atlántico ibérico, a pesar de las investigaciones acometidas, no se disponía de un catálogo completo para el orden Corallinales *s. l.* y se desconocía la distribución y hábitat de muchas especies (Lugilde *et al.* 2016). Además, se detectaron ausencias de especies conocidas en territorios vecinos, posiblemente por falta de estudios detallados. Por ello, se hacía necesario llevar a cabo una puesta al día del conocimiento de algas coralinas en el noroeste ibérico, con el objeto de reunir y sintetizar la información disponible, detectando puntos débiles en taxonomía, distribución, datos del hábitat y ecológicos, etc, razones por las que se planteó esta tesis doctoral.

El área de estudio comprende la costa noroeste de la península ibérica (Galicia y norte de Portugal) entre las localidades de Ribadeo hasta Buarcos, repartidas en seis provincias: Lugo, A Coruña, Pontevedra, Minho, Douro Litoral y Beira Litoral. La línea de costa abarca aproximadamente 1920 km y se alternan zonas de mar abierto con rías, especialmente en Galicia. En cada localidad estudiada se realizaron transectos desde el intermareal superior hasta el submareal (< 20 m), tomando muestras en todo tipo de hábitats donde se desarrolla este grupo taxonómico y con equipos de buceo autónomo (Fig. 2). Además de la información geográfica, se recopilaron datos del hábitat y fotografías de campo. En total se estudiaron 74 localidades repartidas por seis provincias en las que se seleccionaron sobre 1300 especímenes. Se prestó atención a los distintos tipos de hábitat como sustrato rocoso o especies epífitas, en zonas con influencia arenosa, exposición directa e indirecta, áreas fotófilas o esciáfilas, etc. Inicialmente se realizó una revisión de la bibliografía de interés publicada sobre este grupo y el área de estudio (hasta 2019) y de otra información disponible (herbarios, fotografías, datos sin publicar, manuscritos inéditos, etc.) para obtener todos los datos posibles sobre algas coralinas y su presencia/distribución en Galicia y el norte de Portugal. En el laboratorio se estudiaron las muestras utilizando el estereomicroscopio y microscopio óptico (MO). Para la realización de secciones del talo, se realizaron descalcificaciones en ácido acético diluido e inclusión en gelatina siguiendo la metodología descrita en Cremades *et al.* (1997). También se empleó microscopía

Fig 2. Muestreo de algas calcáreas. **A-B.** En el submareal, con embarcación y equipo de buceo autónomo. **C.** En el intermareal rocoso, durante la bajamar. **D.** Recolección en fondos de maerl, especie *Mesophyllum sphaericum*.

electrónica de barrido (SEM), seleccionando fragmentos representativos del espécimen estudiado (vista superficial, sección transversal, estructuras reproductoras, etc.). Se realizó análisis molecular en determinados ejemplares de interés taxonómico y/o corológico o que mostraban gran variabilidad morfológica que dificultaba su identificación, mediante kits de extracción de ADN y amplificación mediante PCR.

En la introducción de la tesis se presenta una descriptiva de los principales caracteres morfológicos y reproductivos empleados habitualmente para identificar a las algas coralinas. Caracteres morfológicos externos como las formas de crecimientos en especies no geniculadas, dimensiones del talo, margen, color, textura, fijación al sustrato, patrón de ramificación, morfología y dimensiones de intergenículos en especies geniculadas, etc. También caracteres morfológicos internos como la organización del talo dímera o monómera, tipo de células de los filamentos vegetativos y conexiones entre ellos (sinapsis secundarias y fusiones celulares), morfología de células epitalinas o medulares, tricocitos, etc. Igualmente, los caracteres reproductivos son esenciales para la identificación de algas coralinas, siendo de gran interés los relacionados con los conceptáculos.

Los primeros resultados de la tesis se conforman por un estudio biogeográfico y revisión del conocimiento sobre algas coralinas en el Atlántico ibérico y comparativa con territorios vecinos (Lugilde *et al.* 2016). Este estudio nos permitió detectar fortalezas como las especies conocidas y comunes o debilidades, como las especies de distribución escasa o incierta.

En relación a la flora de la tesis, se han incluido 46 especies de algas coralinas existentes en Galicia y el norte de Portugal, así como los listados de *Taxa inquirendae* (6 especies) y *Taxa excludendae* (2), claves de identificación y resultados corológicos y de distribución más importantes. De cada género y especie se aporta una descripción que comprende datos de morfología externa e interna y reproducción que hayan podido ser observados para el área de estudio, así como bibliografía de referencia, localidad tipo y distribución, el hábitat, ejemplares seleccionados de material nuevo o de herbario, información nomenclatural y fotográfica, citas, etc.

Se realizaron estudios detallados respecto a estas especies de distribución incierta en el noroeste ibérico, concretamente sobre *Jania virgata*, con una única cita con dos pliegos del herbario de Bescansa (1948). Para realizar una comparativa morfológica de *J. virgata* se estudiaron las demás especies del género *Jania* en el noroeste ibérico, publicándose estos resultados en Lugilde *et al.* (2017). Durante el estudio del género *Jania* se observaron ejemplares procedentes de fondos de maerl con una morfología diferente a la morfología típica para *J. longifurca* y *J. rubens*, las únicas especies de *Jania* registradas en este hábitat en Galicia, coincidente esta morfología con la de otras especies meridionales. Por otra parte, los fondos de maerl son conocidos como comunidades de elevada diversidad, con especies exclusivas o raramente encontradas en otros hábitats (Peña *et al.* 2014). Debido a ello se planteó un estudio integrativo de este material "atípico" de *Jania* combinando estudios moleculares y morfológicos con el objeto de evaluar si las variaciones morfológicas observadas responden a otro caso de variabilidad intraespecífica en los fondos de maerl o bien a la existencia de una especie de *Jania* no registrada por el momento (Lugilde *et al.* 2019). Los análisis moleculares confirmaron esta variabilidad morfológica para *J. longifurca* y *J. rubens* consistente en un patrón dicotómico irregular con ejes y ramas decusadas y divaricadas, con variaciones en los diámetros de ejes y ramas, presencia de discos secundarios. Las secuencias moleculares de *J. longifurca* fueron coincidentes además con la especie de reciente descripción de Nueva Zelanda, *J. sphaeroramosa*, donde no se encuentra esta especie (Twist *et al.* 2018).

Igualmente se estudiaron especies de otros géneros no geniculados, por ejemplo, *Lithophyllum*, el género más abundante en el noroeste ibérico (9 especies). Se hicieron estudios moleculares sobre un taxón no geniculado que resultó ser coespecífico de otra especie presente en fondos de maerl, denominada *Lithophyllum* sp. 1 (Pardo *et al.* 2017), presente en varias localidades de Galicia y diferente a las demás especies conocidas de este género. Asimismo, por morfología se vincularon otros taxones a especies presentes en regiones adyacentes de interés corológico parael noroeste ibérico: *L.*

orbiculatum, *L.* cf. *crouaniorum*, *L.* cf. *stictaeforme*, etc. Además, se actualizaron registros de otros autores como es el caso de *L. nitorum* (Peña *et al.* 2018), con un hábitat característico sobre pequeños guijarros en bancos de maerl y cascajo. Una especie de este género *L. duckerae* ha sido considerada como *Taxa excludendae* y eliminada de la flora gallega.

Otra especie de *Phymatolithon* ha sido también considerada como *Taxa excludendae*, *P. purpureum*, tras revisión de sus dos citas en el noroeste ibérico y a pesar de relacionarse recientemente con la especie *P. boreale* (Jeong *et al.* 2019), confirmada en el noroeste ibérico en Adey *et al.* (2018), a falta del análisis molecular del lectotipo. Se recolectó nuevo material asimilable a *P. purpureum* y especies del género; así, hemos efectuado análisis moleculares en estas colecciones asimilables que resultaron ser todas coespecíficas con la especie *P. lamii*, constatando una elevada variabilidad morfológica en esta última especie, más abundante de lo que se creía en el noroeste ibérico. Se constata una alta variabilidad en especies de *Phymatolithon*, comentada en la literatura para *P. lenormandii* (Irvine & Chamberlain 1994).

En esta tesis se detectaron nuevas citas para Galicia y Portugal en varias especies, por ejemplo, para: *Harveylithon samoënse*, *Hydrolithon boreale*, *Lithophyllum* cf. *crouaniorum*, *Pneophyllum. coronatum*, etc. Entre las aportaciones corológicas cabe destacar 40 nuevos registros provinciales (4 Lugo, 4 A Coruña, 5 Pontevedra, 8 Minho, 12 Douro Litoral y 7 Beira Litoral) para 16 especies, entre las que destacan *Lithophyllum bathyporum*, *L. orbiculatum*, *L.* cf. *stictiforme*, *Mesophyllum alternans*, *M. expansum*, *Phymatolithon boreale*, *P. lamii*, *Pneophyllum fragile*, *Titanoderma corallinae* y *T. laminariae*.

Referencias

Adey, H.W. Hernandez-Kantún, J.J., Gabrielson, W.P., Nash, C.M., Hayek C.L. (2018) *Phymatolithon* (Melobesioideae, Hapalidiales) in the Boreal–Subarctic transition zone of the North Atlantic: A correlation of plastid DNA markers with morpho-anatomy, ecology, and biogeography *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences* 41(8): 90 pp.

Bescansa, C.F. (1948) Herborizaciones algológicas en La Coruña, Nigrán y Bayona. La Coruña. 12 pp.

Cremades, J., Bárbara, I., Veiga, A.J. (1997) *Amphiroa vanbosseae* (Corallinales, Rhodophyta) on European Atlantic coasts. *Cryptogamie, Algologie* 18(1): 11-17.

Guiry, M.D., Guiry, G.M. (2020) AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. http://www.algaebase.org.

Irvine, M.L., Chamberlain, M.Y. (1994) Seaweeds of the British Isles. Volume I. Rhodophyta. Part 2B. Corallinales, Hildebrandiales. London: HMSO. 7: 276 pp.

Jeong, S.Y., Won, B.Y., Hassel, K., Cho, T.O. (2019) Revision of *Phymatolithon purpureum* (Hapalidiales, Rhodophyta) based on ultrastructural and molecular data. European *Journal of Phycology* 54(3): 326-341.

Lugilde, J., Bárbara, I., Peña, V. (2019) Variabilidad morfológica en *Jania longifurca* (Corallinales, Rhodophyta) en Galicia (noroeste de España) *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 76(1): e079.

Lugilde, J., Peña, V., Bárbara, I. (2016) El orden Corallinales *sensu lato* (Rhodophyta) en el Atlántico ibérico: estado actual de su conocimiento. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 73(2): e038 2016. ISSN: 0211-1322.

Lugilde, J., Peña, V., Bárbara, I. (2017) Morfología y distribución de *Jania virgata* (Corallinalles, Rhodophyta) en Galicia. Nova *Acta Científica Compostelana* (Bioloxía): 105-116. ISSN 2340-0021.

Pardo, C., Bárbara, I., Barreiro, R., Peña, V. (2017) Insights into species diversity of associated crustose coralline algae (Corallinophycidae, Rhodophyta) with Atlantic European maerl beds using DNA barcoding. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 72(2): e059.

Peña, V., Bárbara, I., Grall, J., Maggs, C.A., Hall-Spencer, J.M. (2014) The diversity of seaweeds on maerl in the NE Atlantic. *Marine Biodiversity* 44(4): 533-551.

Peña, V., Hernandez-Kantún, J.J., Adey, W.H., Le Gall, L. (2018) Assessment of coralline species diversity in the European coasts supported by sequencing of type material: the case study of *Lithphyllum nitorum* (Corallinales, Rhodophyta). *Cryptogamie Algologie* 39(1): 123-137.

Twist, A.B., Sutherland, E.J., Nelson, A.W. (2018) Epiphytic Jania in New Zealand: *Jania sphaeroramosa* sp. nov. (Corallinales, Rhodophyta). *Phytotaxa* 357(1): 30.

Woelkerling, W.J. (1988) The Coralline Red Algae: an analysis of the genera and subfamilies of nongeniculate Corallinaceae. Oxford University Press, London, Oxford, 1: 268 pp.

Reseñas de Tesis de Máster

UNIVERSIDAD DE BARCELONA. Máster de Oceanografía y Gestión del Medio Marino.

Contenido de ADN nuclear de dos especies introducidas en el Mediterráneo: *Rugulopteryx okamurae* y *Dictyota cyanoloma* (*Dictyotales, Phaeophyceae*)

AUTORA: Cristina Blasco. crblasct46@alumnes.ub.edu

DIRECTORES: Amelia Gómez Garreta Jordi Rull Lluch.

FECHA DE DEFENSA: 20 de noviembre de 2020

Introducción

El mar Mediterráneo alberga el 12 % de las especies de macrófitos marinos descritas en el mundo (Verlaque *et al.* 2015), por lo que este mar es reconocido como un *hotspot* de la biodiversidad. A su vez, también lo es para las especies introducidas (Williams & Smith 2007). Los vectores principales de introducción son el transporte marítimo, las actividades de acuicultura y por último la apertura de canales marítimos como la apertura del Canal de Suez (Carlton & Ruiz 2005).

Rugulopteryx okamurae (E.Y.Dawson) I.K.Hwang, W.J.Lee & H.S.Kim es un alga parda (*Dictyotales, Phaeophyceae*) que fue descrita por Okamura (1913), como *Dictyota marginata*, a partir de material recogido en las costas de Japón. Es una especie frecuente en aguas templadas del noroeste del océano Pacífico. *R. okamurae* vive sobre sustrato rocoso en la zona intermareal y en lugares someros del infralitoral (Hwang *et al.* 2009). El ciclo de vida es digenético isomórfico (Sun *et al.* 2006). En la primavera de 2002 se descubrió por primera vez una población de *R. okamurae* en la laguna francesa de Thau. El origen de esta introducción fue debido al cultivo de ostras japonesas en la laguna, las cuales eran portadoras de diversas especies tanto animales como vegetales. Desde su descubrimiento, *R. okamurae* fue ampliando su distribución y en 2008 ya se encontraba por toda la laguna, formando poblaciones estables en la zona norte de la misma (Velarque *et al.* 2009). En la actualidad, se han descubierto nuevas poblaciones, en mar abierto, cerca de las costas de la ciudad de Marsella (Verlaque, com. pers.). En el año 2015 se detectó *R. okamurae* frente a las costas de Ceuta (Norte de África) dejando acumuladas en las playas de Ceuta toneladas de esta especie en descomposición (Altamirano *et al.* 2016*;* García-Gómez *et al.* 2018). Entre 2015 y 2016, colonizó la mayor parte de las costas del estrecho de Gibraltar. Las observaciones preliminares de esta especie en el estrecho de Gibraltar indican que el proceso de invasión agresiva y los impactos ecológicos y paisajísticos, no tienen límites en aguas europeas (García-Gómez *et al.* 2018). Recientemente, *R. okamurae* se ha incorporado al Catálogo Español de Especies Invasoras (O. TED/1126/2020 de 1 de diciembre).

Dictyota cyanoloma Tronholm, De Clerck, Gómez Garreta & Rull Lluch fue descrita en 2010 a partir de material previamente asignado a *Dictyota ciliolata* Sonder *ex* Kützing por Rull Lluch *et al.* (2007). Steen *et al.* (2017) defienden la hipótesis de que *D. cyanoloma* ha sido introducida en Europa desde Australia. En Europa, la especie se desarrolla en entornos marinos someros, sobre sustrato duro y principalmente en áreas portuarias, como muros de muelles o rompeolas (Rull Lluch *et al.* 2007; Aragay *et al.* 2016). Los primeros datos sobre la presencia de *D. cyanoloma* en el Mediterráneo corresponden a un ejemplar de herbario del mar Adriático (Split) recogido en el año 1935. Después de su descripción, la especie ha sido citada de otras

partes del Mediterráneo. Además, también se ha señalado su presencia en las costas de levante y del sur de la península Ibérica, incluida la zona del estrecho de Gibraltar (García-Gómez *et al.* 2019; Aragay *et al.* 2016). El vector principal de introducción de la especie en Europa ha sido la navegación, ya que en esta área uno de los principales hábitats de este taxon son los puertos de mercancías y deportivos. *D. cyanoloma* no ha presentado capacidad invasora en las áreas donde se introduce, a diferencia de lo que ocurre con otras especies alóctonas.

Al diseñar el trabajo, se ha pretendido cuantificar la cantidad de ADN nuclear de ejemplares de *R. okamurae* y *D. cyanoloma*, determinando el valor C y el nivel de ploidía de la península Ibérica.

Material y métodos

Las muestras de *R. okamurae* se recogieron el 16 de diciembre de 2019 en la punta del Carnero (Algeciras, Cádiz), en el estrecho de Gibraltar. Por otro lado, el material de *D. cyanolom*a fue recogido el 19 de enero de 2020 en el puerto de Llançà (Girona). Las muestras se congelaron a -20 ºC y algunos ejemplares se conservaron en forma de pliegos en el herbario BCN-phyc del Centro de Documentación de Biodiversidad Vegetal de la Universidad de Barcelona (CeDocBiV). Para la cuantificación del ADN nuclear se descongelaron las muestras y posteriormente se fijaron mediante una solución de MetaCarnoy (metanol 95 % y ácido acético glacial en una proporción de 3:1) durante 24 horas. Pasado este tiempo, se transfirieron a viales con etanol al 70 % que se guardaron a -4º C hasta la realización de los análisis. Para el análisis, las muestras se lavaron en agua destilada y se introdujeron en una solución de EDTA entre 24 y 72 horas para ablandar los tejidos y facilitar su trituración (Goff & Coleman 1990). Puesto que el EDTA no ablandaba suficientemente los tejidos, se probó sumergir la muestra en HCl a una concentración 1N entre 10 y 20 minutos y a una concentración 5N durante 10 minutos, con el objetivo de ablandar aún más los tejidos (Kapraun & Freshwater 1987); sin embargo, esta opción se descartó debido a que dañaba demasiado los núcleos. Tras la trituración de las muestras, el material se transfirió a cubreobjetos impregnados con “subbing solution” y se dejó secar al aire. Siguiendo los protocolos de Goff & Coleman (1990) y Kapraun & Nguyen (1994), para la tinción de los núcleos se utilizó el fluorocromo DAPI (4’6-diamino-2-fenilindol) (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO 63178) a una concentración de 0,5 µg/ml. El fluorocromo se añadía a los cubreobjetos con la muestra y pasada media hora (en oscuridad) se montaba la preparación para ser observada al microscopio al día siguiente. En el caso de no realizarse el tratamiento con DAPI en el mismo momento, los cubreobjetos con la muestra deben rehidratarse con KCl durante 10 minutos antes de añadir el DAPI.

La medición del contenido total del ADN nuclear se realizó analizando las imágenes de los núcleos marcados obtenidas mediante una cámara (AxioCam MRc5, Zeiss) acoplada al microscopio de fluorescencia (Axioplan, Zeiss). Para el tratamiento de las imágenes se utilizó el software MetaMorph (Molecular Devices, Toronto, Ontario, Canada). La medida en picogramos de la cantidad de ADN de los núcleos se determinó mediante la comparación de la intensidad de fluorescencia de los núcleos de la muestra con la de núcleos de eritrocitos de pollo (RBC) que se utilizan como patrón ya que tienen un contenido de ADN constante y conocido de 2.4 picogramos. La asignación del contenido de ADN a los distintos niveles de valor C se ha hecho de manera presuntiva teniendo en cuenta la generación que se estaba estudiando.

Resultados y discusión

Para *R. okamurae* se han estudiado un total de 265 núcleos, y se ha observado que presentan un rango de variabilidad del contenido de ADN muy elevado, desde poco más de 0.1 pg hasta casi 20 pg. Sin embargo, el contenido de ADN de casi la totalidad de los núcleos está comprendido entre 0,1 y 3.5 pg y únicamente un número reducido de núcleos presenta valores más altos (Fig. 1)

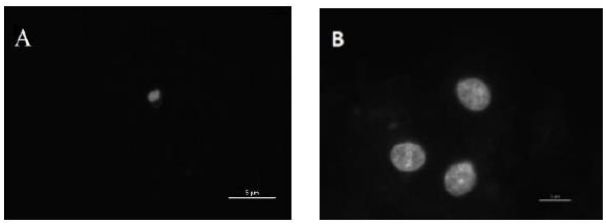


Fig 1. Núcleos de *R. okamurae* con diferente contenido de ADN. C= 1.3 pg y B= 12.5-12.9 pgA

Se han observado tres valores principales los cuales están representados en la Tabla 1. El primer valor está cercano a 0,2 pg (0,21 ± 0,05 pg). El segundo se sitúa alrededor de 0,5 (0,49 ±0,07 pg) y el tercero corresponde a 1,28 ±0,08 pg. Teniendo en cuenta que los ejemplares estudiados no estaban fértiles, asumimos que se trataba de esporófitos, ya que en el orden *Dictyotales* los esporófitos son mucho más frecuentes que los gametófitos y, además, en el área del estrecho de Gibraltar (de donde proceden las muestras) se han encontrado esporófitos reproducidos Ay no gametófitos. Por tanto, consideramos que el valor más pequeño podría corresponder al valor 2C.

En *D. cyanoloma* se han analizado un total de 195 núcleos y se ha observado que presentan un rango de variabilidad del contenido de ADN desde 0,15 pg hasta 4.3 pg. El contenido de ADN de la mayoría de los núcleos está comprendido entre 0.15 y 1.5 pg. Se han observado tres valores, que se muestran en la Tabla 1. El primer valor está cercano a 0.15 pg (0.15 ± 0.058 pg). El segundo valor se sitúa alrededor de 0.35 (0.36 ± 0.048 pg). El tercero, con pocos núcleos, corresponde a 0.75 ± 0.1 pg.

Tabla 1. Contenido de ADN nuclear de las especies *Rugulopteryx okamurae* y *Dictyota cyanoloma.*

Taxa	Localización	2C	4C	8C
Rugulopteryx okamurae	Punta del Carnero (Algeciras)	0,20 ±0,053	0,49 ±0,07	1,28 ±0,08
Dictyota cyanoloma	Puerto de Llançà (Girona)	0,15 ±0,05	0,36 ±0,04	0,75 ±0,1

Teniendo en cuenta que los ejemplares estudiados eran esporófitos, ya que presentaban tetrasporocistes, consideramos que el valor más pequeño que hemos observado debe corresponder al valor 2C.

Durante la realización de este trabajo tuvimos problemas con la tinción de los núcleos de las muestras. Se observó que el problema estaba en el método de fijación, ya que los núcleos se marcaron correctamente al utilizar MetaCarnoy en lugar de Carnoy. Inicialmente no se tuvo en cuenta esta opción, puesto que se había demostrado que en muchas especies de *Dictyotales* se obtenían similares resultados con ambos tipos de fijación (Ribera Siguan *et al.* 2011, Gómez Garreta *et al.* 2010). Sin embargo, Putchtler *et al.* (1970) recomiendan realizar la fijación de las muestras en MetaCarnoy para mejorar el rendimiento de los fluorocromos en la localización de ADN.

Las dos especies estudiadas en este trabajo, de las que no se conoce el contenido de ADN nuclear en sus lugares de origen, presentan valores 2C muy bajos. En el caso de *R. okamurae* al no existir datos sobre ninguna especie de este género en la base de datos del Royal Botanic Gardens de Kew (http://cvalues.science.kew.org) no podemos comparar, pero sí podemos decir que es muy inferior al de otras especies del orden *Dictyotales* (Ribera Siguan *et al.* 2011). Por otro lado, *D. cyanoloma* presenta un valor 2C de 0.15 pg, muy inferior al del resto de especies del género (0.7 – 0.9 pg, según Ribera Siguan *et al.* 2011). Por tanto, podemos concluir que, en ambas especies, el contenido de ADN nuclear es claramente inferior al de las *Dictyotales* nativas del Mediterráneo. Lavergne *et al.* (2010) comentan que existen casos de especies introducidas en las que se produce una reducción del genoma por selección natural en el momento de establecerse en el nuevo medio, gracias a lo cual se desencadena una rápida evolución fenotípica y una mayor tasa de crecimiento. En las algas verdes, Varela-Álvarez *et al.* (2012) demuestran que en las especies del género *Caulerpa* introducidas e invasoras en el Mediterráneo, el tamaño mínimo del genoma es significativamente menor que en la especie *Caulerpa prolifera* (Forsskål) J.V.Lamouroux nativa de este mar.

En nuestro estudio ha quedado patente que tanto los individuos de *D. cyanoloma* como los de *R.*

okamurae presentan endopoliploidía. Varela-Álvarez *et al.* (2012) indican que la multiplicación del número de copias genómicas contribuye al crecimiento de tejido vegetativo en el caso de *Caulerpa*, de manera que la endopoliploidía podría convertirse en una estrategia para el crecimiento clonal, que compensaría el pequeño papel de la reproducción sexual de estas especies en el Mediterráneo. Este hecho, podría también tener importancia en el caso de *R. okamurae* a lo largo de las costas del estrecho de Gibraltar, en donde el número de esporófitos reproducidos es escaso y hay una ausencia de gametófitos fértiles.

Como hemos mencionado anteriormente, el sorprendente pequeño tamaño genómico de *R. okamurae* y el fenómeno que está causando en el estrecho de Gibraltar sugieren que *R. okamurae* adopta una estrategia de invasión desde el momento de su introducción en esta área. Esto puede plantear un nuevo mecanismo potencial por el cual los rasgos clave de la especie pueden evolucionar rápidamente después de la introducción en una nueva región, lo que implica un cambio puntual en la organización del genoma (Lavergne *et al.* 2010). Aunque se desconoce por qué los poliploides están sobrerrepresentados en las listas de especies invasoras, es posible que su heterocigosidad generalmente más alta podría aumentar el éxito ecológico de muchas maneras (Soltis & Soltis 2000; Brochmann *et al.* 2004). A la vista de lo expuesto, consideramos que sería necesario realizar más estudios de *R. okamurae* analizando ejemplares, tanto vegetativos como fértiles, procedentes de diferentes áreas geográficas (zona de origen, zona donde está ocurriendo la invasión, áreas donde la población se mantiene estable) para entender mejor el comportamiento genómico de la especie. Asimismo, sería interesante profundizar en el estudio de *D. cyanoloma* y de otras feofíceas introducidas para intentar comprender el distinto comportamiento de las dos especies analizadas en este trabajo.

Referencias

Altamirano Jeschke, M.; De La Rosa Álamos, J., Martínez Medina, F.J. (2016) Arribazones de la especia exótica *Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) en el Estrecho de Gibraltar.Sesión científica de la Sociedad Española de Ficología, Madrid, Spain, Europe.

Aragay, J.; Vitales, D.; Gómez Garreta, A.; Ribera Siguan, M.A.; Steen, F.; De Clercrk, O.; Garnatjet, T., Rull Lluch, J. (2016) Phenological and molecular studies on the introduced seaweed *Dictyota cyanoloma* (*Dictyotales, Phaeophyceae*) along the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula. *Mediterranean Marine Science* 17 (3): 766-776.

Brochmann, C.; Brysting, A.K.; Alsos, I.G.; Borgen, L., Grund,t H.H. (2004) Polyploidy in Artic plants. *Biological Journal of the Linnean Society Biol*ogy 82: 521–536.

Carlton, J.T. Ruiz, G.M. (2005) Invasive Species: Vectors and Management Strategies. Human dimensions of Wildlife. Sagamore Publishing, England.

García-Gómez, J.; Sempere Valverde, J.; Ostalé Valriberas, E.; Martínez, M.; Olaya Ponzone, L.; Roi González, A.; Espinosa, F.; Sánchez Moyano, E.; Megina, C.; Parada, J.A. (2018) *Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) I.K. Hwang, W.J. Lee & H.S. Kim (*Dictyotales, Ochrophyta*), alga exótica "explosiva" en el estrecho de Gibraltar. Observaciones preliminares y de su distribución e impacto. *Revista de Estudios Campogibraltareños*, pp: 97-103.

García Gómez, J.C.; Sempere Valverde, J.; Roi González, A.; Martínez Chacón, M.; Olaya Ponoze L, Sánchez Moyano E, Ostalé Valriberas E., Megina C (2019). From exotic to invasive in record time: the extreme impact of Ochrophyta in the strait of Gibraltar. *Science of the Total Environment* 704: 1-9, Elsevier B.V.

Gómez Garreta, A.; Ribera Siguan, M.A.; Salvador Soler, N.; Rull Lluch, J., Kapraun, D.F. (2010) Fucales (Phaeophyceae) from Spain characterized by large scale discontinuous nuclear DNA contents consistent with ancestral cryptopolyploidy. *Phycologia* 49: 64-72.

Goff, L.J., Coleman, A.W. (1990) DNA: Microspectrofluorometric studies. In: Cole KM & RG Sheath (eds). Biology of the red algae. Cambridge University Press, New York.

Hwang, I.K.; Lee, W.J.; Kim, H.S., De Clerck, O. (2009) Taxonomic reappraisal of *Dilophus okamurae* (Dictyotales, Phaeophyta) from the western Pacific Ocean. *Phycologia* 48 (1): 1-12.

Kapraun, D.F., Freshwater, D. (1987) Karyological studies of fove species of Porphyra (Bangiales, Rhodophyta) from the North Atlantic and Mediterranean. *Phycologia* 26 (1): 82-87.

Kapraun, D.F., Nguyen, M.N. (1994) Karyology, nuclear DNA quantification and nucleus cytoplasmic domain variations in some multinucleate green algae. *Phycologia* 33: 42-52.

Lavergne, S.; Muenke, N.J., Molofsky, J. (2010) Genome size reduction can trigger rapid phenotypic evolution in invasive plants. *Annals of Botany* 105 (1): 109-116.

Okamura, K. (1913) Icones of japanese algae vol III. Kazamashobo, Tokyo, Japan.

Orden TED/1126/2020, de 20 de noviembre, por la que se modifica el Anexo del Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas, y el Anexo del Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.(2020).Boletín Oficial del Estado,314, sec I de 1 de diciembre de 2020, 108167 a 108171.

Ribera Siguan, A.; Gómez Garreta, A.; Salvador Soler, N.; Rull Lluch, J., Kapraun, D.F. (2011) Nuclear content estimates suggest a synapomorphy between *Dictyota* and six other genera of the *Dictyotales* (Phaeophyceae). *Cryptogamie, Algologie* 2 (32): 205-219.

Puchtler, H.; Sweat Waldrop, F.; Meloan, S.N.; Terry, M.S., Conner, H.M. (1970) Methacarn (methanol-Carnoy) fixation. *Histochemie* 21 (2): 97-116.

Rull Lluch, J.; Ballesteros, E.; Barceló, M.C.; Gómez Garreta, A., Ribera Siguan, M.A. (2007) *Dictyota ciliolata* Sonder ex Kützing (*Phaeophyceae, Dictyotales*) in the Mediterranean Sea. *Cryptogamie, Algologie* 28 (1):89-97.

Soltis, P.S., Soltis, D.E. (2000) The role of genetic and genomic attributes in the success of polyploids. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97: 7051–7057.

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): 31–42.

Sun, J.; Hasegawa, K., Tanaka, J. (2006) A Morphological Study of *Dilophus okamurae* (Dictyotsles, Phaeophyceae) in Japan. *Journal of Japanese Botany* 4 (81): 235-244.

Tronholm, A.; Steen, F.; Leliaert, F.; Verbruggen, H.; Ribera Siguan, M.; Olivier De Clerck, O. (2010) Species delimitation, taxonomy, and biogeography of *Dictyota* in Europe (Dictyotales, Phaeophyceae). *Journal of Phycology* 46: 1301–1321.

Varela-Álvarez, E.; Gómez Garreta, A.; Rull Lluch, J.; Salvador Soler, N.; Serrao, E.A.; Ribera Siguan, M.A. (2012) Mediterranean species of *Caulerpa* are polyploid with smaller genomes in the invasive ones. *Plos One* 7: e47728.

Verlaque, M.; Steen, F.; De Clerck, O. (2009) *Rugulopteryx* (Dictyotales, Phaeophyceae), a genus recently introduced to the Mediterranean. *Phycologia* 48 (6): 536-542.

Verlaque, M.; Ruitton, S.; Mineur, F., Boudouresque, C.F. (2015) Atlas of exotic species of the Mediterraneam. Macrophytes. Edited by F. Brian. CIESM, Monaco.

Williams, S.L, Smith, J. E. (2007) A Global Review of the Distribution, Taxonomy, and Impacts of Introduced Seaweeds. Annual Review of Ecology, *Evolution, and Systematics* 38 (1): 327–359.

UNIVERSIDAD DE BARCELONA. Máster de Oceanografía y Gestión del Medio Marino

Estudio taxonómico y cuantificación de ADN nuclear en *Delisea pulchra* (Greville) Montagne (Bonnemaisoniales, Rhodophyta)

AUTORA: Júlia Plaja Canyet. jplajaca29@alumnes.ub.edu

DIRECTORES: Jordi Rull Lluch y Amelia Gómez Garreta.

FECHA DE DEFENSA: 20 de noviembre de 2020

Introducción

Delisea pulchra (Greville) Montagne es un rodófito del orden Bonnemaisoniales que fue descrito originalmente por Greville en 1830 con el nombre de *Bowiesia pulchra* y, posteriormente, Montagne (1844) lo transfirió al género *Delisea* (Guiry & Guiry 2020). Su distribución actual incluye las costas sur de Australia, Nova Zelanda y las islas Kermadec. También se han citado ejemplares de Nova Caledonia y de numerosas islas subantárticas. En la Antártida, esta especie se encuentra en las islas Shetland del Sur, la península Antártica y Tierra de Graham (Guiry & Guiry 2020). Generalmente, *Delisea pulchra* crece a 15-40 m de profundidad, en forma de matas, sobre substrato rocoso (Lamb & Zimmerman 1977).

El contenido de ADN nuclear se expresa mediante el valor C. Este término se define como múltiplos de las cantidades mínimas de ADN correspondientes al complemento de cromosomas haploides no replicados (Greilhuber *et al.* 2005). La información sobre el valor C se utiliza en distintos campos biológicos, como en genética, taxonomía, filogenética y biogeografía (Bennett & Leitch 2001, 2005a, b; Pellicer *et al.* 2010). Además, la información genómica de las algas ha proporcionado una gran cantidad de conocimientos sobre el origen unicelular de las plantas superiores y la evolución de los eucariotas fotosintéticos (Bowler & Allen 2007, Tirichine & Bowler 2011).

Los objetivos de este trabajo son, en primer lugar, hacer una descripción morfológica y anatómica de la especie Delisea pulchra de la Antártida, en segundo lugar, proporcionar una estima de la cantidad de ADN nuclear y conocer el nivel de ploidía y, por último, identificar e interpretar el modelo nuclear de desarrollo.

Metodología

Las muestras analizadas en este trabajo provienen de distintas localidades de las islas Decepción y Livingston (Shetland del Sud, Antártida) y fueron recolectadas durante las campañas de los proyectos BLUEBIO y DISTANCOM. El material fue recogido entre 20 y 25 m de profundidad, sobre substrato rocoso, en inmersión con escafandra autónoma. Las muestras se conservaron congeladas a -20 ºC hasta el momento de su estudio.

En primer lugar, se hizo una descripción de las principales características morfológicas de la especie, haciendo uso de una lupa binocular dotada de cámara clara, con la cual se realizaron diversas medidas y dibujos. Para el estudio anatómico se hicieron cortes transversales y longitudinales y se observaron con un microscopio óptico con cámara fotográfica acoplada. Una parte del material se conservó en solución de formol al 4% y también se realizaron pliegos de herbario, que han quedado depositados en el herbario BCN-phyc de la Universidad de Barcelona (Centro de Documentación de Biodiversidad Vegetal).

Para el análisis del contenido de ADN nuclear se fijaron pequeños fragmentos del alga en Carnoy (solución de etanol 95 % y ácido acético glacial en proporción 3:1) y, posteriormente, se guardaron en etanol al 70 % a 4 ºC. Para su estudio, las muestras se rehidrataron con agua destilada y se pusieron en

EDTA al 5 %. A continuación, se trituró el material (squash) y se transfirió a cubreobjetos impregnados de subbing solution (Kapraun 2005). Para el marcaje de los núcleos, los cubreobjetos se trataron primero con KCl y, seguidamente, se añadió el fluorocromo DAPI (4',6-diamidino-2-fenilindol). Se hicieron las preparaciones microscópicas y se observaron en el microscopio de fluorescencia (Goff &Coleman 1990, Kapraun & Nguyen 1994). Con la cámara fotográfica acoplada al microscopio se capturaron numerosas imágenes de los núcleos marcados. El tratamiento de las imágenes se realizó mediante el programa MetaMorph y se obtuvieron los valores de intensidad de fluorescencia (If) de los núcleos de Delisea pulchra. El contenido de ADN nuclear se estimó utilizando como valor estándar el de los eritrocitos de pollo, que es de 2,4 pg de ADN (Clowes *et al.* 1983). El tratamiento de datos se llevó a cabo mediante el programa Statgraphics Centurion XVIII versión 18.1.13.

Resultados y discusión

Aspectos taxonómicos

Gametófitos de color rojo oscuro o marrón y consistencia cartilaginosa, formados por ejes comprimidos, muy ramificados, que pueden medir hasta 40 cm de longitud. Ramificación alternada y dística, con pequeñas ramillas de crecimiento limitado (generalmente entre 3 y 5) dispuestas entre las ramas de crecimiento indefinido. Ramillas de crecimiento limitado de dos tamaños, unas largas, de 5 a 10 mm de longitud, y otras más cortas, en forma de espina, de 200 a 800 µm de longitud y generalmente dispuestas delante de las largas. Los individuos se fijan al sustrato mediante un disco basal. Estructura uniaxial, con una pequeña célula apical de 5 a 7 µm de ancho. En sección transversal, se distingue una célula central grande y ovalada, de 160 - 455 x 415 - 1060 µm, correspondiente al filamento axial, envuelta por numerosas células pequeñas, de 4.5 – 11.8 x 21.6 – 37.4 µm, correspondientes a los rizoides internos. Se distingue también la médula, formada por células grandes e incoloras, de 130 - 220 µm de ancho por 160 - 260 µm de largo, y el córtex, formado por células más pequeñas y pigmentadas, de 6 a 10 µm de diámetro. Esporófitos no observados.

Planta dioica. Carpogonio originado en la zona apical de las ramas indefinidas, interno, con la tricógina sobresaliendo y alargada, de 32.14 – 34.29 µm de largo. Cistocarpos sésiles, subterminales, de 0.5-1.2 mm de ancho por 0.75 – 1.35 mm de largo, con un ostiolo dirigido hacia delante y hacia fuera. Carpósporas alargadas y en forma de gota, de 27.5 - 42,5 µm de ancho por 100-175 µm de largo. Espermatocistes dispuestos en soros irregulares, de 1.6 – 3.4 mm de ancho por 2.4 - 6 mm de largo, situados en la zona apical de las ramas indefinidas. Tetrasporocistes no observados.

Nuestras observaciones se han comparado con las descripciones de los trabajos de Womersley (1988), Bonin & Hawkes (1988), Ricker (1987) y Lamb & Zimmermann (1977). La mayoría de las características observadas en nuestro estudio estuvieron de acuerdo con sus trabajos. No obstante, hay un punto de diferencia en cuanto a la longitud de las ramillas de crecimiento limitado. Womersley (1988) no distinguió entre ramillas largas y cortas, indicando únicamente que medían (0.5 -) 1 - 2 (-3) mm de longitud. En cambio, en nuestro trabajo se observaron dos tipos de ramillas de crecimiento limitado que se distinguen por su tamaño. Estas diferencias se podrían atribuir a la procedencia de las muestras, ya que Womersley (1988) describió ejemplares de *Delisea pulchra* de Australia.

Aspectos citogenéticos

Se estimaron los valores C de diferentes tipos de células vegetativas y de las células reproductoras de los gametófitos femenino y masculino de *Delisea pulchra*. La asignación de los niveles de ploidía se llevó a cabo a partir de los valores obtenidos en los espermacios.

La Tabla 1 incluye información sobre los diferentes tipos de células estudiados, la generación, el número de núcleos examinados y los resultados obtenidos.

Los resultados indican que el contenido de ADN nuclear de *Delisea pulchra* es de 1C= 0.3 pg (2C=

0.6 – 0.7 pg). Este valor es coherente si se consideran conjuntamente los valores obtenidos en los diferentes tipos de células estudiadas. Los resultados concuerdan con los datos presentados por Kapraun & Freshwater (2012) en la especie *Delisea plumosa*, que es la única especie del género del cual se conoce el contenido de ADN nuclear (4C = 1 pg). Además, el trabajo de Salvador Soler *et al.* (2009) presentó valores 1C = 0.3 pg y 2C = 0.5-0.8 pg para las células vegetativas de los gametófitos de diferentes especies del género *Bonnemaisonia*.

En este trabajo no se pudo determinar el contenido de ADN nuclear de las carpósporas debido a que no se marcaron correctamente los núcleos. No obstante, en el estudio de Salvador Soler *et al.* (2009) sí que se pudo cuantificar su ADN nuclear ya que los autores analizaron carpósporas libres obtenidas mediante cultivos.

Se analizaron partes apicales no disgregadas que nos permitieron cuantificar el ADN nuclear de las células del filamento axial de manera secuencial. El contenido de ADN de las células del filamento axial aumenta progresivamente, desde la célula apical (0.27 pg) hasta la célula axial más basal observada (52.11 pg). Este patrón fue descrito por primera vez por Goff & Coleman (1990) en la especie *Wrangelia plumosa* Harvey, indicando que el gametófito crecía a partir de una célula apical uninucleada, dando lugar a una célula axial uninucleada derivada que iba aumentando de tamaño proporcionalmente a su nivel de ploidía.

Tabla 1. Contenido de ADN nuclear de diferentes tipos de células de *Delisea pulchra*. Datos estandardizados al nivel de ADN de los eritrocitos de pollo *Gallus gallus* (RBC= 2.4 pg). v: células vegetativas, G♂: gametófito masculino, G: gametófito y C: carposporófito.

Tipos de células	Generación	Nº de núcleos examinados	Contenido de ADN nuclear (pg±SD)					
			1C	2C	4C	8C	16C	32C
Células corticales (v)	G	133	0.3±0.08					
Células medulares (v)	G	63	0.4±0.1	0.7±0.1	1.2±0.2	2.5±0.3	4.7±0.02	9.9±0.05
Células apicales (v)	G	31	0.3±0.08					
Rizoides internos (v)	G	3	0.3±0.03	0.7 pg				
Células del gonimoblasto	C	135	0.3±0.02	0.7±0.09	1.2±0.02	2.5±0.01		
Espermacios	G♂	391	0.3±0.07	0.6±0.02				

Durante el estudio de las muestras al microscopio de fluorescencia observamos que muchas células apicales y corticales presentaban, además de su núcleo, diversas inclusiones citoplasmáticas de tamaño muy reducido que también quedaban marcadas con DAPI. Vítová *et al.* (2005) sugirieron que estos pequeños núcleos correspondían al ADN de los cloroplastos. Como que en nuestro caso observamos estos núcleos en las células corticales y apicales, y no en las medulares, podría ser que estas inclusiones correspondieran al ADN de los cloroplastos. Sin embargo, el hecho de no haberlas observado en otras especies estudiadas (Rull Lluch *com. pers*) y que Goff &Coleman (1990) no se refieran a ellas (en particular a su presencia en las células apicales y corticales) hace pensar que puedan tener un origen diferente, por lo que consideramos que debería profundizarse en su estudio.

Conclusiones

Las observaciones taxonómicas indican que, en general, los ejemplares antárticos de *Delisea pulchra* estudiados concuerdan con las descripciones bibliográficas de la especie. El contenido de ADN nuclear de *Delisea pulchra* es de

1C= 0,3 pg. Además, los valores obtenidos en los diferentes tejidos estudiados son coherentes y han permitido establecer los siguientes niveles de ploidía: 2C= 0,6-0,7 pg; 4C= 1,2 pg; 8C= 2,5 pg; 16C= 4,7 pg y 32C= 9,9 pg. Así pues, se han podido obtener valores para todos los tipos de células estudiados, excepto para las carpósporas, que no se marcaron correctamente con el fluorocromo DAPI. *Delisea pulchra* presenta un modelo nuclear de desarrollo que concuerda con uno de los descritos por Goff & Coleman (1990) y que consiste en el incremento progresivo del contenido de ADN nuclear a lo largo del filamento axial, a partir de una célula apical uninucleada no poliploide. Finalmente, las células apicales y corticales de *Delisea pulchra* suelen presentar inclusiones citoplasmáticas que se marcan con el fluorocromo DAPI y que podrían corresponder al ADN de los cloroplastos.

Referencias

Bennett, M.D., Leitch, I.J. (2001) Nuclear DNA amounts in pteridophytes. *Annals of Botany*, 87(3), 335-345.

Bennett, M.D., Leitch, I.J. (2005a) Nuclear DNA amounts in angiosperms: progress, problems and prospects. *Annals of Botany*, 95(1), 45-90.

Bennett, M.D., Leitch, I.J. (2005b) Plant genome size research: a field in focus. *Annals of Botany*, 95(1), 1-6.

Bonin, D.R., Hawkes, M.W. (1988). Systematics and life histories of New Zealand Bonnemaisoniaceae (Bonnemaisoniales, Rhodophyta): II. The genus *Delisea*. *New Zealand Journal of Botany*, 26(4), 619-632.

Bowler, C., Allen, A.E. (2007) The contribution of genomics to the understanding of algal evolution. *Unravelling the algae: the past, present, and future of algal systematics*, 331-340.

Clowes, A.W., Reidy, M.A., Clowes, M.M. (1983) Kinetics of cellular proliferation after arterial injury. I. Smooth muscle growth in the absence of endothelium. *Laboratory Investigations*, 49, 327-333.

Goff, L.J., Coleman, A.W. (1990) DNA: microspectrofuorometric studies. A Cole, K. M., & Sheath, P. G. (ed.). *Biology of the red algae*. p. 43-72. Cambridge University Press.

Greilhuber, J., Doležel, J., Lysak, M.A., Bennett, M. D. (2005) The origin, evolution and proposed stabilization of the terms 'genome size' and 'C-value' to describe nuclear DNA contents. *Annals of botany*, 95(1), 255-260.

Guiry, M.D., Guiry, G.M. (2020) *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. http://www.algaebase.org. Consultada noviembre de 2020.

Kapraun, D.F., Nguyen, M.N. (1994) Karyology, nuclear DNA quantification and nucleus-cytoplasmic domain variations in some multinucleate green algae (Siphonocladales, Chlorophyta). *Phycologia*, 33(1), 42-52.

Kapraun, D.F. (2005) Nuclear DNA content estimates in multicellular green, red and brown algae: phylogenetic considerations. *Annals of botany*, 95(1), 7-44.

Kapraun, D.F., Freshwater, D.W. (2012) Estimates of nuclear DNA content in red algal lineages. *AoB Plants*, 2012.

Lamb, I.M., Zimmerman, M.H. (1977). Benthic marine algae of the Antarctic Peninsula. *Antarctic Research Series*, 23, 130-227.

Pellicer, J., Garcia, S., Canela, M.A., Garnatje, T., Korobkov, A.A., Twibell, J.D., Vallès, J. (2010) Genome size dynamics in *Artemisia* L. (Asteraceae): following the track of polyploidy. *Plant Biology*, 12(5), 820-830.

Ricker, R.W. (1987) Taxonomy and Biogeography of Macquarie Island Seaweeds. British Museum, London.

Salvador Soler, N., Gómez Garreta, A., Ribera Siguan, M.A. (2009) Somatic meiosis in the life history of *Bonnemaisonia asparagoides* and *Bonnemaisonia clavata* (Bonnemaisoniales, Rhodophyta) from the Iberian Peninsula. *European Journal of Phycology*, 44(3), 381-393.

Tirichine, L., Bowler, C. (2011) Decoding algal genomes: tracing back the history of photosynthetic life on Earth. *The Plant Journal*, 66(1), 45-57.

Vítová, M., Hendrychová, J., Cepák, V., Zachleder, V. (2005) Visualization of DNA-

containing structures in various species of Chlorophyta, Rhodophyta and Cyanophyta using SYBR green I dye. *Folia microbiologica*, 50(4), 333-340.

Womersley, H.B.S. (1998) *The Marine Benthic Flora of Southern Australia Rhodophyta. Part IIIB. Gracilariales, Rhodymeniales, Corallinales and Bonnemaisoniales*. Canberra: Australian Biological Resources Study.

Reseñas de Trabajos de Fin de Grado

UNIVERSIDAD DE GRANADA

Valoración agronómica del compost de residuos de algas marinas

AUTORA: Elena Jaime Díaz. elenajaimediaz@correo.ugr.es

TUTORES: Engracia Madejón Rodríguez (IRNAS-CSIC) y Julio De la Rosa Álamos (UGR)

Resumen

La acumulación de algas en las playas es un problema recurrente que genera daños económicos al afectar a actividades como el turismo. La incineración o acumulación en vertederos son las opciones tomadas por los ayuntamientos para hacer frente a estos inconvenientes. El presente trabajo pretende evaluar el uso de estos arribazones a partir de tres productos compostados como enmiendas en parcelas de cultivo de hortalizas (cebolla, tomate, berenjenas y melones) y viñas localizadas en la villa de Rota (Cádiz). Los compost presentan distintos porcentajes de algas marinas (AM) y restos de poda (RP): Compost 1: 2 partes de RP por 1 parte de AM; Compost 2: 1 parte de RP por 1 parte de AM. Compost 3: 1 parte de RP por 2 partes de AM, los cuales responden a diferentes grados de salinidad y relación C/N. Los resultados mostraron que los compost 1 y 2 aumentan la producción de las cosechas (tanto de hortalizas como de la vid y en menor medida del tomate) y la nutrición mineral en el cultivo de viña. Se observaron problemas de crecimiento y desarrollo (salvo en el cultivo de tomate) relacionados con la salinidad presente en el compost 3. Los suelos a los que se añadieron los distintos compost mejoraron su fertilidad. Con los resultados obtenidos se mejora la gestión de las algas retiradas de las playas y el reemplazo de fertilizantes químicos promoviendo el uso de sistemas de producción agrarios más sostenibles y considerados con el medio ambiente.

Introducción

Cada año, grandes acúmulos de algas son retiradas de las playas e incineradas o trasladadas a vertederos, perdiéndose un valioso sustrato orgánico (Fig. 1). En la actualidad, el uso de este tipo de sustrato en agricultura constituye una estrategia que permite conservar y restaurar la fertilidad del suelo, que poco a poco se está perdiendo como consecuencia de nuestro marcado estilo de vida (Van-Camp *et al.* 2004). Por tanto, interesaría plantearse la posibilidad de aunar estas dos problemáticas a partir del reciclaje de residuos de algas como fertilizante.

Sin embargo, existen una serie de inconvenientes en su uso como fertilizante como la concentración de sal y cantidad de arena, el contenido en metales pesados y la adecuada gestión de la relación C/N (Cuomo *et al.* 1995, Michalak & Chojnacka 2014). Estos podrían solucionarse mediante su compostaje, proceso microbiano que permite la elaboración de un producto estable higienizado y humificado mediante la oxidación biológica y aeróbica de la materia orgánica (MO) (Idrovo 2020).

Fig. 1. Imagen de arribazón en la playa de Rota. Foto: Julio De la Rosa

Los residuos de algas compostados han sido utilizados desde antiguo por los agricultores cercanos a las zonas de litoral. Los beneficios observados en cultivos gracias a los aportes de nutrientes son: (1) incremento del desarrollo y calidad de los cultivos ya que estimulan el desarrollo de las semillas y raíces (2) acondicionamiento del suelo: incrementan el contenido en MO y estimulan el desarrollo de microorganismos beneficiosos para el mismo (Eyras *et al.* 2008, Greger *et al.* 2007, Michalak & Chojnacka 2014)

Este trabajo se enmarca dentro de un proyecto financiado por la Fundación Tauw (AN 201905_5 "Bioresourcing sea-algal waste") que se está llevando a cabo en el municipio de Rota (Cádiz) desde principios de 2019. El objetivo ha sido probar diferentes productos de mezclas de algas marinas (AM) y restos de poda (RP) como fertilizantes orgánicos para la horticultura y la viticultura de proximidad. Se pretende que esta valorización pueda reducir la necesidad del uso de fertilizantes inorgánicos, así como una gestión eficiente de los arribazones recogidos de las costas.

Material y métodos

El proceso de compostaje y los distintos análisis implicados en el trabajo fueron realizados por el grupo de investigación del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. Las AM fueron recolectadas en las playas de Rota y trasladadas a la planta de compostaje donde junto con RP, se realizó el proceso de compostaje. Se construyeron 3 pilas: una primera pila con 1 parte de AM y 2 partes de RP (compost 1), una segunda pila con 1 parte de AM y 1 parte de RP (compost 2) y una tercera pila con 2 partes de AM y 1 parte de RP (compost 3). Se analizaron los productos obtenidos y se midieron los siguientes parámetros: humedad, pH, conductividad eléctrica (CE), contenido en C y N y contenidos de nutrientes y elementos traza.

Para la evaluación agronómica se usaron 3 parcelas experimentales: Parcela 1, dedicada al cultivo de uva (variedad *Tintilla de Rota*) (Fig. 2); Parcela 2, donde se cultivaron cebollas, berenjenas y melones (Fig. 3 y 4); y Parcela 3, donde se cultivaron tomates (Fig. 5 y 6). En la Parcela 1 cada tipo de compost fue añadido a lo largo del caballón de las vides. En el caso de la Parcela 2 y 3, se añadieron los tres tipos de compost a lo largo de una única línea de cultivo. Para conocer los efectos ejercidos por los distintos compost, se realizó un seguimiento del suelo a través de un análisis del mismo antes y después de la aplicación del compost, y un seguimiento del cultivo a partir de la medición de la producción obtenida, así como un análisis foliar en el caso del cultivo de vid.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos mostraron que los compost presentaban una salinidad moderadamente alta, especialmente en el compost 3, pero ninguno presentó valores mayores de 8 mS cm^{-1} (Santamaría *et al.* 2001), considerado el umbral de lisis celular de los microorganismos. En los productos finales, las cantidades de C y N y de nutrientes se vieron disminuidas por la eliminación de la fracción más gruesa de la poda tras el tamizado y la concentración de arena. La proporción C/N fue óptima.

Fig 2. Imagen de la viña 'El Gato'. Variedad de uva Tintilla

Por otra parte, los resultados del análisis del suelo antes de la aplicación de los compost mostraban un porcentaje de MO bajo en la parcela 1 y adecuado en las otras dos parcelas, siendo la parcela 3 donde se encontró un contenido de MO más alto. Los valores de CE fueron bajos. La parcela 1 presenta

textura arenosa, lo que podría implicar una menor retención de nutrientes (Palacios, 2012).

Fig. 3 (izq.) **y 4** (dcha). Imagen de cultivos de berenjena y melones. Izq. Primeros estadios. Dcha. Desarrollados. Fotos: Engracia Madejón

Después de la aplicación del compost, en la Parcela 1 se vieron incrementados los contenidos en MO y macronutrientes, especialmente en la línea tratada con el compost 2. Sin embargo, y seguramente por la naturaleza arenosa del suelo, no se produjo acumulación de sales. En la Parcela 2 se observó un aumento de MO y N con la adición del compost, siendo los suelos con el compost 1 los que mostraron valores más altos de macronutrientes. Se produjeron aumentos importantes de CE, especialmente en el caso de la aplicación de compost 3. En la Parcela 3, se observa un ligero incremento de MO y NPK en términos generales en los suelos con el compost 3. En cuanto a los valores de CE, de nuevo el compost 3 fue el que causó los mayores aumentos de salinidad.

Fig. 5 (izq) y **6** (dcha). Imagen de cultivo de tomates. Izq. Primeros estadios. Dcha. Desarrollados.

Los resultados obtenidos en el cultivo de vid mostraron un mayor crecimiento vegetativo de la planta y, aunque los resultados de producción no apuntan a una mejora causada por los compost, el incremento de la fertilidad del suelo podría llevarnos a efectos residuales que podrían manifestarse en años posteriores. En cuanto a los análisis foliares, las concentraciones de macronutrientes fueron mayores en los tratamientos con compost, especialmente en las plantas tratadas con el compost 3. Los valores elementos traza obtenidos están fuera de los valores considerados fitotóxicos.

La mayor producción como peso total se obtiene a partir del tratamiento con compost 1 en el cultivo de melones y berenjenas, y a partir de la aplicación del compost 2 en el caso del cultivo de cebolla. Los resultados más bajos se obtuvieron en los tratamientos con el compost 3. La salinidad del suelo de la parcela 2 pudo haber afectado al crecimiento y desarrollo de los cultivos, considerados sensibles a la salinidad. (Ünlükara *et al.* 2010; Machado & Serralheiro 2017; Amacher *et al.* 2000). En el cultivo de tomate, a diferencia del resto, la producción fue superior en la línea de cultivo en la que se aplicó el compost 3. El aumento de salinidad del suelo no se ha visto reflejado negativamente al ser una especie con mayor tolerancia a las sales (Machado & Serralheiro 2017).

Conclusiones

1. Se ha obtenido un abono orgánico a partir de algas marinas y restos de poda que, además de incrementar la productividad de las cosechas en relación con el abono normalmente utilizado, mejoran los problemas de fertilidad y pobreza del suelo al incrementar las proporciones de MO presentes, lo cual generaría una mayor cantidad de beneficios a largo plazo.

2 La salinidad del compost de algas podría ser el factor limitante en su uso como fertilizante para cultivos hortícolas. Su mezcla con restos de poda puede ser una solución frente a los problemas relacionados con la salinidad.

3. El uso de este compost permitiría la reducción del uso de fertilizantes químicos y encontrar una alternativa sostenible al uso de algas que son retiradas cada año de las zonas costeras.

4. La gran cantidad de arena retirada de las playas durante la recolección de las algas, disminuye la calidad nutricional del compost. Por tanto, sería conveniente encontrar alternativas a la excavación para su retirada.

Referencias

Amacher, J. K., Koenig, R., Kitchen, B. (2000). Salinity and plant tolerance. *Most*, 1-8.

Cuomo, V., Perretti, A., Palomba, I., Verde, A., Cuomo, A. (1995) Utilisation of *Ulva rigida* biomass in the Venice Lagoon (Italy): biotransformation in compost. *Journal of Applied Phycology* 7(5), 479-485. https://doi.org/10.1007/BF00003932.

Eyras, M. C., Dellatorre, F., Defossé, G. E. (2008) Seaweed Compost as an Amendment for Horticultural Soils in Patagonia, Argentina. *Compost Science and Utilization*, 16(2), 119-124. https://doi.org/10.1080/1065657X.2008.10702366.

Greger, M., Malm, T., Kautsky, L. (2007).Heavy metal transfer from composted macroalgae to crops. *European Journal of Agronomy* 26(3), 257-265. https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.10.003

Idrovo, J. C. (2020) Compostaje de residuos procedentes de la Industria florícola en Ecuador. Empleo agrícola y para la biorremediación ambiental de los compost obtenidos. (Tesis Doctoral). Universidad Miguel Hernánez de Elche, España.

Machado, R. M. A., Serralheiro, R. P. (2017) Soil salinity: Effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae* 3(2), 30. https://doi.org/10.3390/horticulturae3020030

Michalak, I., Chojnacka, K. (2014) Algal compost - Toward sustainable fertilization. *Reviews in Inorganic Chemistry* 34(4) 161-172. https://doi.org/10.1515/revic-2014-1000

Palacios, N. D. (2012) Uso de tres mejoradores de retención de nutrientes en el suelo. (Tesis doctoral). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Santamaría, S., Ferrera, R., Almaraz, J. J., Galvis, A., Barois, I. (2001) Dinamica y relaciones de microorganismos, C-Orgánico y N-Total durante el composteo y vermicomposteo. *Agrociencia* 35(4) 337-384.

Ünlükara, A., Kurunç, A., Kesmez, G. D., Yurtseven, E., Suarez, D. L. (2010) Effects of salinity on eggplant (Solanum melongena L.) growth and evapotranspiration. *Irrigation and Drainage* 59(2) 203-214. https://doi.org/10.1002/ird.453

Van-Camp, L., Bujarrabal, B., Gentile, A. R., Jones, R. J. a, Montanarella, L., Olazabal, C., Selvaradjou, S.-K. (2004) Reports of the Technical Working Groups Established Under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319. En Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Efecto agronómico de preparados de algas en el cultivo ecológico de rábano (*Raphanus sativus*)

AUTOR: Ignacio Naranjo González
TUTORA: Rosa Perán Quesada

El proceso mediante el cual tiene lugar la llegada y acumulación de cantidades significativas de macroalgas en las costas se conoce con el nombre de arribazón. La presencia de grandes cantidades de arribazones de algas invasoras en las costas del Estrecho de Gibraltar supone un escenario idóneo para comprobar la utilidad o aprovechamiento de estas algas en agricultura ecológica. Para esta

experiencia se eligió el alga parda de mayor presencia, *Rugulopteryx okamurae*, con la que se elaboraron dos tratamientos líquidos (un té y un compost). Un tercer preparado líquido a base de estiércol de caballo se comparó con los anteriores para estudiar el efecto agronómico de los mismos en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus*). Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas de ambos preparados de algas respecto al control sobre todas las variables cuantificadas. Los mejores resultados se obtuvieron con el té de algas, seguido del compost de algas y por último el compost de caballo, con lo que se pone de manifiesto el potencial agronómico del uso de compost líquidos a base de algas en agricultura ecológica.

Palabras clave

Agricultura ecológica, Algas, *Rugulopteryx okamurae*, Compost, Té de algas, rábano, *Raphanus sativus*

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Actividad fotosintetica de la macroalga marina exotica *Rugulopteryx okamurae* (Ochrophyta): implicaciones ecofisiologicas.

AUTORA: Marina Gómez Valderrama
TUTOR: Félix López Figueroa

La macroalga marina *Rugulopteryx okamurae* (Ochrophyta) es una especie exótica introducida probablemente por aguas de lastre en aguas del Estrecho de Gibraltar y que se está extiendo a alta velocidad en las costas de Andalucía, especialmente en la provincia de Cadiz. Esta especie esta desplazando a especies autóctonas desde la superficie a 15-30 metros de profundidad. Con el fin de contribuir a planes de gestión y control, en este trabajo se valora la variación temporal de la biomasa de arribazón en una zona costera piloto y se realizan estudios de la actividad fotosintética en diferentes meses del año tanto *in situ* como en el laboratorio. El conocimiento básico de los patrones fotosintéticos puede ayudar a tener un mayor conocimiento de la ecofisiologíia y sus respuestas a variables ambientales que expliquen su éxito invasor y que permita encontrar debilidades que ayuden a su control.

Palabras clave:

Aguas de lastre, Biomasa, Estrecho de Gibraltar, Fotosíntesis, *Rugulopteryx okamurae.*

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Uso cosmecéutico de la macroalga marina exótica *Rugulopteryx okamurae* (Ochrophyta)

AUTORA: Patricia Ana Romero López
TUTORES: Félix López Figueroa y Julia Vega Sánchez

Rugulopteryx okamurae es un alga exótica de origen asiático que se está expandiendo por las aguas del Estrecho de Gibraltar y Mar Mediterráneo y está causando daños en los ecosistemas marinos y en el medio socioeconómico. Para paliar esta situación, en el presente trabajo se propone un proyecto de investigación sobre el estudio de la composición bioquímica del alga con el fin de

estudiar su posible valorización y uso que esto ayude a la gestión de la invasión de los ecosistemas acuáticos. Se hace una revisión bibliográfica del estado de conocimiento de esta especie y su proliferación en las costas de Andalucía. Se propone el uso de la biomasa como recurso en la industria cosmecéutica para la obtención de dos productos con propiedades anti fotoenvejecimiento y anti-inflamatoria, debido a los extractos bioactivos que se derivan de ella.

Palabras clave: Algas exótica invasora, Antioxidantes, Cosmecéutica, Fotoprotectores, Gestión ambientalmarina, *Rugulopteryx okamurae.*

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Rugulopteryx okamurae, gestión y aprovechamiento energético de una especie invasora

AUTOR: David Muñoz Blanco
TUTORES: Félix López Figueroa y Julia vega Sánchez

Desde hace ya más de un lustro, parte de la costa andaluza está siendo asediada por masivas cantidades un alga invasora, *Rugulopteryx okamurae*, y desde los últimos años, su presencia está provocando daños en los ecosistemas marinos y el medio socioeconómico. Son necesarios planes de acción para la gestión y control de la especie. Llevar a cabo esta gestión depende del respeto medioambiental con el que se pretende hacer la limpieza además de dedicarle un destino acorde con la economía azul. En este trabajo se propone un proyecto de investigación para estudiar la producción de bioetanol a partir de la biomasa de algas recolectadas.

Palabras clave: Alga, Biocombustible, Bioetanol, Especies invasoras, Gestión ambiental, *Rugulopteryx okamurae*

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Ecofisiología de *Rugulopteryx okamurae*

AUTOR: Rubén Huesa Cerdán
TUTORA: Natalie Korbee Peinado

La invasión del alga asiática *Rugulopteryx okamurae*, que ha protagonizado en los últimos años una increíble expansión en el área del Estrecho y en la bahía de Cádiz, está reduciendo de forma muy drástica la biodiversidad del intermareal y submareal, causando un gran impacto económico en actividades como la pesca y el turismo. En el último año se ha observado una proliferación masiva en las costas malagueñas. Es primordial conocer la ecofisiología de esta macroalga con el fin de proponer medidas que ayuden a controlar la expansión de la especie.

Con este fin se recogieron muestras de la playa de La Caleta en Tarifa y se llevó a cabo un experimento bifactorial de 10 días para estudiar la respuesta fisiológica de *R. okamurae* ante distintos ratios N:P y en dos condiciones de temperatura, 15 y 22 ºC, para estudiar diversos parámetros fotosintéticos y bioquímicos. Si bien algunos resultados fueron significativos, esta especie de

macroalga no se ve afectada generalmente por estos factores ambientales.

Palabras clave Biodiversidad, Bioquímica, Ecofisiología, Especie invasora, Estrecho de Gibraltar, Fotosíntesis, Nutrientes, Relación de Redfield, *Rugulopteryx okamurae*, Temperatura

Resúmenes de la sesión científica de la Jornada SEF 2020. 15 de diciembre de 2020.

Variabilidad temporal de la morfología e invasividad de *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) en el estrecho de Gibraltar

Marina Salido & María Altamirano*

Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga.
*Autor de correspondencia: altamirano@uma.es

Rugulopteryx okamurae es un alga parda de origen asiático presente desde hace pocos años en las costas del mar de Alborán, y recientemente incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras (RD 630/2013) por los impactos que está produciendo a nivel ecológico y económico en esta región, una zona altamente debilitada debido a tres invasiones previas de otras macroalgas invasoras. Su correcta identificación es crucial para la gestión de esta especie, lo que supone todo un reto, ya que se considera una invasión críptica, al presentar caracteres morfológicos muy similares a especies simpátricas del género *Dictyota*, y porque además parecen presentar cambios a lo largo de tiempo. Los mecanismos reproductivos de la especie observados hasta el momento son monosporas asexuales y propágulos vegetativos, desconociéndose su fenología, importante para determinar la variabilidad temporal de la invasividad de la especie. Ambas cuestiones son de especial interés para la correcta gestión de esta especie invasora. Es por ello por lo que el objetivo del presente trabajo es aportar conocimientos científicos útiles para la gestión de *R. okamurae* en relación con su correcta identificación taxonómica a lo largo del año, y la detección de ventanas temporales de elevada invasividad del taxón. Para ello se ha realizado un estudio temporal de talos de *R. okamurae* de una población de Punta Carnero (Algeciras, Cádiz) desde diciembre de 2019 hasta octubre de 2020, a los que se les ha analizado mensualmente una serie de caracteres morfológicos y anatómicos, así como la presencia de estructuras de reproducción asexual (monosporas) y de multiplicación vegetativa (propágulos). *Rugulopteryx okamurae* ha mostrado variabilidad morfológica a lo largo del periodo de estudio, observándose la presencia de tres morfotipos, grueso, fino e intermedio, distinguibles principalmente por caracteres asociados a la anatomía del margen y parte central del talo, que se estrechan en el periodo estival, pero que permiten una identificación acertada de la especie invasora a lo largo del año, y su distinción de especies de género *Dictyota* presentes en la zona de estudio. La presencia continua de propágulos en los talos, así como de monosporas, salvo en el periodo más frío, confieren una elevada invasividad a *R. okamurae*. Se ha podido identificar una ventana de mayor invasividad en el periodo estival, en el que los talos presentaron monosporas y propágulos. Destaca el mes de julio, en el que coincide una elevada abundancia relativa de talos con propágulos, con el hecho de que estos talos presentaron una talla elevada, y una mayor densidad de propágulos por unidad de superficie, combinación que hace que *R. okamurae* presente una elevada invasividad en este momento del año por su potencial generador de nuevos individuos clónicos. Todos estos resultados pueden ayudar a la gestión de la especie, permitiendo su correcta identificación y señalando periodos de tiempo en los que actuaciones de erradicación o de alerta temprana pueden tener una mayor garantía de éxito al tener en cuenta la variabilidad temporal de la invasividad de *R. okamurae*.

Estudio de la dinámica poblacional del alga invasora *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) en Tortuga Bay (isla de Santa Cruz, Parque Nacional Galápagos, Ecuador)

Cid Iturbe[1], Amparo, Keith, Inti[2], Carmona, Raquel[3] & Altamirano, María[1*]

[1] Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias, Campus de Teatinos s/n, Universidad de Málaga, 29071
[2] Fundación Charles Darwin, Av. Charles Darwin s/n, Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador
[3] Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias, Campus de Teatinos s/n, Universidad de Málaga, 29071 Málaga
*Autor de correspondencia: altamirano@uma.es

El archipiélago de Galápagos dista del continente más de mil kilómetros, permitiendo que sus ecosistemas hayan evolucionado de manera única, donde encontramos numerosas especies endémicas que son el principal atractivo del turismo y motor económico de las islas. A pesar de la distancia, las islas Galápagos también sufren la amenaza de las especies exóticas invasoras, las cuales son la segunda amenaza más común en la extinción de especies a nivel global. El alga verde *Caulerpa*

racemosa está ampliamente distribuida por el planeta con un marcado carácter invasor, incluso en varias islas de uno de los archipiélagos mejor conservados del mundo, las Islas Galápagos. Esta especie se encuentra muy extendida en Tortuga Bay, dentro del Parque Nacional Galápagos, isla de Santa Cruz, donde se llevó a cabo el presente estudio. En este contexto, y en el seno de un proyecto de Voluntariado en Cooperación Internacional de la Universidad de Málaga con la Fundación Charles Darwin, se planteó como objetivo el análisis de la dinámica poblacional de *C. racemosa* sobre dos tipos de sustrato durante el periodo invernal de 2019. Para abordar este objetivo se recogieron de manera quincenal muestras de una población de *C. racemosa* del infralitoral superior asentada sobre sustrato blando y rocoso. Para cada muestra se cuantificó la biomasa total de frondes y estolones, el número de frondes y de ápices de crecimiento, la longitud total del estolón, se estimó la longitud media de las frondes, y la frecuencia de clases de tallas de las frondes erectas. Los resultados muestran que las variables de estudio de *C. racemosa* no presentan diferencias significativas a lo largo del periodo de muestreo, pero sí respecto al tipo de sustrato. La biomasa total mantuvo constante en el periodo de estudio (44.5 ± 17.7 g/m^2). Se ha observado que el sustrato rocoso favorece el desarrollo de estolones y con ellos, el de las frondes, siendo cuantitativamente superior que, en el arenoso, aunque las frondes alcanzaran un mayor tamaño en este último. Los resultados muestran una elevada y constante abundancia, manteniendo la población en el nuevo hábitat colonizado, donde las poblaciones sobre sustrato rocoso presentan un mayor potencial de dispersión que el blando al producir un mayor número de talos.

Estudio taxonómico de *Hymenocladiopsis prolifera* (*Rhodymeniales*, *Rhodophyta*): aspectos de su morfología externa

Catalina Rodríguez Seguel* & Jordi Rull Lluch

Laboratori de Botànica, Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio) y Centre de Documentació de Biodiversitat Vegetal (CeDocBiV), Universitat de Barcelona, Av. Joan XXIII 27-31, 08028 Barcelona
*Autor de correspondencia: crodriguezs@magister.ucsc.cl

La variabilidad morfológica es común en macroalgas rojas, considerando que presentan la mayor riqueza de especies entre las macroalgas marinas, incluso en zonas tan alejadas y prístinas como la Antártida (Wiencke & Clayton 2002). La diferencia morfológica entre los talos, sumada a la dificultad en la realización de muestreos en estas áreas, dificultan la clasificación taxonómica de sus especies. Las descripciones morfológicas, junto a la utilización de herramientas moleculares son claves para su identificación. *Hymenocladiopsis prolifera* es una macroalga roja antártica única en su género. Diferentes autores han descrito que la morfología de esta especie presenta un amplio rango de variación y que los talos podrían corresponder a más de una especie. Sin embargo, mucho de sus caracteres morfológicos no han sido descritos, ni evaluados. Observaciones preliminares indicaron la existencia de talos de morfología ancha y talos de morfología angosta. Para intentar esclarecer la taxonómica del género *Hymenocladiopsis*, se evaluaron diferentes caracteres morfológicos de los talos. La importancia relativa de los caracteres fue evaluada con un ACP. Para las variables cuantitativas se determinó su distribución de frecuencia y para las cualitativas se aplicaron pruebas de χ^2. El ACP indicó que es posible reconocer la existencia de dos grupos morfológicos en *H. prolifera*: el primero corresponde a talos de forma aparentemente ancha, tanto en la zona media como basal, con mayor cantidad de ramificaciones (primarias y secundarias) tanto en la zona apical como marginal de los talos y con un patrón de ramificación irregular; el segundo grupo corresponde a talos de forma aparentemente angosta, tanto en la zona media como basal, con un menor número de ramificaciones (mayoritariamente primarias) ubicadas en la zona apical de los talos y con un patrón de ramificación regular. Las distribuciones de frecuencia fueron bimodales, corroborando la ocurrencia de dos morfologías. Las pruebas de χ^2 indicaron diferencias significativas entre talos angostos y talos anchos en dos caracteres más: talos angostos presentaron una lámina principal y márgenes lisos, mientras que en talos anchos no se distingue una lámina principal y sus márgenes son dentados. La descripción morfológica de *H. prolifera*, permitió reconocer la ocurrencia de grupos morfológicos que podrían corresponder a diferentes especies, aunque son necesarios análisis moleculares para poder confirmar esta posibilidad. Si no se detectaran diferencias genéticas entre los grupos morfológicos estaríamos frente a un caso de variabilidad intraespecífica. En especies dioicas como *H. prolifera*, la variabilidad instraespecífica puede ser resultado de dimorfismo sexual, diferencias en la edad de los talos, heteromorfia, plasticidad fenotípica o diferencias en el origen de formación de los talos. Futuras investigaciones son necesarias para poder determinar cuál es el origen de la ocurrencia de grupos morfológicos en esta especie.

Ficolácteos: ¿Innovación gastronómica o puesta en valor?

Gabriel Pereiro López[1]

[1] Dtor. Dpto. de I+D+i - Grupo Moncho González (Pontevedra, España)
[1] Doctor por la Universidad de Santiago de Compostela
*Autor de correspondencia: imasd.gmg@gmail.com

Palabras clave: Macroalgas; Lácteos; Innovación; Gastronomía

Bretaña francesa, Sur y Este de Irlanda, Lombardía (en Italia), Pays de la Loire (Francia) y Weser-Ems (Alemania) destacan como las mayores regiones productoras de leche en la Unión Europea. Y nuestro país, si lo consideramos en su conjunto, no se queda a la zaga.

En España el sector lácteo tiene un peso significativo con una producción en 2019 de 8,2 Millones de Toneladas de leche (según datos del Fondo Español de Garantía Agraria); con la singularidad muy nuestra de que la mayor parte de la leche producida se consume directamente, sin transformarse en derivados lácteos o en productos de mayor valor (como queso, yogur, mantequilla,…). Además, la leche líquida o de consumo difícilmente viaja (perjudicando las exportaciones), mientras que productos transformados sí lo hacen.

Surgen entonces varias preguntas. ¿Existe algún vínculo entre este sector y la ficología? De no ser así, y con el fin de valorizar macro algas disponibles como *Undaria pinnatifida*, *Ulva Lactuca* o *Himanthalia elongata*, ¿sería factible elaborar productos beneficiosos a base de macro algas y derivados lácteos?

Para responder a estas preguntas se llevó a cabo una investigación documental para detectar nuevas tendencias en el ámbito reseñado, con el correspondiente estudio de mercado de cara a disponer de adecuada información al respecto.

En Gales disfrutan de un manjar tradicional a base de *Porphyra umbilicalis* en ocasiones con avena, denominado "*Laverbread*". Se observó que este concepto fue evolucionando con el tiempo y transformándose en zonas de Gran Bretaña e Irlanda hasta convertirse a principios del siglo XXI en derivados lácteos con algas; y, más concretamente, en quesos incorporando algas. Estos nuevos derivados lácteos incrementan las prestaciones alimenticias y nutricionales frente a los mismos quesos sin algas, por lo que su integración supone una considerable puesta en valor.

Así, en la última década, podemos observar en la Unión Europea la aparición de diferentes ficolácteos con distintos formatos comerciales. Mientras en las áreas geográficas de Bretaña y Andalucía destacan los quesos, integrando algas como dulse, nori, lechuga de mar y ognori rojo; en otras zonas como Galicia surgen los chocolates que integran wakame, ulva, espagueti de mar o nori.

Por tanto, los Ficolácteos son ya una realidad; suponiendo una beneficiosa puesta en valor de las macroalgas y del sector lácteo, además de una atractiva innovación a nivel gastronómico y culinario.

Agradecimientos

Personal cofinanciado por la Xunta de Galicia al amparo de la Resolución de la Axencia Galega de Innovación del 29 de mayo de 2019 (Programa Talento Sénior).

Variabildad temporal de la actividad fotosintética del alga invasora *Rugulopterix okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) en el Estrecho de Gibraltar

María Muñoz-Jiménez[1], Raquel Carmona[1*] & María Altamirano[2]

[1] Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias, Campus de Teatinos s/n, Universidad de Málaga, 29071, Málaga, España.
[2] Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias, Campus de Teatinos s/n, Universidad de Málaga, 29071, Málaga, España.
*Autor de correspondencia: rcarmona@uma.es

Rugulopteryx okamurae (Dictyotaceae, Ochrophyta) es un alga parda originaria del Pacífico con un marcado carácter invasor en el estrecho de Gibraltar y en otras zonas de las costas andaluzas y norte de África. En el área invadida esta especie se encuentra presente durante todo el año, colonizando sustratos duros con un amplio rango batimétrico (desde cubetas eulitorales hasta más de 50 m de profundidad), homogeneizando la comunidad de macroalgas. Esto sugiere una elevada plasticidad fenotípica de la especie en relación a su actividad fotosintética, si bien todavía quedan numerosos aspectos básicos de su biología por estudiar, como la variabilidad temporal de su actividad fotosintética en relación con los principales factores ambientales. En este contexto se enmarca el presente estudio, cuyo principal objetivo es el análisis de los cambios temporales de la actividad fotosintética de *R. okamurae* en una población del estrecho de Gibraltar y su relación con la temperatura y la radiación solar de la zona. Para ello, se recogieron mensualmente ejemplares de la especie, de noviembre del 2019 a marzo del 2020, que fueron llevados al laboratorio para la medida de las curvas fotosíntesis – luz, a la misma temperatura del agua del mar en el momento del muestreo, a partir de las cuales se obtuvieron los parámetros fotosintéticos (FNmáx, α, Ic, Ik). Además, se analizó el contenido de pigmentos fotosintéticos (clorofilas y carotenoides) de los talos recogidos mensualmente. Esta especie presentó una variación temporal en la actividad fotosintética (con valores de FNmáx entre 33.3 y 88.2 µmoles $O_2 \cdot g^{-1}PF \cdot h^{-1}$), tendiendo a aumentar ésta con el incremento de la temperatura de incubación (desde 13 °C hasta 16.1 °C), pero sin relación aparente con la radiación solar media durante el periodo de muestreo. En contraposición, la eficiencia fotosintética (α) disminuyó (desde valores de 1.5 a 0.8 µmoles $O2 \cdot g^{-1PF} \cdot h^{-1}$/µmoles de fotones$\cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) con el incremento de la temperatura de incubación. Así mismo, se observó una variación en el contenido de pigmentos fotosintéticos, pero sin un patrón claro de cambio. Por otro lado, *R. okamurae* presentó una actividad fotosintética entre 2 – 3 veces superior a otras especies presentes en la zona, en las mismas condiciones de temperatura de incubación. Estos resultados pueden explicar la elevada presencia de la especie durante los meses estudiados y, en parte, el comportamiento invasor exhibido. En conclusión, *R. okamurae* presenta una elevada plasticidad fotosintética, en relación a la temperatura de incubación, llegando a superar las tasas de fotosíntesis de especies de la zona, siendo ésta una característica compartida con otras especies invasoras.

Efecto de la temperatura y la irradiancia sobre el crecimiento, la propagación vegetativa y la actividad fotosintética del alga invasora *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta)

Jesús Rosas-Guerrero[1]*, Raquel Carmona[2], María Altamirano[1]

[1] Universidad de Málaga, Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias, Campus de Teatinos s/n. 29071, Málaga, España.
[2] Universidad de Málaga, Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias, Campus de Teatinos s/n. 29071, Málaga, España.
*Autor de correspondencia: jesusrosasguerrero@gmail.com

El alga parda invasora *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta), de origen Pacífico, está produciendo importantes impactos de manera reciente en el estrecho de Gibraltar, poniendo en riesgo la biodiversidad, la industria pesquera y el turismo en las costas del sur de España y norte de África. Por esta razón, es fundamental identificar los factores que determinan la elevada invasividad de esta especie, relacionada con aspectos básicos de su biología, como su crecimiento vegetativo y su capacidad de propagación. Es por ello, que el objetivo de este estudio se centra en determinar el efecto de la temperatura y la irradiancia en el crecimiento, la propagación vegetativa y la actividad fotosintética de *R. okamurae*. Para abordar este objetivo, se cultivaron trozos de talos apicales e interdicotómicos bajo diferentes condiciones combinadas de temperatura (14 y 22 °C) e irradiancia (35 y 70 µmol de fotones m^{-2} s^{-1}) durante 28 días, bajo condiciones controladas de laboratorio. Los efectos de estos tratamientos se estudiaron en la tasa relativa de crecimiento (expresada como cambios en la superficie del talo), la capacidad de propagación vegetativa (expresada como el número absoluto de propágulos generados y el esfuerzo reproductivo) y en la actividad fotosintética, expresada como fluorescencia de la clorofila a (Fv/Fm, $rETR_{max}$ y α). Los resultados del estudio muestran que la capacidad de crecimiento de los talos depende de la presencia o no de las células apicales, y que la presencia de estas también determina el potencial de propagación de los talos. Talos sin capacidad de crecimiento producen más propágulos que aquellos que pueden crecer. Además, se ha observado que condiciones de baja temperatura e irradiancia favorecen la capacidad de propagación de la especie, así como su actividad fotosintética. Estos resultados resultan de gran interés para entender el comportamiento invasor de la especie, pues permiten identificar, por un lado, la ruptura del talo como un mecanismo de propagación de la especie que favorece el reclutamiento de nuevos individuos clónicos, y por otro, determinar que esta capacidad está activa en el rango térmico anual de la región invadida. Estos resultados señalan a la presión de propágulos y a las características de invasividad de la especie, como hipótesis clave para entender la invasión de *R. okamurae* en el estrecho de Gibraltar.

¿Podría la eutrofización costera potenciar la proliferación del alga invasora *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta)?

Alberto Merchán [1*], María Altamirano[2] y Raquel Carmona[1]

[1]Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias, Campus de Teatinos s/n, Universidad de Málaga, 29071, Málaga, España.
[2]Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias, Campus de Teatinos s/n, Universidad de Málaga, 29071, Málaga, España.
*Autor de correspondencia: rcarmona@uma.es

La eutrofización supone un creciente problema en las aguas costeras de todo el planeta. Una carga excesiva de nutrientes, procedente de actividades antrópicas, puede modificar la composición específica y la diversidad de los ecosistemas marinos, haciéndolos más susceptibles a la entrada de especies invasoras. *Rugulopteryx okamurae* es una macroalga parda originaria del Océano Pacífico, que actualmente está proliferando masivamente en las costas andaluzas. En este trabajo se plantea la hipótesis de que la eutrofización es un factor determinante en la expansión de esta especie. Para comprobarla, se ha estudiado el efecto del incremento de la concentración de nutrientes (nitrato, amonio y fosfato) sobre el metabolismo de esta especie invasora, en condiciones de laboratorio. Para ello se cultivaron durante una semana ápices de talos en agua de mar natural (control) y en dos concentraciones de nutrientes superiores (simulando condiciones de eutrofización), y se estudió la respuesta en el crecimiento, la fotosíntesis y la incorporación de nutrientes de los talos. Los resultados mostraron un efecto positivo del incremento de la concentración de nutrientes en la tasa de crecimiento, alcanzado valores de 4.6 % d^{-1}, P_{max}, incorporación de nutrientes, concentración de pigmentos fotosintéticos y nitrógeno total. Esto sugiriere la expansión de *R. okamurae* se podría ver favorecida en un escenario de eutrofización de las aguas costeras, lo cual debe tenerse en cuenta para frenar su proliferación y la consecuente pérdida de biodiversidad que provocaría en los ecosistemas marinos.

Estudio taxonómico y cuantificación de ADN nuclear en *Delisea pulchra* (Greville) Montagne (*Bonnemaisoniales, Rhodophyta*)

Júlia Plaja-Canyet[*], Rafael Pablo Martín-Martín, Amelia Gómez Garreta[*] & Jordi Rull Lluch

Laboratori de Botànica, Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio) i Centre de Documentació de Biodiversitat Vegetal (CeDocBiV), Universitat de Barcelona, Av. Joan XXIII 27-31, 08028 Barcelona.
*Autores de correspondencia: jplajaca29@alumnes.ub.edu, ameliagomez@ub.edu

Resumen

La información sobre el contenido de ADN nuclear en algas antárticas es muy escasa. Recientemente, se han aportado datos sobre el contenido de ADN nuclear y los niveles de ploidía para 10 especies de algas antárticas (7 rodófitos y 3 feofíceas), entre las cuales no se incluye *Delisea pulchra*. En este trabajo se aporta nueva información sobre la

cantidad de ADN nuclear, los niveles de ploidía y el modelo nuclear de desarrollo de esta especie, además de describir su morfología, anatomía y estructuras reproductoras.

El trabajo se realizó a partir de muestras recogidas durante las campañas antárticas de los proyectos BLUEBIO y DISTANCOM y conservadas a -20 ºC. Para el estudio taxonómico se utilizó una lupa binocular con cámara clara y un microscopio óptico con cámara fotográfica. Este material permitió hacer numerosas medidas y dibujos de las principales estructuras del alga. Para el estudio citogenético, las muestras de *Delisea pulchra* se fijaron en Carnoy y el contenido de ADN nuclear se estimó mediante fluorometría y análisis de imagen, utilizando como estándares el fluorocromo DAPI (4',6-diamidino-2-fenilindole) y los eritrocitos de pollo (*Gallus gallus*), que presentan un contenido constante de ADN igual a 2.4 picogramos.

Las observaciones taxonómicas concuerdan con las realizadas por otros autores en la misma especie. El contenido de ADN nuclear de *Delisea pulchra* es de 1C = 0.3 – 0.4 pg. Este valor fue el más frecuente en los espermacios y el único obtenido en las células apicales y corticales de los gametófitos. En las células medulares se observaron niveles de ploidía de hasta 32C, mientras que en las del gonimoblasto los valores más frecuentes correspondieron a 2C y 4C, aunque se detectó también el nivel de ploidía 8C. En *Delisea pulchra* se observó un patrón nuclear de desarrollo caracterizado por el aumento progresivo del tamaño nuclear y del nivel de ploidía a lo largo del filamento axial, de manera que a partir de una célula apical uninucleada no poliploide se originan células derivadas uninucleadas de ploidía creciente.

Los datos sobre el contenido de ADN nuclear de *Delisea pulchra* se incorporarán en la base de datos incluida en la página web del Royal Botanic Gardens de Kew (https://www.kew.org).

Contenido de ADN nuclear de dos especies introducidas en el Mediterráneo: *Rugulopteryx okamurae* y *Dictyota cyanoloma* (*Dictyotales, Phaeophyceae*)

Cristina Blasco*, Rafael Martín-Martín, Jordi Rull Lluch & Amelia Gómez Garreta

Laboratori de Botànica, Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio) y Centre de Documentació de Biodiversitat Vegetal (CeDocBiV), Universitat de Barcelona, Av. Joan XXIII 27-31, 08028 Barcelona

*Autor de correspondencia crblasct46@alumnes.ub.edu

Rugulopteryx okamurae es un alga parda originaria de las costas de Japón encontrada por primera vez en el Mediterráneo, en el año 2002, en la laguna de Thau (golfo de León, Francia). En el año 2015 esta especie fue observada en las costas de Ceuta, expandiéndose en los años siguientes en el estrecho de Gibraltar y el mar de Alborán, dejando a su paso severos impactos ecológicos y socioeconómicos. Por otro lado, *Dictyota cyanoloma* es originaria de las costas australianas y los primeros datos de su presencia en el Mediterráneo se refieren a material de herbario recogido en 1935 de las costas de Croacia. En la actualidad la especie ha sido observada a lo largo de las costas de la península Ibérica, y en general del mar Mediterráneo, y sus poblaciones están restringidas a puertos y zonas antrópicas sin causar un impacto ecológico destacable.

Para comprender mejor la dinámica de dispersión de estas especies introducidas se necesita más información sobre su biología, evolución y ciclos de vida. Con el objetivo de aportar nuevos datos sobre estos aspectos se ha estudiado el contenido de ADN nuclear de ambas especies a partir de muestras fijadas en MetaCarnoy. Para ello, se ha utilizado la técnica de fluorimetría y análisis de imagen, usando el fluorocromo DAPI (4', 6-diamidino-2-phenylindole, dilactate) como marcador de ADN y eritrocitos de pollo (RBC) como referencia para calcular el contenido de ADN nuclear de las muestras, ya que presentan una cantidad constante de ADN igual a 2.4 picogramos. Para el tratamiento de las imágenes se ha utilizado el software "MetaMorph".

Los resultados muestran que el contenido de ADN nuclear de *R. okamurae* es de 2C = 0.2 pg y el de *D. cyanoloma* de 2C = 0.15 pg. En ambas especies se han observado núcleos con niveles de ploidía que varían generalmente entre 2C y 8C, aunque se han detectado valores mucho más elevados, lo que pone de manifiesto la existencia de poliploidía. Para ambas especies, el tamaño del genoma es menor que el del resto de especies de *Dictyotales*, incluidas las nativas del Mediterráneo. Este menor contenido de ADN y la existencia de poliploidía podrían ser factores clave en la estrategia de colonización rápida por parte de *R. okamurae* observada en el estrecho de Gibraltar, cosa que no ocurre en *D. cyanoloma*. No obstante, sería necesario estudiar un mayor número de poblaciones de estas especies para poder confirmar esta hipótesis y comprender mejor su dinámica de expansión.

Algas 56 Diciembre 2020

www.sefalgas.org

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FICOLOGÍA

(ISSN: 1695-8160)
Depósito Legal: M36511-1987
nº 56 (diciembre 2020)

Rodofíceas herborizadas depositadas en la colección histórica de la ficoteca cubana y antillana, Universidad de Oriente, Cuba.	A. Jover Capote, A. Cabrera Guerrero.	5
Las algas en las bellas artes de la Península Ibérica	M. Alvarez Cobelas.	10
Macroalgas de la Antártica ¿Podrían prevalecer ante futuros escenarios de cambio climáticos, asociados al aumento de la Temperatura?	P. Celis-Plá, C.A. Sáez	22
Las algas no dejan ver la pradera	M. Alvarez Cobelas.	25
Invasión de la especie exótica *Rugulopteryx okamurae* en Andalucía I: Estudios preliminares de la actividad fotosintética	Figueroa *et al.*	35
Invasión de la especie exótica *Rugulopteryx okamurae* en Andalucía: II. Foro Alga Invasora	Figueroa *et al.*	47
Ficólogos notables: Francisca Caballero, la algóloga desaparecida	M. Alvarez Cobelas.	54
Ficogastronomía: Alexis Soyer, un chef solidario que utilizó algas en algunas de sus recetas	J. L.Pérez Lloréns	65
La zonación intermareal: De la fascinación al plato	R. Sánchez de Pedro	66
Ficólogos por el mundo: De los ciervos a las macroalgas: un camino lleno de aprendizajes.	C. Cara Ortega	69
Reseñas de congresos y workshops:		
Publicado el primero de los estándares europeos en el campo de las "algas y los productos derivados de las algas".	J. Cremades, J. L. Gómez Pinchetti	71
XXII Simposio de Botánica Criptogámica	R. P. Martín	73
Reseñas de Tesis Doctorales, de Máster y de Grado:		
La comunidad de *Cystoseira baccata* (Fucales, Ochrophyta) en el noroeste ibérico	A. García Fernández	75
Desarrollo de una flora de algas coralinas (Corallinophycidae, Rhodophyta) en el noroeste ibérico (Galicia y norte de de Portugal)	J. Lugilde Yáñez	79
Contenido de ADN nuclear de dos especies introducidas en el Mediterráneo: *Rugulopteryx okamurae* y *Dictyota cyanoloma* (*Dictyotales*, *Phaeophyceae*)	C. Blasco	84
Estudio taxonómico y cuantificación de ADN nuclear en *Delisea pulchra* (Greville) Montagne (*Bonnemaisoniales*, *Rhodophyta*)	Júlia Plaja Canyet	89
Valoración agronómica del compost de residuos de algas marinas	E. Jaime Díaz	94
Efecto agronómico de preparados de algas en el cultivo ecológico de rábano (*Raphanus sativus*)	I. Naranjo González	97

Actividad fotosintetica de la macroalga marina exotica *Rugulopteryx okamurae* (Ochrophyta): implicaciones ecofisiologicas.	M. Gómez Valderrama	98
Uso cosmecéutico de la macroalga marina exótica *Rugulopteryx okamurae* (Ochrophyta)	P. A. Romero López	98
Rugulopteryx okamurae, gestión y aprovechamiento energético de una especie invasora	D. Muñoz Blanco	99
Ecofisiología de *Rugulopteryx okamurae*	R. Huesa Cerdán	99
Resúmenes de la sesión científica de la Jornada SEF 2020		
Variabilidad temporal de la morfología e invasividad de *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) en el estrecho de Gibraltar	M. Salido, M. Altamirano	101
Estudio de la dinámica poblacional del alga invasora *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) en Tortuga Bay (isla de Santa Cruz, Parque Nacional Galápagos, Ecuador)	Iturbe *et al.*	102
Estudio taxonómico de *Hymenocladiopsis prolifera* (*Rhodymeniales*, *Rhodophyta*): aspectos de su morfología externa.	Rodríguez Seguel, J. Rull Lluch	103
Ficolácteos: ¿Innovación gastronómica o puesta en valor?	G. Pereiro López	104
Variabilidad temporal de la actividad fotosintética del alga invasora *Rugulopterix okamurae* (Dictyotaceae, Ochrophta) en el Estrecho de Gibraltar.	M. Muñoz-Jiménez *et al.*	105
Efecto de la temperatura y la irradiancia sobre el crecimiento, la propagación vegetativa y la actividad fotosintética del alga invasora *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta).	J. Rosas-Guerrero *et al.*	106
¿Podría la eutrofización costera potenciar la proliferación del alga invasora *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta)?	A. Merchán *et al.*	107
Estudio taxonómico y cuantificación de ADN nuclear en *Delisea pulchra* (Greville) Montagne (*Bonnemaisoniales*, *Rhodophyta*)	J. Plaja-Canyet *et al.*	107
Contenido de ADN nuclear de dos especies introducidas en el Mediterráneo: *Rugulopteryx okamurae* y *Dictyota cyanoloma* (*Dictyotales*, *Phaeophyceae*)	C. Blasco *et al.*	108