

OKEANOS

ISSN: 2444-4758



P.V.P 4,95 €

Acuapocalipsis Now El final de los peces



Las tortugas marinas del
Caribe Colombiano

Oceanografía para matemáticos

El caso de las macroalgas marinas

Las Quimeras existen no sólo en
la mente del hombre, también en el mar

Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

Nº 6 enero-junio 2018

Editorial

Resulta muy complicado establecer una línea editorial en una revista como *Okeanos*, donde la amplitud de temas que se tratan no permite establecer un hilo argumental único a lo largo de todas sus secciones y artículos, particularmente porque se pretende mostrar el estudio del océano en todas sus vertientes y desde todas las disciplinas posibles, siendo todo lo riguroso que la divulgación permite. Sin embargo, es obvio que a lo largo de toda su estructura el océano es el protagonista y la difusión de su conocimiento, en todos los detalles, es la herramienta que se intenta implementar para la conservación de las condiciones que permiten la vida en su seno.

En esta misión central, la conservación de la vida en los mares y océanos, nuestras posibilidades de acción como organización son muy limitadas, ya que tras *Okeanos*, y las otras iniciativas de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos (SAO), hay muy pocas personas, pero que intentan ampliar los horizontes, propios y ajenos, enrolando, desde la distancia, a más gente en este gran barco que es el conocimiento. La meta es alcanzar un océano, al menos, similar al que vivimos de niños y que, sin duda, queremos que puedan también vivir nuestros nietos. Nuestra necesidad nos lleva a abrir cuantos frentes sean posibles para alcanzar ese puerto, y dar nuevamente color a esas fotos antiguas que aun recobran la vida en nuestros recuerdos, de un mar azul, lleno de peces, de ganas de descubrir más animales, más tesoros, más historias de pescadores y marineros.

Tanto yo, como el conjunto de mis compañeros de la SAO, crecimos junto al mar y teniendo como héroes al Comandante Cousteau, y luego a James Cook, Alejandro Malaespina, Juan Sebastián Elcano, Charles Darwin y, por qué no, al Capitán Nemo, con la imaginación puesta a bordo del viejo dragaminas *Calypso* (1950-1996), el HMS *Challenger* (1872-1876), la corbeta *Descubierta* (1789-1794) o el sumergible DSV *Alvin* (1964). Ese océano brillante, transparente, lleno de criaturas extraordinarias que descubrimos, hace ya medio siglo, sigue aún vivo, aunque es verdad que cada vez con menos brillo, con menos vida, pero aún con los mismos misterios por revelar y el mismo poder de seducción. Ahora, con la misma ingenuidad, ya no por la edad sino por la necesidad, seguimos luchando por recuperar la vida que vivimos, sabiendo que no es imposible si todos nos implicamos en ello. Por eso surgió el Foro Océanos, pero desde el pragmatismo centrando nuestros esfuerzos en el ámbito más inmediato, intentando promover todas aquellas acciones asequibles a nuestras capacidades y a las de nuestra gente, removiendo conciencias para sumar a más personas en las tareas.

Con el Foro Océanos no se pretende crear otro documento de diagnóstico del impacto que las acciones humanas y los cambios en el clima están teniendo sobre la vida en los océanos a nivel de Canarias, no es una compilación de las evidencias científicas, ni siquiera es una iniciativa para estudiar los cambios en el clima a escala local para obtener conclusiones a escala global. Es sólo un esquema abierto de posibles estrategias, de mayor o menor calado, todas orientadas a minimizar los impactos que ya se han identificado en otros foros más técnicos y que, desgraciadamente, estamos experimentando de forma cada vez más cotidiana (sequía, basuras, cierre de playas por contaminación, cianobacterias, ciguatera, falta de peces, etc.). Es sólo un marco sobre el que se fundamente un acuerdo social con acciones concretas, al que se sumen tanto instituciones, empresas y personas para alcanzar los objetivos colectivos fijados, a modo de compromiso por proteger y recuperar el medio marino que rodea a las islas y contribuir, a partir de aquí, a la recuperación del océano global.

Esta iniciativa se fundamenta sobre cinco líneas de trabajo, relacionadas con aspectos que entendemos básicos como (i) la biodiversidad Marina, (ii) la pesca y acuicultura, (iii) la contaminación de las aguas, (iv) el uso de las costas, y (v) la educación ambiental y la investigación, estructuradas en actividades o iniciativas concretas, con horizontes temporales definidos, económicamente viables, y que pueden ser adoptadas y ejecutadas por el mayor número de personas y entidades posibles, en un compromiso social por la sostenibilidad. El cumplimiento de este **Compromiso por el Océano** ha de ser evaluado a medida que se vayan uniendo los diferentes actores y, más aún, el esfuerzo puesto en marcha por cada uno de los implicados debe ser socialmente reconocido. En este sentido, la SAO está organizando una serie de mesas de trabajo que permitan establecer el mecanismo de evaluación y certificación de los logros, de modo que se puedan ir dando los pasos adecuados para que se cumpla el objetivo finalista del Foro, alcanzar la implicación de todos los ciudadanos en salvar el océano que nos rodea.

Sabemos que es un reto importante, pero la dimensión del problema no permite dilatar en el tiempo el encontrar las soluciones y que éstas ineludiblemente requieren del compromiso y trabajo coordinados de todos los ciudadanos, cada uno en la medida de sus posibilidades económicas y humanas. Al igual que en 1950 el Comandante Cousteau se embarcó en el *Calypso*, inicialmente con más ilusión que certezas, para enseñarnos lo maravilloso de esa gran parte del planeta que no conocíamos, hoy nos embarcamos nosotros a bordo de *Okeanos* para intentar que ese mismo océano siga existiendo, vivo. Sabemos que será una tarea enorme, casi titánica, pero con el compromiso de todos esta misión es factible y por ello les pido, sin excepción, que ocupen sus puestos y avancemos juntos en esta dirección.

Foto portada: Carlos Villoch. Tiburón Blanco (Guadalupe, México)

Editor Jefe Dr. José Juan Castro Hernández (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria)

Editor Técnico D. Jorge A. Liria (Mercurio Editorial)

Coordinadores de sección. Artículos científicos Dr. Aridane González González (LaberMer, Institut Universitaire Européen de la Mer Plouzane, Francia); Dr. Jesús Martínez Martínez (Departamento de Física, Universidad de Las Palmas de GC)

Personajes y efemérides D. Airam Sarmiento Lezcano y D. Amir Cruz Makkí (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

Agenda Dr. Juan Fco. Betancort Lozano (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

Noticias y Libros Dra. Miriam Torres Padrón (Departamento de Química, Universidad de Las Palmas de GC)

Entrevistas Aridane González González y Juan Fco. Betancort Lozano

Monstruos Marinos Dr. José J. Castro y Dr. Luis Felipe López Jurado (Inst. Univ. EcoAqua, Univ. de Las Palmas de GC)

Fotografía Dr. Aketza Herrero Barrencua y Dr. Yeray Pérez González (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

Mantenimiento Web Dr. Francisco J. Machín Jiménez (Universidad de Las Palmas de GC)

Maquetación y cuidado de la revista D. Jorge A. Liria

Edición papel y on-line: Mercurio Editorial

(www.mercurioeditorial.com)

Correo electrónico: jose.castro@ulpgc.es

Teléfono: (+34) 928454549

ISSN: 2444-4758 DL GC 639-2015

- 04** Las tortugas marinas del Caribe Colombiano
Ricardo Álvarez-León y Álvaro Andrés Moreno-Munar
- 10** El hundimiento del buque oceanográfico Taliarte. Luis Felipe López Jurado
- 12** Las Quimeras existen no sólo en la mente del hombre, también en el mar.
Uriel Rubio Rodríguez y Francisco Javier Vergara Solana
- 16** Las floraciones ("blooms") de *Trichodesmium erythraeum* en Canarias, analizadas desde la perspectiva de la Directiva europea de calidad de las aguas de baño. Leopoldo O'shanahan Roca
- 21** MONSTRUOS MARINOS (5). El demonio de los abismos. José Juan Castro
- 22** Breve introducción al patrimonio paleontológico de Canarias.
Juan Francisco Betancort Lozano y Carmen Nayra Hernández Acosta
- 26** Jennifer E. Purcell: "Las poblaciones de medusas son un indicador de la destrucción de los océanos".
María Teresa Tames-Espinosa, Juan Francisco Betancort Lozano y Theodore T. Packard
- 30** OKEANOS DE FOTOS. Carlos Villoch.
- 42** Mar Benavides Gorostegui: "Una cosa es salir para aprender, contactar, colaborar, y otra es no poder volver a tu país porque no hay plazas, ni trabajos dignos en investigación".
- 44** Oceanografía para matemáticos.
José M. Pacheco
- 52** Acupocalipsis Now. El final de los peces. Daniel Pauly
- 59** EFEMÉRIDES. Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI). Amir Cruz Makkí
- 60** Materiales de origen biológico para la eliminación de metales tóxicos en disolución: el caso de las macroalgas marinas. Pablo Lodeiro
- 64** Foro Océanos. Canarias y el Cambio Climático. Aridane G. González, Juan F. Betancort, Yeray Pérez, Amir Cruz, Leopoldo O'shanahan, Miriam Torres, David Jiménez, Teresa Carreiro, Vicente Benítez y José J. Castro
- 67** Jornadas de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos (SAO) 2017. Investigación científica y retos locales para un impacto global. Germana Foscale
- 72** RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS.
- 74** UN MAR PARA COMERSELO. Pulpo braseado con polvo de pistacho sobre papa confitada autodate y emulsión de pimentón. Abraham Ortega García



Figura 2. Tortugas Lora *Lepidochelys kempii* y Golfina *Lepidochelys olivacea* en el Caribe colombiano (Foto de Álvaro Andrés Moreno-Munar).

Figura 1. Tortuga Caguama, *Caretta caretta*, en el Departamento de Magdalena (Foto de Álvaro Andrés Moreno-Munar).



**Ricardo Álvarez-León y
Álvaro Andrés Moreno-Munar**

El estudio de las tortugas marinas en Colombia ha experimentado diferentes fases y centrado principalmente en las especies presentes en las aguas caribeñas. El auge de estos estudios se puede decir que comienza a partir de los trabajos de Reinhard Kaufmann, en las décadas de 1970 y 1980. Este científico alemán identificó las primeras colonias nidificantes de *Caretta caretta* (Linnaeus) (Fig. 1), conocida localmente como tortuga Gogó, Caguama o Caguamo, en las playas del Departamento del Magdalena (norte de Colombia). Sin embargo, la falta de aplicación de los resultados científicos a la gestión se refleja en el inadecuado manejo, captura y conservación de las diferentes especies de estos importantes quelonios, tanto del Caribe como del Pacífico (Fig. 2), y ha llevado a sus poblaciones a peligrosos límites, e inclusive a niveles de extinción, como se refleja en el Libro Rojo de Reptiles Amenazados de Colombia. Uno de los objetivos centrales de este trabajo es presentar un diagnóstico actualizado del conocimiento de cada una de las familias (Cheloniidae y Dermochelyidae), de las seis especies (*Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys kempii*, *L. olivacea*) registradas hasta la fecha las costas del Caribe colombiano, proporcionando la información básica y actualizada, indispensable para

Las tortugas marinas del Caribe Colombiano



Figura 3. Tortuga Verde, *Chelonia mydas*, utilizada para consumo humano (Foto de Luis Alonso Gómez-Lemus).

futuros Programas Nacionales o Interregionales, ya que se trata de un recurso migratorio y compartido.

Tradicionalmente la carne de tortuga ha sido muy apreciada. Ruíz-Rivas¹ comenta que en la década de 1940, en la Isla de Providencia, se consumía la carne de tortuga diez veces más que la carne bovina. No obstante, quizás lo que más se utiliza son sus huevos recién depositados en las playas. Al parecer, las playas con pendiente suave eran visitadas periódicamente por las diferentes especies con fines reproductivos y de puesta, lo que es aprovechado por las comunidades nativas de La Guajira local como un recurso nutricional muy importante (Fig. 3).

Existen algunos antecedentes que indican la abundancia y tamaño de estos quelonios, principalmente en la costa caribeña de Colombia, que permiten saber con alguna certeza cuales eran las especies más comunes, su tamaño, los métodos de pesca utilizados, las zonas de captura y el mercado de sus productos.^{2,3} Así, Ortega-Ricaurte (1941) afirmaba que en el Cayo Serrana la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) era escasa, ya que los pescadores que trabajan allí capturaban esporádicamente una que otra.

Igualmente, Persons (1964) no dudaba en afirmar que pese a la importancia que los pueblos precolombinos daban al recurso tortuguero, fueron los británicos los que organizaron el aprovechamiento intensivo del recurso en el Mar Caribe, hasta constituirse en

indispensable para los esclavos, agricultores y bucaneros, siendo frecuentes las crónicas de las actividades de pesca en los cayos vecinos a la Isla de Providencia. Años más tarde, ante la escasez de tortugas en las costas de Miskitos y la isla de Jamaica, los habitantes de Gran Caimán realizaron una arrasadora captura de tortugas en los Cayos de Serrana, Serranilla y Roncador. Ben-Tuvia y Ríos-Rodríguez, en 1970 (INDERENA-FAO 1:9-45), registraron capturas alrededor de Serrana, de hasta seis tortugas por día, mientras que Garcilazo de la Vega (Comentarios Reales) describe como Pedro Serrana (naufrago español en cuyo honor se designa el cayo) se alimentó con carne de tortugas durante siete años y de cómo los indios Miskitos de Centroamérica visitaban periódicamente los cayos para cazar tortugas (Fig. 4 –ver en la página siguiente–).

Las diversas condiciones naturales, geográficas e históricas, contribuyeron, a suscitar la variedad de nuestros productos de exportación, dentro de los cuales el carey, extraído del caparazón de *Eretmochelys imbricata*, llegó a ocupar lugares muy importantes dentro de las exportaciones nacionales entre 1838 y 1865⁴.

Al igual que sucede en varios países caribeños, actualmente no existe una utilización integral del animal, originando un frecuente y lamentable desaprovechamiento del caparazón, aletas, cuero, huesos y vísceras (Fig. 5 –ver en la página siguiente–).



Figura 4. Ejemplar de tortuga verde *Chelonia mydas* recuperada en la Alta Guajira por la Policía Nacional de Colombia (Foto de Olga Lucia Lara-Quintero).

La única excepción son las islas de Gran Caimán, donde se fabrican variados utensilios artesanales, bastante apreciados a nivel mundial. Julián (en 1787)⁵ relataba como en las costas colombianas se apreciaba el caparazón de la carey, con la que se elaboraban marcos, saetillas, peinetas, coyetas, alhajas, atriles y múltiples utensilios para el culto divino, que eran usados en todo el Nuevo Reino de Granada, Popayán y Quito. Cita como ejemplo más representativo el altar mayor de la Capilla del Sagrario, contigua a la Catedral Primada de Santa Fe de Bogotá, o las incrustaciones en muebles, bargueños, marquetería y otros artículos decorativos, con influencia del arte árabe.

Así durante el siglo XIX la carga más valiosa que se llevaba desde Providencia hacia los puertos norteamericanos (New York o Boston), era la concha de la tortuga carey. No obstante, tal como ha sucedido con otros productos naturales de exportación, dicho comercio fue bastante corto.

La llegada de los plásticos alivió la presión sobre especies como la tortuga carey (*E. imbricata*). Sin embargo, artesanos japoneses y nativos siguieron su labor aprovechando y, en la década de 1970, Panamá se convirtió en el centro de acopio del Caribe y Pacífico americano, debido a su legislación poco severa en materia de protección a la fauna. La carne salada de tortugas (*Chelonia* y *Eretmochelys*) junto con la del manatí (*Trichechus manatus*) fue parte importante de la ración ó tasajo de las tripulaciones de las naves españolas durante la Conquista y la Colonización, después la presión fue sobre los huevos en las playas de anidación, tanto para la alimentación humana como para engordar los cerdos (Acandí, Chocó) (Fig. 6). Con base en la demanda mundial, Mendel Hermanos curtían en Bogotá pieles de tortuga, tanto del Caribe como del Pacífico.

No hay duda, sin embargo, que los impactos que más afectan a las diferentes especies en nuestras costas han sido su captura indiscriminada, la invasión



Figura 5. Preparación de tortuga Verde, *Chelonia mydas* con leche de coco en la zona de La Guajira (Foto de Luis Alonso Gómez-Lemus).



Figura 6. Tortuga Canal, *Dermochelys coriacea*, en el Parque Nacional Natural Tayrona (Foto de Álvaro Andrés Moreno-Munar).

humana con diferentes propósitos a las playas de desove, y el impedimento que se presenta al normal desarrollo de sus ciclos de vida, al recoger y/o dañar los huevos, que con gran esfuerzo depositan las hembras en las playas (Figuras 7, 8 y 9 –pag. sig.-).

Según Julián⁵, la captura de tortugas en la Provincia de Santa Marta era tan abundante que los montones de caparazones, inclusive los de la Carey tan apreciados en la época, eran tan altos que podían divisarse a considerable distancia. Aunque se desperdiciaban los caparazones, su carne y huesos eran aprovechados, y los nidos respetados con objeto de proteger las especies, especialmente la Carey. Lamentablemente, esta práctica conservacionista entró en desuso con el cambio hacia la colonización mecanizada⁶.

Así mismo, se carece de mecanismos efectivos y continuos de protección y vigilancia para estos quelonios, ya que con las únicas excepciones de la Resolución 1032 (agosto 9 de 1977), por medio de la

cual se veda la captura de la tortuga Carey en todo el país. Los decretos 1681 y 1608 (agosto 4 de 1978) reglamentan todos los aspectos relacionados con los recursos hidrobiológicos y protección de la fauna silvestre, pero se carece de la vigilancia y seguimiento continuado, así como de todos los medios legales específicos para el adecuado manejo y conservación de las diferentes especies que habitan nuestras aguas (Fig. 9). En 1981, Colombia suscribió el Convenio sobre Comercio Internacional de Especies amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES) y se han adelantado acciones para hacerlo compatible con la Legislación Nacional, por ejemplo a través del Acuerdo 021 (abril 26 de 1991) por el cual se dictan normas específicas para la protección de las tortugas marinas.

La relativamente extensa bibliografía sobre las tortugas marinas de Colombia puede dividirse en cuatro grandes grupos: (1) las obras generales sobre tortugas que incluyen citas de las observaciones en el

Caribe colombiano, (2) las sinopsis de especies, (3) las investigaciones realizadas en las áreas de anidación, forraje y pesca, y (4) Tesis Profesionales, especialmente sobre tortugas del Caribe (Fig. 10).

Bibliografía

- (1) Ruiz-Rivas, G. 1948. El archipiélago lejano. Ediciones Arte. Barranquilla (Atl.) Colombia.
- (2) Pérez-Arbeláez, E. 1964. Recursos Naturales de Colombia (su génesis, su medida, su aprovechamiento, conservación y renovación). Inst. Geograf. "Agustín Codazzi" 2a Ed. Tomo I, Bogotá D.E. Colombia, 428 p.
- (3) Heckdon, S. 1969. El Islote, una comunidad de pescadores, en las islas de San Bernardo. Tesis Profesional. Fac. de Cienc. y Artes. Univ. de los Andes, Colombia, 62 p.
- (4) Nieto-Arteta, L.E. 1975. Economía y cultura en la historia de Colombia. 6a Edición. Tiempo Presente Ltda. Bogotá D.E., 343 p.
- (5) Julián, A. 1787. La perla de la América, Provincia de Santa Marta. Edición Príncipe. Madrid (España) Antonio de Sacha, 280 p. (Acad. Colombiana de Historia, Bibl. Historia Nacional, Vol. 141 (1980) Edición Facsimilar. Colombia.
- (6) Mejía-Gutiérrez, M. 1990. De la vida silvestre a la colonización mecanizada en el Caribe colombiano. UNC/ICFES-Cuadernos de Geografía, 2 (1): 53-208.



Figura 10. Tortugas Carey, *Eretmochelys imbricata*, en proceso de rehabilitación en el Santuario de Fauna y Flora Los Flamencos en la Guajira colombiana (Foto de Álvaro Andrés Moreno-Munar).

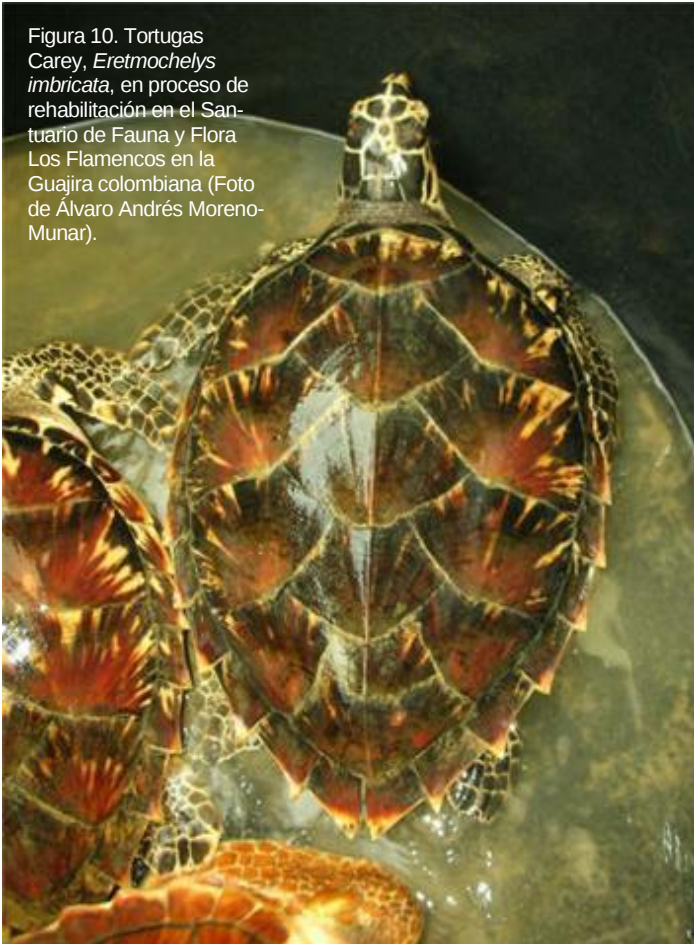




Figura 7. Ejemplar de tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) del Programa de Cría y Levante de Neonatos de Tortugas Marinas en Santa Marta (Foto del Proyecto Tortugas Marinas de la Universidad de Bogotá "Jorge Tadeo Lozano").



Figura 8. Neonato de tortuga Caguama (*Caretta caretta*) en el Departamento del Magdalena (Foto de Álvaro Andrés Moreno-Munar).

Figura 9. Tortuga Caguama, *Caretta caretta*, del Programa Cría y Levante de Tortugas Marinas (Foto del Proyecto Tortugas Marinas de la Universidad de Bogotá "Jorge Tadeo Lozano").

Especies del Mar Caribe Colombiano

Familia: Cheloniidae	
Género: <i>Caretta</i> Rafinesque, 1814	Especie: <i>Caretta caretta</i> (Linnaeus, 1758)
Nombre vernacular. Tortuga caguama, gogó, caguamo, cahuama, coco, loggerhead.	
Registros. Guajira (Cabo de la Vela, Manaure, Riohacha Punta Chimare y Punta Toroa), Magdalena (Buritaca, Don Diego, Punta Aguja), Bolívar (La Boquilla, Punta Canoa), San Andrés y Providencia (Isla de San Andrés, Isla de Providencia, Cayo Bolívar, Cayo Albuquerque, Bajo de Quitasueño, Cayo Serrana, Cayo Roncador, Bajo Nuevo).	
Fotos: 1, 8 y 9	

Familia: Cheloniidae	
Género: <i>Chelonia</i> Brongniart, 1800	Especie: <i>Chelonia mydas</i> (Linnaeus, 1758)
Nombre vernacular. Tortuga blanca, tortuga verde, kadaloe, green turtle.	
Registros. Guajira (Cabo de la Vela, Manaure, Punta Chimaure, Punta Taroa, Riohacha), Magdalena (Buritaca, Don Diego), Bolívar (Cartagena, Islas del Rosario), Sucre (Golfo de Morrosquillo), San Andrés y Providencia (Isla de San Andrés, Isla de Providencia, Cayo Bolívar, Cayo Albuquerque, Bajo de Quitasueño, Cayo Serrana, Cayo Roncador, Bajo Nuevo).	
Fotos: 4	

Familia: Cheloniidae	
Género: <i>Eretmochelys</i> Fitzinger, 1843	Especie: <i>Eretmochelys imbricata</i> (Linnaeus, 1766)
Nombre vernacular. Tortuga carey, tortuga fina, hawksbill.	
Registros: Guajira (Cabo de la Vela, Manaure, Punta Chimaure, Punta Taroa), Magdalena (Buritaca, Santa Marta), Bolívar (Cartagena, Isla Barú, La Boquilla, Punta Canoas), Córdoba (Isla Fuerte), Chocó (Acandí), San Andrés y Providencia (Isla de San Andrés, Isla de Providencia, Cayo Bolívar, Cayo Albuquerque, Bajo de Quitasueño, Cayo Serrana, Cayo Roncador, Bajo Nuevo). (Álvarez-León, 2001).	
A través de la Resolución 1032 de agosto 9 de 1977 se veda su captura en todo el territorio nacional, como una medida de protección principalmente de las poblaciones anidantes del Caribe.	
Fotos: 7, 10 y 11	

Familia: Cheloniidae	
Género: <i>Lepidochelys</i> Fitzinger, 1843	Especie: <i>Lepidochelys kempii</i> (Garman, 1880)
Nombre vernacular. Tortuga lora, caguamo.	
Registros. Magdalena (Playas de Guachaca y de Buritaca-Don Diego), Bolívar (La Boquilla).	
Fotos: 2	

Familia: Cheloniidae	
Género: <i>Lepidochelys</i> Fitzinger, 1843	Especie: <i>Lepidochelys olivacea</i> (Eschscholtz, 1829)
Nombre vernacular. Tortuga golfina, lora, caguamo, amarilla, cabezote, guía, gritona, aítppise (en wayúu).	
Registros. Guajira (Riohacha), Córdoba (Berrugas).	
Fotos: 2	

Familia: Dermochelyidae	
Género: <i>Dermochelys</i> Blainville, 1816	Especie: <i>Dermochelys coriacea</i> (Vandelli, 1761)
Nombre vernacular. Tortuga canal, barrigona, baúla, tortuga de cuero, buefadora, canal, gaula, caná, cachepa, cardón, leatherback turtle.	
Registros. Guajira (Cabo de la Vela), Magdalena (Buritaca, Cabo San Juan de Guía, Don Diego, El Rodadero), Bolívar (Barrio Crespo de Cartagena, Punta Canoas), Antioquia (Punta Caribana, Punta del Aguila, Punta Arenas, Rufino, Necoclí), Chocó (Acandí, Pinorroa, La Playona, Playeta, Triganá).	

Figura 11. Tortuga Carey, *Eretmochelys imbricata*, registrada en las costas del Departamento del Magdalena. Nótese la diferencia de coloración en el caparazón (Foto de Álvaro Andrés Moreno-Munar).

Características técnicas B.O. Taliarte

Dimensiones		Capacidad		Alojamiento
Eslora mínima	39,60 m	Combustibles	77 m ³	12 Tripulantes
Eslora	34,26 m	Tanques agua	48 m ³	9 Científicos
Manga	7,24 m	Autonomía	3880 millas	
Puntal	3,95 m			
Arqueo	267 TRB			
Motor principal	1070 cv	Velocidad máx.	11 nudos	



El hundimiento del buque oceanográfico Taliarte

El B.O. en 1981 entrando en el Puerto de Taliarte (Foto de Ayala, extraída de la web <http://www.navyymar.com/TaliarteBM.htm>).



Luis Felipe López Jurado

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

El 7 de septiembre de 2003 se hundió el buque oceanográfico "Taliarte" cerca de la costa de la isla de Boa Vista, en aguas del Archipiélago de Cabo Verde. Este barco, de 34,26 m de eslora y 7,2 m de manga, inicialmente bautizado con el nombre de *Miguel Primero*, fue construido en 1966 en los astilleros Luzuriaga S.A., Pasajes (Euskadi), con casco de acero remachado y dedicado a la pesca de arrastre por el costado (tipo Bou).

En 1981 el buque fue adquirido por el Cabildo Insular de Gran Canaria y reconvertido en buque oceanográfico y, así, formar parte de las infraestructuras que darían soporte a las investigaciones llevadas a cabo en el recién construido (1974) Centro de Tecnología Pesquera de Taliarte (Telde, Gran Canaria). El objetivo de este centro de investigación era promover los estudios en oceanografía y pesquerías en aguas del Archipiélago. Sin embargo, debido a diversos problemas de gestión y dificultades en su

mantenimiento, en 1995 el Cabildo cedió la titularidad administrativa del Centro a la Comunidad Autónoma de Canarias. En 1996 cambió su nombre por el de Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM), con el objetivo de desarrollar las competencias de la Comunidad Autónoma en investigación oceanográfica, realizar y promover trabajos de investigación y desarrollo tecnológico de interés para Canarias en el ámbito de las ciencias marinas, actuar como plataforma horizontal de investigación, desarrollo e innovación, contribuir a la educación medioambiental y promover la cooperación en estas materias entre las instituciones regionales, nacionales e internacionales. Tareas en las que el B/O Taliarte era una pieza clave. En 2013 el ICCM dejó de existir como tal, pasando sus instalaciones a la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y a la PLOCAN (Plataforma Oceánica de Canaria).

El B/O Taliarte ha sido el primer y único buque oceanográfico con base permanente en Canarias. Los elementos más destacables de la reconversión del arrastrero a barco oceanográfico fue la transformación de la antigua bodega de almacenamiento de captura en espacio para alojar los laboratorios. En su última fase también se procedió a la instalación de nuevos generadores acordes a la demanda de energía que requería el buque y su nuevo equipamiento científico. Bajo la cubierta principal el barco contaba con tanques de agua dulce de pique de popa, cámara de máquinas, laboratorio oceanográfico, cámara frigorífica, cámara de auxiliares, tanques profundos de combustible y pique de proa. Además, en la zona de entrepuentes, sobre la cubierta principal, estaba dotado de camarotes para alojar a 12 tripulantes y 9 científicos, cocina, comedor, recibidor, aseos y pañol de almacén, entre otros.

Durante sus casi 25 años de servicio en Canarias, el B/O Taliarte participó como elemento fundamental en diversas campañas de evaluación pesquera y de caracterización oceanográfica de las aguas del Archipiélago Canario, y principalmente en Gran Canaria, así como de Cabo Verde en su última etapa. Durante una campaña de exploración dedicada a las nuevas pesquerías en Cabo Verde, en especial de gambas y camarones, así como al estudio de mamíferos marinos y tortugas, el barco tocó fondo en la Baja del Inglés, frente a la isla de Boavista, lo que originó que el buque se partiera y posteriormente se hundiera. El hundimiento se produjo en 16°09,00N -29°55,001W, sin que hubiesen daños personales. En el momento del siniestro el buque llevaba a bordo 45.000 litros de gasoil y 2.478 litros de aceite de 0,85 t/m³ de densidad.



Las Quimeras

existen no sólo en la mente del hombre, también en el mar

Uriel Rubio Rodríguez y

Francisco Javier Vergara Solana

Departamento de Pesquerías y Biología Marina, CICIMAR-IPN,
Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa
Rita, La Paz, BCS, México, 23096.

Vivir una quimera

En ocasiones se puede escuchar por diferentes medios la palabra “quimera”, haciendo referencia a algo irreal, desconocido con tintes misteriosos, en donde existen mezclas de diferentes animales, objetos o inclusive preferencias sexuales. Pero, ¿de dónde salió una palabra que engloba tantas cosas?, siendo que su significado es precisamente mezcla de fantasía, resulta más sorprendente que en realidad exista algo llamado así.

El origen de la palabra *Khimaira* se remonta al conjunto de mitos y leyendas de la época griega, aproximadamente en el 800 a.C., donde se creía la existencia de un excéntrico animal representado con cuerpo de cabra, cabeza de león y cola de serpiente e inclusive como una criatura de la cual emanaban cabezas de distintos animales. Fue precisamente el desconcierto de observar a un organismo marino parecido a un pez, de cola alargada, dientes afilados como los de una rata y con aletas perezosas a las alas de una gaviota, la causa por la que en el siglo XVIII el naturalista Carlos Linneo nombró en latín a un género de peces como *Chimaera*, de la cual toman el nombre clasificaciones taxonómicas superiores como la familia e incluso el orden.

Estos peces ostentan una morfología muy similar a los elasmobranquios (tiburones y rayas), sin embargo sus características han causado confusiones entre los ictiólogos (científicos dedicados a estudiar a los peces).

Las quimeras comparten con los tiburones un esqueleto cartilaginoso, un cráneo a manera de capsula sin suturas, órganos sexuales intromitentes cartilaginosos, intestinos en forma de válvula de espiral y un gran hígado lleno de aceite. Pero, a diferencia de los tiburones, donde el movimiento de la mandíbula superior se debe a la presencia de un ligamento, en las quimeras la mandíbula superior es inmóvil y se encuentra junto a la capsula craneal. A esta condición de la suspensión mandibular se le conoce como Holostílica, es por esta fusión que se le ha llamado Holocefala (cabeza entera) a todo el grupo que enmarca a las quimeras modernas.

Al tocar su cuerpo uno percibe una sensación carnosa, ya que se encuentra libre de escamas a excepción de pequeños denticulos en los gonopterí-gios y a lo largo de la línea media de la espalda. También es muy evidente una fuerte espina al comienzo de la aleta dorsal, que se piensa son escamas modificadas, la cual suele tener una sustancia venenosa similar a la que se encuentra en las rayas.

Son animales ovíparos que desovan unos pocos huevos, de 10 cm, con forma de lanza o capsulas con ornamentaciones similares a los de los tiburones. En *Hidrolagus coliei*, la especie de quimera más común en el Pacífico mexicano, se ha documentado que



Figura 1. *Hydrolagus colliei* (Lay y Bennet, 1849).

Son peces que no son vistos con mucha frecuencia dado que habitan las aguas profundas de todos los océanos del mundo, generalmente por debajo de los 80 m y hasta los 2.600 m.

Figura 2. *Harriota releighana* Good y Bean, 1895.



Figura 3. *Callorhincus milli* Bory de Saint-Vincent, 1823



requieren de 18 a 30 horas para expulsar los huevos durante el parto. Después de ser liberados, los huevos pueden estar sujetos a la hembra a través de una larga y delgada extensión o pueden ser depositados en el lodo de modo vertical, o en un sustrato rocoso. El periodo de incubación del huevo es de casi 12 meses.

Son peces que no son vistos con mucha frecuencia dado que habitan las aguas profundas de todos los océanos del mundo, generalmente por debajo de los 80 m y hasta los 2.600 m. Aunque también es posible observarlos sobre la plataforma continental, a poca profundidad, como *Callorhincus capensis* que es pescada con regularidad para fines alimentarios en las aguas sudafricanas.

Son animales de tamaño mediano que van de los 60 cm hasta los 2 m, siendo las hembras generalmente más grandes que los machos. Se ha estimado que llegan a vivir de 5 a 10 años, aunque especies como *Chimaera monstrosa* puede tener una longevidad de 29 años.

Es muy debatido el origen de este grupo, pero se piensa que divergieron del resto de los condricios (tiburones, rayas y quimeras) hace alrededor de 300 a 358 millones de años, durante el Paleozoico. Sin embargo, las primeras quimeras de las que se tiene registro fósil, están datadas en el Jurásico y Cretácico. Éstas exhibían una gran diversidad de formas, incluyendo formas parecidas a anguilas, mantarrayas o incluso como peces globo, donde algunas alcanzaban los 4 m de longitud y otras no excedían los 10 cm. A pesar de esto, las quimeras que aún viven son reliquias de un diverso y dinámico grupo de condricios de la era Paleozoica.

Algunas especies

Hydrolagus colliei (Lay y Bennet, 1849) es una especie que alcanza un metro de longitud total como máximo, su hocico termina en punta roma, la primera aleta dorsal es eréctil, sus aletas pectorales son grandes y tamaño aproximado al de su cabeza, la aleta anal y la caudal no están bien definidas y se encuentran alargadas, por tanto la cola tiene aspecto de látigo, de aquí su nombre común de pez rata. Aunque se considera inofensivo hay que tener cuidado con una espina que posee en la aleta dorsal y que es medianamente venenosa.

Son organismos que gustan de estar cerca del fondo y se han capturado u observado hasta una profundidad de 910 metros. Se alimentan de pequeños invertebrados y otros peces, razón por la cual también se han capturado en aguas más o menos someras, aunque esto sucede muy raramente. Por lo general, son capturados en arrastres camaroneros o palangreros de profundidad, como pesca incidental, y en ocasiones muy raras con azuelo y caña.

Harriota releighana Goode y Bean, 1895, pertenece a un grupo de quimeras que presentan un hocico alargado (Rhinochimaeridae), a manera de pico, que va adelgazándose hacia el extremo anterior. La aleta dorsal también presenta una espina, pero es aserrada, mientras que las aletas pectorales son grandes y las aletas anal y caudal no están bien definidas, dando un aspecto de cinta.

Figura 2. Ejemplar macho de *Hydrolagus macrophthalmus* encontrado por pescadores y que se creía habitaba únicamente en el hemisferio sur.



A

B

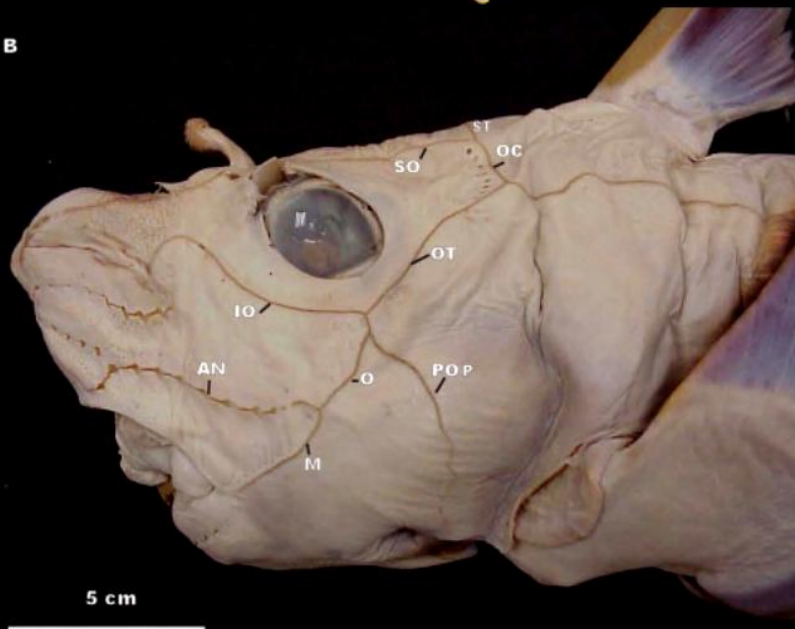


Figura 1.- A) antes de la base de la aleta y por debajo de la misma, es posible observar en los machos los órganos intromitentes llamados gonopodios. B) surcos sensoriales en el rostro son útiles para su determinación taxonómica a nivel de especie, en la frente se distingue el *tenaculum* frontal.



Figura 3. Fotografía de *Hydrolagus melanophasma* publicada en el periódico local "El sudcaliforniano" que difunde la noticia del hallazgo de un pez extraño.

En 2010, el Dr. Adrián González Acosta recibió un ejemplar muerto de *Hydrolagus macrophthalmus*, encontrado en las costas mexicanas de Manzanillo, que hasta entonces se creía que habitaba el Pacífico sur.

Muy pocos individuos han sido capturados y el ejemplar con el que se describió la especie medía unos 15 cm de longitud total y fue capturado a 1.180 m de profundidad. Muy poco o nada se conoce de aspectos biológicos. Su alimentación parece consistir de pequeños crustáceos y peces.

Por otra parte, los miembros de la familia Callorhynchidae, como *Callorhincus milli* Bory de Saint-Vincent, 1823, son conocidos comúnmente como peces elefante por el prominente hocico que porta. De todo el grupo de los holocéfalos, son los que presentan la distribución más costera y se encuentran restringidos sólo al Hemisferio Sur. De manera particular esta especie se ha capturado al sur de Australia y Nueva Zelanda, curiosamente su consumo es muy popular en localidades costeras. Y es debido a su interés comercial por lo que se conocen

aspectos de su biología, por ejemplo la longitud máxima que se ha registrado es de 120 cm y habitan en profundidades de 200 hasta 500 metros. Se sabe que durante la primavera los adultos migran a las bahías y estuarios a desovar, en fondos suaves o lodosos, y es durante esta época que se da la mayor captura de la especie. La gestación es de hasta 8 meses. Se considera inofensivo aunque valdría tener cuidado con la prominente primera espina dorsal.

Nuevos descubrimientos

En el 2010, el Dr. Adrián González Acosta y sus colaboradores del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN), recibieron un ejemplar muerto de *Hydrolagus macrophthalmus* encontrado flotando por los pescadores en una zona de gran profundidad (2000 m) en las costas de Manzanillo (Colima, México) (Fig. 2). Es la primera vez que se registra esta especie de quimera en el Pacífico mexicano, cuando se creía que solamente habitaba en el Pacífico sur.

Este tipo de descubrimientos incrementa el conocimiento de nuestra fauna de peces marinos y en ocasiones sólo se puede tener constancia de estos animales gracias al apoyo de la población en general que da parte a científicos expertos.

Por otra parte, en agosto de 2009, a 11 millas náuticas hacia el sur de Los Cabos, Baja California Sur (México), una embarcación de la flota deportiva de la empresa *Pisces Fishing Fleet*, bajo la capitanía de Agustín Dosal, recolectó un pez extraño que se encontraba flotando en la superficie del mar (Fig. 3). El ejemplar fue clasificado como *Hydrolagus melanophasma* y forma parte de la colección ictiológica del CICIMAR. Se caracteriza por una piel de color oscuro uniforme, de la cual hace referencia su nombre científico (algunos detalle morfológicos de este ejemplar se muestran en la figura 4). En 2003, el Monterey Bay Aquarium (California, EE.UU.) pudo grabar un ejemplar vivo de esta especie en aguas del Golfo de California con ayuda de submarinos dirigidos por control remoto (ROV)

(<http://www.youtube.com/watch?v=jelQFJ0u7TA>).

Bibliografía

- Ferrari, A. y Ferrari, A. 2001. *Todo Escualos*. Grijalbo. España. 256 pp.
- Hennemann R. M. 2001. *Guía de tiburones y rayas del mundo*. M&G. España. 304 pp
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. Wiley, New York. 601pp.
- Puncel, M. 1992. *Los peces*. Altea. España. 63pp.

A satellite photograph of the Earth showing a large, dense, yellowish-brown dust cloud originating from North Africa and extending westward over the Atlantic Ocean towards the Canary Islands and the Iberian Peninsula. The surrounding ocean is dark blue, and the landmasses are visible in shades of green and brown. The image is taken from a high angle, showing the curvature of the Earth.

Figura 1. Nube de polvo sahariano sobre Canarias extendiéndose hacia el SW de la península ibérica, NW y N de África. Fotografía de satélite tomada el 8 de Junio de 2006.

Las floraciones (“blooms”) de *Trichodesmium erythraeum* en Canarias, analizadas desde la perspectiva de la Directiva europea de calidad de las aguas de baño



Figura 2. En agosto de 2004, una floración de *Trichodesmium* alcanzó las costas de Gran Canaria, Tenerife y Lanzarote. En la fotografía se ve una “mancha” alcanzando la línea de costa cerca de una playa (La Laja, Gran Canaria) (Color saturado de la fotografía).

Leopoldo O'shanahan Roca

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

El mundo microbiano ha sido estudiado desde hace mucho tiempo, a partir del momento en que el comerciante holandés Leeuwenhoek, en el siglo XVII, realizó una combinación de lentes que le permitieron observar los llamados “animálculos”, y que permitió a Hooke, sobre esa época, dar el nombre de “células” (del inglés “cell”, celdas) a las unidades que integran el tejido que formaba el “súber” del corcho del alcornoque. Con instrumentos de lo más rudimentario, en el siglo XIX, Pasteur, en Francia, da un enorme avance a un arte (ciencia) que luego se llamará Microbiología y que iría, a su vez, subdividiéndose en numerosas ciencias que en la actualidad se dedican a estudiar y a conocer el mundo de los seres microbianos. A este mundo de microorganismos muy primitivos pertenecen las bacterias y un grupo de ellas llamadas cianobacterias. La mayoría de las bacterias marinas realizan procesos naturales de descomposición de la materia orgánica y transformación de moléculas en otras, por ejemplo el amonio en nitrito y nitrato (nitrificación), mejor asimilable por los vegetales marinos, mientras que las cianobacterias diazotróficas, y muy especialmente *Trichodesmium erythraeum*, captan el nitrógeno atmosférico y el dióxido de carbono, elaborando así proteínas, azúcares y grasas. Precisamente, el ciclo del nitrógeno en el mar ha sido uno de los motivos de investigación más extendidos en la química y en la biología marina.

T. erythraeum fue inicialmente descrita por el alemán Ehrenberg, en 1830, después de observar floraciones masivas, o “blooms”, de estas cianobacterias que coloreaban el agua del Mar Rojo, más de medio siglo antes que otro alemán, Escherich, que en 1985 denominara a otra de las bacterias heterotrófica más comunes entre los humanos y otros animales de sangre caliente, *Escherichia coli*, y cuya cuantificación en el agua de mar nos sirve para medir la contaminación por aguas residuales urbanas.

Ambas especies han sido protagonistas recientemente de la actualidad en Canarias porque, a consecuencia de los “blooms” de *Trichodesmium*, se ha querido asociar la presencia de estas cianobacterias con los vertidos de aguas fecales, cuyo máximo representante bacteriano es, precisamente, *Escherichia coli*. Pero, como ha quedado claramente de manifiesto, no existe relación alguna entre los vertidos fecales y las proliferaciones de cianobacterias¹.

La presencia de estas proliferaciones masivas de cianobacterias en aguas de Canarias no es nada reciente. Ya en 2004, Ramos y colaboradores² describieron estas floraciones por primera vez en el Archipiélago, contrastando sus hallazgos con numerosos trabajos previos publicados.

Las floraciones masivas de cianobacterias en Canarias

En las aguas de Canarias las grandes proliferaciones de cianobacterias se forman sólo cuando se dan tres condiciones ambientales: 1- presencia abundante de



Figuras 3a y 3b. Playa de Salinetas (Telde, Gran Canaria) en Octubre de 2011. Microfotografía de una muestra en la que se observa los apéndices de copépodos que se están alimentando de una colonia de *Trichodesmium*, (Autora: Dra. Ana Rodríguez y Aguas de Telde).

polvo atmosférico procedente de África (Fig. 1), 2- temperatura elevada del agua de mar, superiores a 24 °C, y 3- vientos muy suaves que determinan calma en la superficie del mar y casi ausencia de oleaje.

Como ya se ha indicado, la primera gran floración de estas cianobacterias de la que se tiene constancia científica en las islas data de 2004 y afectó a aguas de Gran Canaria, donde se tomaron muestras en varias zonas del litoral, y de Tenerife, procedentes de una proliferación gigantesca que se produjo entre las islas de Tenerife, Gran Canaria y Fuerteventura. Otra gran floración de naturaleza similar apareció el 2 y 3 de Octubre de 2011 y afectó a la costa este de Gran Canaria (Fig. 3). Recientemente, entre Julio y Septiembre de 2017 se produjeron proliferaciones de cianobacterias de enormes proporciones y larguísima duración, afectando profusamente a casi todo el Archipiélago (Fig. 4).

La presencia de *Trichodesmium* spp. es habitual en el fitoplancton de nuestras aguas, es decir, no se limita a las grandes floraciones sino que se estima que forma en todo momento parte del fitoplancton marino. En ocasiones se observan poblaciones discretas, con una cantidad bastante numerosa de colonias, sin que lleguen a formar grandes proliferaciones. Por ejemplo, al suroeste de Gran Canaria, a escasos centenares de metros de la línea de costa, en septiembre de 2007, se detectaron varias manchas discretas de *T. erythraeum* que no llegaron a adquirir carácter de proliferación masiva (Fig. 5). También en 2009 se observaron este tipo de manchas de *Trichodesmium* en la zona de aguas encalmadas de Gran Canaria (Fig. 6).

Consideración de las floraciones de cianobacterias mediante la Normativa de Europea de Calidad de Aguas de Baño, Directiva 2006/7/CE³

Dado que las proliferaciones masivas de *Trichodesmium* afectan a las playas de baño, con la posible alarma pública, su gestión se puede enmarcar

dentro de “la Directiva 2006/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de febrero de 2006 relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño”. Esta Directiva, ya desde su inicio establece su preocupación por el agua como elemento primordial en el medio ambiente. Así, en su Considerando (2) precisa: “El agua es un recurso natural escaso, cuya calidad debe ser protegida, defendida, gestionada y tratada como tal (...)”. En el Considerando (3): “La política comunitaria de medio ambiente ha de perseguir un alto nivel de protección (...) y preservar, proteger y mejorar la calidad del medio ambiente y proteger la salud humana”. Y, finalmente, en el Considerando (8): “El público debe recibir oportunamente información adecuada sobre los resultados del control de calidad de las aguas de baño (...) a fin de prevenir los peligros para la salud especialmente en situaciones anómalas”.

Los trabajos científicos existentes dejan claramente establecido que la formación de las floraciones de *Trichodesmium* transcurre en aguas oligotróficas oceánicas y que las grandes masas que se forman en la superficie marina son transportadas por las corrientes hacia el litoral, al que llegan ya en fase de descomposición¹. Por ello, en diferentes artículos de la Directiva 2006/7/CE de Calidad de Aguas de Baño, se encuentran suficientes argumentos que justifican la oportunidad de utilizar esta norma para la observación, estudio y “resolución” de los problemas que pueden causar las floraciones de cianobacterias, sobre todo en su arribada al litoral, procedentes desde el océano abierto donde se forman. Es decir, la Directiva permite gestionar a los especialistas y a la Administración la calidad del agua de baño, que puede ser alterada por los vertidos de aguas residuales o por la presencia de las proliferaciones de cianobacterias a su llegada al litoral. En todo caso, los científicos han dejado claramente establecido que no existe relación entre ambos procesos.



(izda.) Figura 4. Floración de *Trichodesmium* alcanzando la costa de Puerto de Santiago, Tenerife, en 2007. El colorido tan variado indica el estado de descomposición final en el que se hallan las cianobacterias.



(dcha.) Figura 5. Colonias de *Trichodesmium erythraeum* frente a la costa SW de Gran Canaria en Septiembre de 2007 (Autor: Ignacio Reyes; Diagnóstico específico: Dra. Alicia Ojeda, ICCM).

La formación de las floraciones de *Trichodesmium* transcurre en aguas oligotróficas oceánicas y las grandes masas que se forman en la superficie marina son transportadas por las corrientes hacia el litoral.

En este sentido, en el Artículo 1.2 se dice: “La presente Directiva tiene por objeto la conservación, protección y mejora de la calidad del medio ambiente y la protección de la salud humana”. Este enunciado justifica lo que propugnan los investigadores¹ cuando afirman que no se conocen casos de toxicidad directa sobre las personas, salvo casos de dermatitis, irritación de mucosas, etc. Ello determina que, en países occidentales de cultura sanitaria y ambiental avanzada como Australia, cuando se presentan las proliferaciones de cianobacterias en la orilla de las playas no se prohíbe el baño, sino que se recomienda no bañarse cerca de las manchas de *Trichodesmium* e informan del carácter nocivo pero no tóxico para los humanos de estos microorganismos. Estos mismos criterios son los que se utilizan en Canarias.

Otro de los apartados, el Artículo 2.7, define unas “medidas de gestión” de las zonas de baño, entre las que establece: “f) determinar y evaluar las causas de contaminación (aunque las manchas de cianobacterias en el litoral y playas no proceden de ninguna contaminación antropogénica) que podrían afectar (...) a la salud de los bañistas”; “g) dar información al

público” y además aclara que: “12) se entenderá por “proliferación de cianobacterias”, una acumulación de cianobacterias en forma de floraciones algales, cenobios (“mat”, en inglés) o espumas”. Es decir, las autoridades sanitarias, y de cualquier índole, han de investigar estas manchas e informar a la población sobre la naturaleza biológica de lo que está afectando a las playas de baño.

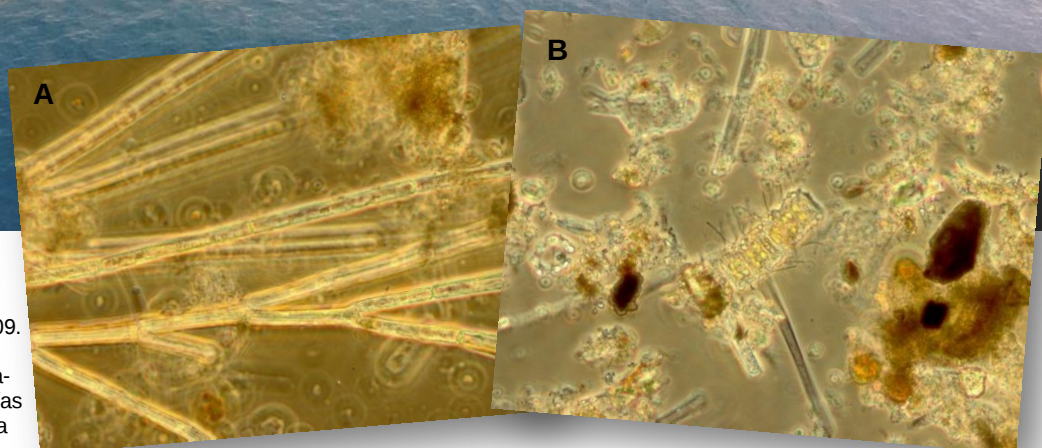
El Artículo 7 se ocupa de las llamadas “Medidas de Gestión en Circunstancias Excepcionales” y recomiendan a los responsables que tales medidas sean tomadas cuando se produzcan “situaciones inesperadas que tengan, o se presuma razonablemente, que puedan tener, un efecto nocivo sobre (...) la salud de los bañistas. Dichas medidas incluirán la información al público y (...) la prohibición temporal del baño”. Es evidente que las floraciones de *Trichodesmium*, por su carácter esporádico e imprevisible pueden definirse como “situaciones inesperadas”.

El Artículo 8, dedicado a “Riesgos Debidos a Cianobacterias”, establece lo siguiente: “1. Cuando el perfil de las aguas de baño indique propensión a la proliferación de cianobacterias (...) se hará un control (...) para determinar (...) los riesgos para la salud” y, “2, cuando (...) se haya presumido un riesgo para la salud, se adoptarán inmediatamente medidas de gestión (...) con el fin de prevenir la exposición a las cianobacterias (...)”.

Por último, en el Artículo 12, “Información al público”, la Directiva obliga a los estados europeos que difundan a la población: “d) información sobre la naturaleza y duración prevista de las situaciones anómalas (...)” y “e) siempre que se prohíban el baño o se recomiende abstenerse del mismo, una advertencia en la que se informe al público y se indiquen los motivos.”

Por lo tanto, en mi opinión, la legislación europea estimula a las administraciones de los países que

Figura 7: Dos grandes proliferaciones de *Trichodesmium erythraeum* aproximándose a la costa de Puerto de Mogán (suroeste de Gran Canaria), en Agosto de 2017.



Figuras 6a y 6b. Fotografías al microscopio de *Trichodesmium erythraeum* tomada en el sur de Gran Canaria, el 9 de Junio de 2009. Se ven todo tipo de organismos planctónicos y alguna cadena aislada de las cianobacterias (Fotografías y diagnóstico específico: Dra. Alicia Ojeda, ICCM).

investiguen, diluciden y den a conocer científicamente la composición de las proliferaciones masivas de cianobacterias en lo que concierne a su identidad biológica, y presuntos efectos nocivos sobre la población humana que utiliza las playas. Es decir, la Directiva 2006/7/CE no sólo se ocupa de la contaminación de las zonas de baño por aguas residuales humanas, para cuya evaluación utiliza métodos microbiológicos en los que se cuantifican solamente bacterias intestinales sino que, además, considera otros fenómenos (presencia de cianobacterias, macroalgas y fitoplancton) que pueden afectar a la calidad de las aguas de las zonas de baño. En suma, esta Directiva es un instrumento adecuado y suficiente para tratar el litoral en todo lo concerniente a la calidad ambiental y bienestar humano.

Bibliografía

- (1) Arístegui, J., González-Ramos, A. J.; Benavides, M. (2017). Informe sobre la presencia de *Trichodesmium* spp. en aguas de Canarias en el verano de 2017. Las Palmas de Gran Canaria, 2 de septiembre de 2017.
- (2) Ramos, A.G., Martel, A., Codd, G.A., Soler, E., Coca, J., Redondo, A., Morrison, L.F., Metcalf, J.S., Ojeda, A., Suárez, S., Petit, M. 2005. Mar. Ecol. Prog. Ser., 301:303-305.
- (3) Directiva 2006/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de febrero de 2006. Diario Oficial de la Unión Europea, L 64/37 – L 64/51. 4.3.2006.

El demonio de los abismos



(1) Hembra del pez demonio (<http://meanspirited.net/people/2010/jul/angler-fish.jpg>). (2) Hembra del pez demonio (Foto de David Shale, obtenida de Miya et al., 2010. BMC Evolutionary Biology, 10:58. doi:10.1186/1471-2148-10-58). (3) Ejemplar de pez demonio, *Caulophryne jordani*, capturado en aguas de Somalia (Fuente: Museo de Zoología Comparada, Universidad de Harvard).

José Juan Castro

Las aguas del océano por debajo de los 200 metros de profundidad presentan una oscuridad infinita, sólo rota por las pequeñas luces bioluminiscentes, a modo de minúsculas estrellas en el firmamento, que emiten algunas especies que habitan esta negritud perpetua. Esta luz que generan estos organismos abisales aparentemente tiene diversas funciones, entre las que destacan las meramente alimentarias, sirviendo de atractor a las criaturas curiosas que buscan comida y que sirve de presas, o como mecanismo para atraer a otros individuos de la misma especie y poder así reproducirse en un mundo casi desierto y de dimensiones colosales, y donde encontrar una pareja es tarea casi imposible.

En este oscuro, frío y profundo mundo, los peces adquieren una alta variedad de formas que les facilitan sobrevivir en estos ecosistemas hostiles para la vida, destacando, a pesar de lo que mayoritariamente se cree, las especies con tallas pequeñas, de colores marrones, rojos, grises o negros, con largas espinas que dificultan que sean comidas, y grandes mandíbulas que permitan comerse cualquier cosa que sea comestible, incluso aquellas que sean más grandes que el propio individuo.

El pez demonio, pejesapo espinoso o pez abanico -fanfish- como se le conoce en inglés (*Caulophryne jordani*), es un habitante de las aguas profundas del Atlántico Norte, Pacífico e Índico. Emparentando con el grupo de los rapés o peces lophiiformes, se distribuyen entre los 100 y 1.500 metros de profundidad y, a diferencia de los que hacen otras especies abisales, nunca migra hacia aguas superficiales. Aunque tiene un aspecto monstruoso, propio de un ser de otro planeta y candidato a formar parte del elenco del bestiario de cualquier historia de ciencia ficción, no supera los 20 cm de longitud. Presenta las adaptaciones típicas de los monstruos abisales,

como son tener una cabeza grande, casi la mitad de la longitud de su cuerpo, con una boca también enorme, piel gelatinosa, cuerpo de color negro o marrón oscuro, y cubierto de grandes espinas y otras prolongaciones que actúan como órganos sensoriales. Éstas detectan las pequeñas vibraciones que ocurren en el agua de su alrededor, como consecuencia del desplazamiento de los organismos que se mueven en su entorno inmediato.

Los ojos son muy pequeños, pero este pez posee un órgano luminoso, a modo de apéndice, conocido como illicium, con una longitud que oscila entre el 17 y 37% de la longitud de su cuerpo, y que le sirve para atraer a las potenciales presas moviendo esta especie de linterna. El illicium presenta un ensanchamiento en su extremo libre (el esca) con un filamento alargado, movable en todas direcciones, que utiliza para atraer a otros peces lo suficientemente cerca para ser engullido en un rápido movimiento. Sus mandíbulas tienen la capacidad de dislocarse para aumentar su tamaño considerablemente, lo que le permite capturar presas de gran tamaño, incluso más grandes que él, y no desdeñar ningún alimento que esté disponible, que generalmente es escaso en estos ecosistemas muy profundos. La mandíbula superior tiene entre 17 y 39 dientes, mientras que la inferior sólo tiene entre 12 y 26. También tiene de 2 a 5 dientes en el vómer (que es el hueso situado en el paladar).

También, como ocurre con muchas especies de peces abisales, las hembras son mayores, hasta el doble, que los machos. Los machos adultos evolucionan hacia una vida parásita, perdiendo las aletas pélvicas y pasando a depender totalmente de las hembras a cuyos cuerpos viven "clavados". Cuando un macho encuentra a una hembra, la muerde y no la suelta. Su piel se fusiona con la hembra y se convierte en un parásito para ella. Por otra parte, tiene una forma muy curiosa de cuidar de sus crías, al depositar sobre un millón de huevos en una especie de banda de moco.



Figura 1. Diente de *Carcharocles megalodon* en los fondos del Museo Canario.

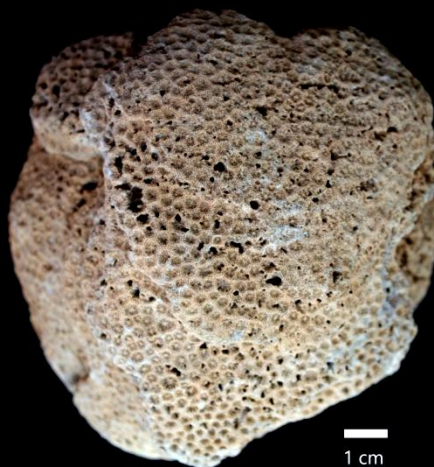


Figura 2. Coral *Siderastrea radians*, La Santa, Lanzarote. Este organismo actúa como un indicador paleoclimático. Actualmente se localiza en las aguas tropicales del Caribe y Golfo de Guinea.

Breve introducción al patrimonio paleontológico de Canarias

Juan Francisco Betancort Lozano^a y Carmen Nayra Hernández Acosta^b

a- Laboratorio de Paleontología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. b- Biblioteca General de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Canarias es un laboratorio natural para estudiar diferentes aspectos ecológicos y climáticos. Cuestiones como evolución, especiación insular o como responden los diferentes ecosistemas y organismos a cambios en las condiciones climáticas pueden tener respuesta en el patrimonio natural de Canarias, tanto el actual como el fósil, que pasa a ser paleotestimonios o paleoindicadores climáticos. En este trabajo se presentan algunos de estos valores patrimoniales dividiéndose en dos grandes momentos o épocas: Neógeno (Mioceno y Plioceno, entre 20 y 2,58 millones de años) y Pleistoceno (entre 2,85 millones de años y 11.000 años).

El Archipiélago Canario ve la luz del sol hace entre 12-15 millones de años, cuando empiezan a emerger los volcanes que posteriormente formaran los edificios insulares de Lanzarote y Fuerteventura. Pero esta historia realmente se remonta varios millones de años atrás, cuando estos volcanes se levantaron del lecho oceánico, llegando incluso en algunos puntos a arrastrar parte del mismo. Desde ese momento, las condiciones climáticas han quedado registradas en las rocas en forma de playas fosilizadas, también llamadas playas levantadas, antiguas dunas, suelos donde se desarrolló la vida, o quedando atrapada entre cenizas o piroclastos volcánicos.

Mioceno y Plioceno

El Neógeno está representado en las islas más orientales del Archipiélago Canario: estos paleoindicadores están tanto en forma de depósitos marinos

como terrestres. Los depósitos terrestres más antiguos de Canarias se localizan en puntos muy concretos y de escasa extensión en comparación con los marinos. En Gran Canaria, se encuentran asociados a los materiales del Ciclo Roque Nublo, tanto en la región central de la isla, donde aparecen moldes e impresiones vegetales, como en la zona del Barranco de Jinámar, encontrándose restos de vegetación y huevos de tortuga terrestre gigante de la especie *Geochelone vulcanica*, datada entre 7 y 5 millones de años de antigüedad. Otras puestas de este mismo género de tortugas terrestres han sido encontradas en Fuerteventura (Barranco del Valle, Barranco de Los Molinos y Puerto del Rosario) y Lanzarote (Órzola, Fuente de Gusa), junto con restos de serpientes de las cuales sólo se ha determinado la familia Colubridae, en Fuerteventura (Caleta de Fuste), y Boidae, en Lanzarote (Órzola). En Órzola, norte de Lanzarote, entre coladas volcánicas datadas en 4,3 y 3,8 millones de años, han sido descritos, en dunas antiguas, huevos de aves elefantes, grandes aves no voladoras similares a los extintos moas que habitaron Madagascar, siendo estos los únicos puntos del globo con registro de dichos animales. El Plioceno marino está presente en Gran Canaria, Fuerteventura, Lanzarote, y de forma excepcional y muy concreta, junto con fragmentos de lavas solidificadas bajo el mar y sedimentos marinos, en el Barranco de las Angustias, en la isla de La Palma, a aproximadamente 250 metros de altura sobre el nivel actual del mar. Asimismo, han sido descritos en los montes submarinos que se localizan al norte del Archipiélago Chinijo, encontrándose en Banco de la Concepción restos marinos de este periodo. En tierra, se caracterizan por formar un conglomerado marino fosilífero, con cantos cubiertos por una patina rojiza. En algunos puntos están asociados a arenas marinas con marcas de marea y bioturbación (principalmente madrigueras de organismos marinos, como equinodermos o crustáceos). En otros puntos, las arenas antiguas dieron lugar a dunas actualmente solidificadas.

La edad de estos niveles se obtiene por dos vías. Por un lado, por la presencia de fósiles guía y, por otro, por su relación con lavas solidificadas bajo el mar (*pillow lavas*), es decir, sincrónicas con estos niveles que permite dar un rango de edad. En Gran Canaria, están bajo *pillow lavas* en el Barranco de Tamaraceite, datadas en 4,8 millones de años y sobre otras datadas en 4,2 millones de años en La Esfinge, en La Isleta. En Fuerteventura, de nuevo asociadas a *pillow lavas* en la desembocadura del Barranco de Ajuí, con edades de 5,8 y 4,8 millones

de años. Finalmente, en Lanzarote, están bajo coladas antiguas datadas en 8,9 millones de años. Esto supone un rango de cerca 5 millones de años en cuales las condiciones ecológicas prácticamente no cambiaron. Quizás, uno de los representantes más espectaculares de esta fauna marina se corresponde a los grandes tiburones, siendo el mayor *Carcharocles megalodon* (Fig. 1). La primera cita de la presencia en las aguas pliocenas de Canarias de este gran tiburón data de 1890, realizada por Rothplezt y Simonelli. Estos autores realizaron el primer gran catálogo e interpretación de la fauna marina del neógeno de Canarias, aportando varias especies únicas, tanto para este periodo como para Canarias. Actualmente, parte de estos ejemplares se encuentran en los fondos del Museo Paleontológico de Munich.

Si atendemos al comportamiento de los grandes tiburones actuales, especialmente de *Lamniformes*, su presencia está asociada a la de sus presas preferenciales: mamíferos marinos (cetáceos, pinnípedos y sirénidos). Restos de vertebrados marinos han sido hallados en el neógeno de Canarias, tanto en los depósitos terrestres como en los submarinos del Banco de La Concepción, de cetáceos, focas e incluso manatíes. La presencia de estos animales, junto con especies de gasterópodos y corales arrecifales tropicales, nos hablan de unas condiciones climáticas muy diferentes a las actuales, con unas aguas más productivas, capaces de soportar poblaciones estables de mamíferos marinos que, a su vez, atraerían a los súper predadores, identificándose restos de al menos 7 especies de grandes tiburones.

Al final del Plioceno se produce un cambio en las condiciones climáticas a escala global y especialmente en el Atlántico. La oclusión de este paso de agua existente entre América del Norte y América del Sur supuso la separación entre el Pacífico y el Atlántico. Previo a este momento, una masa de agua cálida superficial se internaba en el Atlántico. Con el cierre de este paso se produjo un establecimiento progresivo de las condiciones oceanográficas actuales, la formación de la Corriente Fría de Canarias, ramal oriental del corriente del Atlántico norte, cuyo origen se ha propuesto entre 4,2 y 4,9 millones de años.

Pleistoceno

El Pleistoceno abarca un rango de edad de entre 2,58 millones hasta aproximadamente 11.000 años, cuando arranca el Holoceno y se establecen las condiciones actuales. Este periodo está marcado por las fluc-



Figura 3. Huevo de ave marina y gasterópodos terrestres del Pleistoceno Superior, Istmo de Jandía, Fuerteventura.

tuaciones climáticas y el enfriamiento progresivo del planeta. Las glaciaciones y los episodios cálidos entre éstas (interglaciales) han quedado reflejadas en Canarias. Aparecen en forma de niveles sedimentarios que se corresponden a momentos de extrema aridez y momentos de condiciones climáticas más cálidas y húmedas.

En lo referente a paleotestimonios de origen marino, tenemos al menos dos niveles excepcionalmente bien representados que se corresponden a dos episodios de máximo climático o interglaciales. El primero y más antiguo se denomina MIS 11 (*Marine Isotope Stage* 11), de aproximadamente 430.000 años, presente en la costa norte de Gran Canaria y en la costa suroeste de Lanzarote. Este episodio es considerado como el más próximo a las condiciones climáticas actuales. El segundo nivel se corresponde al denominado MIS 5,5, datado en aproximadamente 130.000 años, que es el máximo climático del Pleistoceno. La fauna observada en este periodo se caracteriza por ser propia de ecosistemas tropicales: corales y gasterópodos cuyos géneros se localizan actualmente en el Golfo de Guinea o El Caribe (Fig. 2). Este momento climático a nivel marino está caracterizado en Canarias por la gran cantidad de algas calcáreas que aparecen junto con corales, gasterópodos, bivalvos, fragmentos de cangrejos, ya sea en forma de arenas blancas, como es el caso del lecho del Istmo de Las Palmas de Gran Canaria, o formando agregados sólidos y compactos denominados *beack rocks*, como es el caso de Tahiche, en la isla de Tenerife, bajo las arenas de playa de El Inglés en Gran Canaria, en Matas Blancas y Morrojaible, en Fuerteventura y en Playa Blanca, Lanzarote.

Por otra parte, en relación a los ecosistemas terrestres, estos no sólo reflejan también esos cambios climáticos, en forma de sucesiones de suelos fosilizados o paleosuelos, con niveles dunares. Estos grandes espacios de dunas pleistocenas se localizan especialmente en Fuerteventura y Lanzarote, y parte de estas arenas son reactivadas por el viento, formando parte de las grandes playas de sotavento. Se trata de grandes extensiones de arenas con una gran potencia, donde se aprecia la alternancia de al menos 4 paleosuelos y dunas, correspondientes a máximos climáticos pleistocenos y el subsiguiente periodo de aridez. En estos niveles aparecen grandes acumulaciones de gasterópodos terrestres, así como icnitas (no fósiles propiamente dichos, sino estructuras fósiles) de insectos, interpretadas primeramente como realizadas por avispas alfareras pero reinterpretadas como correcciones alrededor de ootecas de acrídidos (langostas terrestres). Junto con estas aparecen restos de aves marinas como pardelas, similares a los actuales paíños y petreles (Fig. 3), que anidaban en estas costas e, incluso de pequeños vertebrados que vivían en estos ecosistemas como el ratón endémico actualmente extinto *Malpaysomys insularis* (Fig. 4).

Los vertebrados terrestres merecen una mención aparte. Reptiles y pequeños mamíferos (roedores) llegaron a las islas y siguieron caminos de especiación y adaptación insular. Existen fósiles y subfósiles de vertebrados terrestres especialmente en las islas de Tenerife y Gran Canaria y que, prácticamente, desde el Pleistoceno superior llegaron a convivir con los primeros pobladores de las islas y, muy posiblemente, su desaparición estará vinculada a la depredación directa de estos junto a la competencia con

Figura 4. Reconstrucción del pequeño ratón del malpais (*Malpaisomys insularis*) (Realizada por Nayra Hernández).



Figura 5. Cráneo de la rata gigante de Gran Canaria (*Canariomys tamarani*) (Foto: Adrián López).



especies introducidas en Canarias especialmente durante la conquista. Se han encontrado restos de lagartos de talla excepcional, como *Gallotia Goliat*, en la isla de Tenerife, que prueban su consumo como recurso alimenticio por parte de los antiguos pobladores de las islas. Otros lagartos, como *Gallotia auaritae* de La Palma, probablemente también hayan desaparecido por la introducción de especies invasoras cuando tuvo lugar La Conquista, y otros más recientemente, como es el caso de *Gallotia simonyi simonyi* de la isla de El Hierro, extinta en el siglo XX por la ambición de los naturalistas y museos en obtener ejemplares de este gigante lacértido. Los demás lacértidos que sobreviven en las islas han sufrido un proceso de reducción para adaptarse a la limitación de recursos debido a estos factores.

En esta época también encontramos a las denominadas ratas gigantes, *Canariomys tamarani* (Fig. 5), distribuida por toda Gran Canaria, y *Canariomys bravoii*, en la isla de Tenerife. Eran ratas de hábitos herbívoros que llegaban al kilo de peso y que se extinguieron poco después de La Conquista, probablemente debido al impacto producido por las especies invasoras (ratas, gatos, etc.) que depredaban sobre ella y eran portadoras de enfermedades.

La situación actual del patrimonio paleontológico de Canarias

El patrimonio paleontológico de Canarias vive en una dualidad. Por un lado, tradicionalmente ha sido el gran ignorando dentro de los recursos y valores patrimoniales de Canarias por los gestores públicos, si bien su valor está reconocido por la legislación actual, existiendo diferentes figuras por las cuales

estos espacios pueden ser protegidos (sobre todo mediante la designación de Bien de Interés Cultural, con categoría de Zona Paleontológica), pero con un desequilibrio entre los espacios protegidos y su cantidad que resulta descorazonador. No existe un tratamiento formal o sistemático de este patrimonio como sí lo puede haber para el patrimonio arqueológico, como por ejemplo cuando aparece algún resto en una obra. Por otro lado, si existe un interés social frente a noticias y al descubrimiento de fósiles y sus historias, especialmente frente a restos tan espectaculares como pueden ser los tiburones y especialmente en lo referente a *C. megalodon*. El objetivo de los profesionales e investigadores en el ámbito de la paleontología o gestores del patrimonio y recursos naturales y medioambientales de Canarias, no sólo debe ser tanto el avanzar en el conocimiento y la comprensión de estos paleotestimonios climáticos, sino además que alcance el mismo nivel de reconocimiento que el patrimonio arqueológico, etnográfico o artístico.

Bibliografía

- Betancort, J.F., Lomoschitz, A., Meco, J. 2016. *Estudios Geológicos*. Julio-Diciembre 2016, 72(2): 15 pp. e054.
- Hernández-Acosta, C.N., Betancort, J.F., López-Dos santos, Patiño Martínez, C., Lomoschitz, A., López-Jurado, L.F. 2016. Vertebrados fósiles terrestres extintos de las Islas Canarias. *Geo-Temas. IX Congreso Geológico de España*, 16 (2):311- 314.
- Hutterer, R., Casañas, F.G.T., Martínez, N.L., y Michaux, J. 1997. *Vieraea: Folia scientiarum biologiarum canariensis*, 26:139-161.
- Lomoschitz, A., Sánchez-Marco, A., Huertas, M.J., Betancort, J.F., Isern A., Sanz, E., Meco, J. 2016. *Journal of African Earth Sciences*, 123:338- 349
- Meco, J., Koppers, A.A.P., Miggins, D.P., Lomoschitz, A., Betancort, J.F. 2015. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 435:53-69.
- Montesinos, M., Ramos, A.J.G., Lomoschitz, A., Coca, J., Redondo, A., Betancort, J.F., Meco, J. 2014. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 410:153-163.



Jennifer E. Purcell

“Las poblaciones de medusas son un indicador de la destrucción de los océanos”

María Teresa Tames-Espinosa
Juan Francisco Betancort Lozano
Theodore T. Packard

Jennifer Purcell es una de las investigadoras más sobresalientes en el campo de las medusas. Con más de 150 publicaciones ha trabajado aspectos que abarcaran desde taxonomía y fisiología de las medusas, a su ecología y metabolismo, pasando por la etología y su comportamiento en el contexto de un planeta con un clima alterado y unos océanos cada vez más contaminados. Es, además, una persona comprometida y activista, tanto con el medioambiente, a nivel político, así como en relación con el papel de las mujeres en la ciencia. Hemos aprovechado su estancia con el grupo de investigación de Ecofisiología de Organismos Marinos, EOMAR, para la realización de un proyecto sobre medusas en aguas de Canarias, para charlar con ella.

¿Cómo comenzó todo?

Aunque crecí lejos del océano, me inspiró el trabajo de Jacques Cousteau, así que incluso desde secundaria tenía claro que quería ser bióloga marina. Fui a la costa de California y allí fui realmente consciente de que quería dedicarme a la investigación marina. En la Universidad de Stanford tuve la oportunidad de formarme como bióloga marina y estudiar, por primera vez, anémonas marinas (organismos muy cercanos a las medusas). Curiosamente, allí mismo me adentré en el mundo de la investigación, pero en la rama de la neurobiología, lo que más adelante resultó ser un ligero desvío en mi vocación. Afortunadamente, conocí a una profesora apasionada por el mar y pude comenzar a trabajar en un proyecto relacionado con el plancton, incluyendo medusas, ahí descubrí que eso era lo que quería dedicarme: trabajar en el mar, con los organismos planctónicos, incluyendo a las medusas. Curiosamente, en la primera campaña a la que fui con ella, esa profesora vio por primera vez una medusa viva, en el medio.



¡Antes, a pesar de ser una experta a nivel mundial, nunca había tenido la oportunidad de haberlas visto vivas!

En el momento en el que comencé a trabajar sobre la ecología de estos animales apenas había gente trabajando en ese campo, así que, aunque había una gran cantidad de trabajos sobre morfología y taxonomía, fuimos de los primeros en centrarnos en este aspecto. El número de personas que nos dedicamos a la ecología de medusas es muy pequeño en relación a otras áreas de la biología.

Actualmente, ¿cuál es el papel de las medusas en los océanos?

Hay una combinación de factores en relación a las medusas que tener en cuenta: las medusas son unos organismos interesantísimos, son abundantes, tienen estrategias de reproducción increíbles, son capaces de soportar un rango condiciones ambientales (acidificación, anoxia, altas temperaturas...) más extremas que otros organismos y forman parte de un eslabón de la cadena trófica esen-

cial, conectando los organismos microplanctónicos con escalones mayores, como pueden ser tortugas y peces.

En un océano equilibrado no resultarían un problema, sin embargo, las condiciones de los océanos están cambiando. El ser humano está produciendo cambios a escala global (por ejemplo, en el clima, la acidificación, el aumento de zonas de mínimo de oxígeno...), dando lugar a un proceso de destrucción de los océanos que en estos momentos está beneficiando a la población de las medusas. Es difícil identificar el factor exacto que favorece la proliferación de las medusas, ya que estos cambios ambientales se producen a la vez, siendo su combinación la que produce su ventaja adaptativa sobre el resto de los organismos. Muchos de los grandes cambios se producen en el área de Europa, porque es una de las zonas donde se ha concentrado la población desde hace milenios y, especialmente desde la revolución industrial, una de las principales zonas donde se están desarrollando cambios que afectan al planeta.



“En las últimas décadas, los estudios de las medusas en los distintos laboratorios han seguido una orientación más ecológica por su impacto a escala regional o local”.



“Creo que en Estados Unidos se ha abierto la puerta a los temores atávicos de la gente, a los miedos antiguos de los americanos, al temor a quien es diferente, y esto se ha usado, se está usando”.

Aunque estos cambios producen condiciones muy desfavorables para otros organismos (aguas eutrofizadas, con mayor temperatura y con muy poco oxígeno), las medusas son capaces de prosperar, desarrollarse y formar auténticos blooms. Un ejemplo es *Aurelia aurita*, es una medusa muy conocida que se encuentra presente en todos los océanos y puede tolerar condiciones realmente adversas donde pocos organismos pueden vivir. Se adaptan rápidamente a cambios en el medio, alimentándose de aquellos organismos que sean capaces de prosperar en esas condiciones. Además, tienen la capacidad de adherirse y crecer sobre estructuras de origen humano en los océanos. Esto les da una ventaja muy importante en cuanto a su dispersión, ya que la actividad humana en los océanos ayuda a la distribución de las medusas por todo el planeta. Por ejemplo, *Aurelia aurita* ha sido introducida en Asia, quizás desde la costa Oeste de Estado Unidos. Asimismo, las han encontrado en las granjas de ostras en la zona del Mediterráneo, llegando incluso al Mar Negro. Algunos de estos organismos gelatinosos, como los ctenóforos, son excelentes depredadores y cuando son introducidos por la actividad humana en nuevos ecosistemas, pueden tener un impacto muy negativo, aumentando los efectos negativos de la sobrepesca.

De todo esto, como conclusión principal, destacaría que, en general, la población de peces en los océanos está disminuyendo mientras que la población de medusas aumenta, y esto está directamente relacionado con el impacto del ser humano en los océanos.

“El ser humano está produciendo cambios a escala global (por ejemplo, en el clima, la acidificación, el aumento de zonas de mínimo de oxígeno...), dando lugar a un proceso de destrucción de los océanos que en estos momentos está beneficiando a la población de las medusas”.

“En un océano equilibrado no resaltarían un problema”.

¿Cuáles son sus perspectivas para el futuro?

Estoy en Canarias para estudiar aspectos de la ecofisiología de las medusas. Oceanográficamente hablando sería deseable tener una imagen de la productividad global en los océanos y una estimación de la misma lo más razonable posible. Sin embargo, hasta la fecha no tenemos mecanismos para analizar el papel ecológico de las medusas a este nivel, así como su interacción trófica, las necesidades de Carbono, de energía, o su influencia en los ciclos biogeoquímicos a partir de procesos como la respiración o la excreción. En las últimas décadas, los estudios de las medusas en los distintos laboratorios han seguido una orientación más ecológica por su impacto a escala regional o local. Asimismo, el ampliar el enfoque a una escala global, fomentará el desarrollo de mecanismos que permitan la obtención de datos y la predicción de las respuestas de estos organismos, y de su influencia, a largo plazo, algo de lo que carecemos en estos momentos.

Los cambios en la Administración de los Estados Unidos afectan directamente al medio ambiente, a la investigación y a la sociedad. ¿Cuál es su opinión al respecto?

Creo que en Estados Unidos se ha abierto la puerta a los temores atávicos de la gente, a los miedos antiguos de los americanos, al temor a quien es diferente, y esto se ha usado, se está usando. Lamentablemente, la gente dice “OK, está bien”, a cosas que van contra el sentido, movidos por una técnica de supervivencia.

Así que, en el campo de la ciencia, debemos empezar a mirar hacia la producción de China. Ellos tienen los recursos, la inversión y la motivación para ocupar en unos años un lugar dominante en el mundo científico. Están formando a sus futuros investigadores fuera y éstos volverán una vez formados. En Estados Unidos la gente se siente incómoda con que China esté siendo cada vez más poderosa y que a largo plazo ocupe un lugar dominante.

Y en base a su experiencia... ¿cuál ha sido la evolución del papel de las mujeres en la ciencia?

En mi opinión, si comparamos la situación de la mujer en la ciencia con la existente hace 30 años, lamentablemente, los problemas siguen siendo los mismos. La única diferencia es que quizás la discriminación es menos evidente, es algo que está dentro de la sociedad, no se puede realizar de manera explícita, pero sí se continúa haciendo de manera sigilosa. Los hombres siguen dominando en los puestos de poder, las mujeres no reciben el mismo salario por el mismo trabajo... Generalizando, es cierto que no somos iguales: las mujeres somos menos ambiciosas en la búsqueda del status y el poder que los hombres. Sin embargo, tenemos otras características que son esenciales para una buena dirección, como, por ejemplo, la capacidad de colaboración y empatía imprescindibles en un liderazgo democrático, basado en sinergias que completan y mejoran las estrategias e ideas.

Aunque la situación actual no sea ideal, ni para la mujer ni para los Estados Unidos, esta situación no perdurará para siempre. Se han hecho muchos progresos y trabajado muy duro para evitar que esto sea permanente. Lo que sí desearía es que los líderes de todos los países fueran conscientes de que hay que buscar el cambio en el enfoque, que no se puede tender a una necesidad cada vez mayor de recursos, ya que el planeta no tiene la capacidad de abastecer una sociedad que cada vez requiere más recursos por habitante (y que cada vez tiene más habitantes). Asimismo, a nivel local, los ciudadanos deberíamos ser conscientes de que entre todos podemos hacer grandes cosas. La instalación de paneles solares (por cierto, en Canarias tenéis las condiciones ideales) y el fomento de las energías renovables, la compra responsable (principalmente de productos locales, que no requieran haber sido transportados desde el otro lado del mundo), el reciclaje de los residuos o la optimización en el uso de recursos hídricos y energéticos, se basan en hábitos individuales que aportan nuestro granito de arena a nivel local o regional, pero que dan lugar a un efecto mucho más global.

Okeanos de fotos

Fotos:

1. Medusas en Lago interior de una isla de Raja Ampat, Indonesia
2. Tiburón martillo, Cocos, Costa Rica
3. Tiburón Blanco, Guadalupe, México
4. Tortuga pico de halcón, Mar Rojo
5. Arrecife de Coral en Raja Ampat, Indonesia
6. Escórpora en Lembeh, Indonesia
7. Pulpo de aros azules, Lembbeh, Indonesia
8. Banco de Móbulas, Maldivas
9. Morena panal, Maldivas
10. Tiburón ballena, Donsol, Filipinas
11. Calamar de arrecife, Raja Ampat, Indonesia
12. Arrecife en Raja Ampat, Indonesia
13. Puesta de sol sobre el arrecife, Mar Rojo
14. Arrecife de Coral con fusileros en Komodo, Indonesia
15. Arrecife de Coral con fusileros en Komodo, Indonesia

Carlos Villoch se ha dedicado profesionalmente a la fotografía y vídeo submarino desde mediados de la década de los 90 viajando por los 5 continentes para captar imágenes de sus fondos. Sus fotos han ilustrado más de 100 portadas, se exhiben en museos y galerías internacionales y han sido galardonadas en los concursos más prestigiosos de fotografía. En los cursos de fotografía que imparte en los mejores lugares de buceo del mundo transmite, además de sus conocimientos, su pasión por el mundo submarino. Carlos es innovador no sólo con sus imágenes, sino con los accesorios que diseña para mejorar los equipos de fotografía submarina y así ayudar a otros fotógrafos a progresar en su afición. www.villoch.com

Equipo: cámara Nikon D7100 en carcasa Sea&Sea con objetivos Tokina 10-17mm, Sigma 17-70mm, Nikon 12-24mm, Sigma 4.5mm Macro Nikon 60 y 105mm. Flashes Sea&Sea. Y para las imágenes y destinos que requieren un material más compacto una RX100V con carcasa Nauticam y lentes húmedas macro y angular con flashes Inon S2000







3



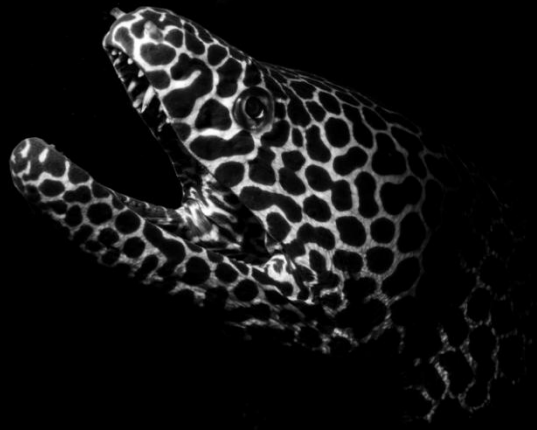
4











9



10





12



13

14



15



Agenda

Enero-Junio
2018

FEBRERO		
Fecha	Evento	Lugar
11 - 16	Congreso AGU Ciencias Marinas	Portland (USA)
MARZO		
Fecha	Evento	Lugar
15-17	10ª Conferencia Internacional del Aire y Agua Componentes del Medio Ambiente	Sovata (Rumaria)
6-7	UHINAK – 3º Congreso transfronterizo sobre cambio climático y litoral	Irún (España)
ABRIL		
Fecha	Evento	Lugar
8-13	Congreso EGU	Viena (Austria)
MAYO		
Fecha	Evento	Lugar
2-4	Congreso Internacional en Geología y Ciencias de la Tierra	Roma (Italia)
6-9	Conferencia Internacional en grandes cuencas hidrológicas africanas (Friend Africa 2018)	Blida (Argelia)
7-11	9º Simposio Internacional en Geología Mediterránea Oriental	Antalya (Turquía)
22-24	9º Taller Internacional sobre tormentas de polvo	Santa Cruz de Tenerife (España)
JUNIO		
Fecha	Evento	Lugar
20-22	VI Simposio Internacional de Ciencias el Mar (engloba al Encuentro de la Oceanografía Física, Seminario Ibérico de Química Marina y la Reunión Ibérica de Fitoplancton Tóxico).	Vigo (España)
3-8	Gordon Research Conference – Ocean Mixing	Andover (USA)



El día a día de OKEANOS
lo encontrarás en Facebook
(www.facebook.com/revistaokeanos)



Ya puedes descargar gratis los números 1, 2, 3, 4 y 5 de nuestra revista desde la página web de la editorial:
www.mercurioeditorial.com

Mar Benavides Gorostegui



**Mar Benavides Gorostegui, nacida en Gero-
na (1983), es Licenciada en Ciencias del Mar
(Universidad de Cádiz) y Doctora en Cien-
cias del Mar (Universidad de Las Palmas de
Gran Canaria). Mar, actualmente, es Investi-
gadora Titular del IRD (Institut de Recherche
pour le Développement, Francia). Esta in-
vestigadora joven es especialista en el es-
tudio del rol de los microorganismos en los
ciclos biogeoquímicos marinos.**

**“Una cosa es salir
para aprender,
contactar, colaborar, y
otra es no poder volver
a tu país porque no hay
plazas, ni trabajos
dignos en investigación”**

¡Hola Mar!, dentro de nuestra sección destinada a dar a conocer a los jóvenes investigadores o profesionales relacionados con el mar, tenemos el placer de poder haber contactado contigo para que nos cuentes tantos tus anécdotas, como tus investigaciones. En este sentido, ¿cómo ha sido tu andadura después de terminar la tesis doctoral?

Bastante movidita. Ya durante la tesis aproveché para hacer un par de estancias en laboratorios en otros países (Holanda y EEUU). Cuando terminé la tesis, en 2013, obtuve una beca postdoctoral en el Leibniz Institute for Baltic Sea Research (en Alemania). Al poco tiempo de estar allí me confirmaron que me había dado una beca Marie Skłodowska-Curie para desarrollar mi investigación en el Mediterranean Institute of Oceanography (Marsella, Francia), pero físicamente la desarrollé en Nueva Caledonia (territorio ultramar francés) entre 2014 y 2016. Tras estos dos años trabajando en aguas del Pacífico Sur, empecé en Enero de 2017 un contrato postdoctoral en la Universidad de Copenhague (Dinamarca). Hace apenas unos meses saqué una plaza de investigadora titular en el IRD (Francia), así que me mudaré seguramente a principios de 2018.

¿Cuál es tu opinión sobre que los investigadores jóvenes tengan que abrir fronteras?

Creo que es muy importante. Visitar otros laboratorios te hace conocer otros entornos, otras formas de trabajar. Te permite fijarte en los buenos (y malos) hábitos de unos y de otros, aprender de todos, y quedarte con

tu mejor versión de cómo hacer ciencia de forma eficiente y exitosa. Sin embargo, lamentablemente, como sabemos, salir al extranjero para investigar hoy en día no es una opción en España, si no una necesidad. Los contratos postdoctorales apenas existen en España y los jóvenes doctores que quieren seguir adelante con sus carreras, antes o después, tienen que buscarse la vida en otros países. Esto es un drama, decenas de países se benefician de nuestra formación, financiada públicamente por todos los españoles. Creo que de la generación de colegas que hicimos la tesis a la vez, apenas dos trabajan actualmente en España, y desde luego en condiciones mucho peores que los que trabajamos en el extranjero. Una cosa es salir para aprender, establecer contactos, colaboraciones, y otra es no poder volver a tu país porque no hay plazas disponibles, ni trabajos dignos en investigación. De vez en cuando se abren convocatorias para el CSIC o el IEO, pero en este tipo de oposiciones competimos todos juntos, independientemente de la edad y momento de desarrollo de la carrera del candidato. Esto te lleva a competir con investigadores que tienen 10-20 años más que tú, y obviamente, también 10-20 años más de publicaciones.

Después de tu tesis has estado en varios lugares realizando investigaciones de primer nivel. ¿Qué tal la experiencia en Nueva Caledonia?

Estupenda, muy distinta. Confieso que cuando me fui para allá apenas sabía localizar la isla en el mapa. La capital, Nouméa, es una colonia europea al uso, y por tanto no muy distinto a vivir en cualquier otro lugar del mundo desarrollado, pero una vez dejas la ciudad, te encuentras en la selva. La isla está rodeada de una barrera de coral inmensa, cerrando la laguna de coral más grande del mundo. El centro IRD de Nouméa es el más grande fuera de Francia metropolitana, trabajan unas 200 personas. Fue muy interesante estar en un centro de investigación mixto. Acostumbrada a trabajar en centros de investigación marina, trabajar al lado de investigadores de otros campos (botánica, salud, hasta ciencias sociales) te abre mucho la mente.

Quizás lo que más valoro de mis años en Nueva Caledonia es haber aprendido a vivir de otra manera. Se puede ser igual de productivo sin tener tantas prisas, ni tanto estrés. El tiempo libre y el descanso es tan vital como las horas de trabajo para que todo funcione.

Actualmente eres investigadora en el IRD de Marsella, pero ¿qué es el IRD? y ¿por qué elegiste Marsella?

El IRD es un instituto de investigación público francés, a nivel estatal. Su objetivo es aplicar la

investigación al desarrollo sostenible de los países del tercer mundo. Tiene cinco ramas principales: 1) ciencias físicas y químicas del medio ambiente, 2) ciencias biológicas y médicas, 3) ciencias de los sistemas ecológicos, 4) ciencias humanas y sociales, y 5) ciencias de los datos y modelos. Dentro de la rama 3, hay un departamento dedicado a la oceanografía, del cual formo parte, trabajando desde el Instituto Mediterráneo de Oceanografía (o MIO) situado en Marsella. El IRD no sólo contribuye a mejorar aspectos ambientales y socioeconómicos de los países en los que actúa, si no que además tiene el compromiso de hacerlo con los investigadores locales. No se trata de ir a un país, llevar a cabo un proyecto y volverse a marchar, si no de desarrollar investigación conjuntamente con los científicos y agentes locales. Los investigadores del IRD pueden trabajar en diversos centros de investigación y universidades francesas (su "base"), pero se dedican fundamentalmente a trabajar en países en vías de desarrollo, a los que se expatrian en períodos generalmente de cuatro años. Mi primera "misión" va a ser en Vietnam, donde vamos a estudiar el efecto del "black carbon" en los ecosistemas costeros marinos de este país.

Ahora cambiando de tema, en Canarias hemos tenido un problema mediático con la presencia de cianobacterias en las costas. Usted participó en el informe que realizaron para explicar su presencia. ¿Qué tal fue la experiencia de poder estudiar este fenómeno? ¿Podría dar alguna recomendación futura al respecto?

La experiencia para mí fue única, tras pasar cuatro años en Canarias realizando mi tesis doctoral sobre fijación de nitrógeno, nunca conseguí que me coincidiera un bloom de tales dimensiones. Ahora mismo lo que prima es establecer un programa de monitoreo y experimentos paralelos que nos permitan comprender qué condiciones medioambientales forman el bloom, cuáles influyen en su duración, y en su último colapso y desaparición. Es importante conocer los mecanismos que promueven estos blooms, ya que esperamos que *Trichodesmium* responda al cambio climático (aumento de temperatura y de la frecuencia e intensidad de calimas).

Para finalizar, nos gustaría desearle suerte en su nueva posición y destacar que es un placer para nosotros contar con sus aportaciones a OKEANOS.

Muchísimas gracias, el placer es mío.

Oceanografía para matemáticos

José M. Pacheco

Departamento de Matemáticas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

josemiguel.pacheco@ulpgc.es

Aprendiendo

Toda aproximación al mar está sesgada por la personalidad y formación del narrador. Lo que nos pueda relatar un marinero de un barco de pesca artesanal tiene poco que ver con experimentos en laboratorios ultratecnificados o con las pantallas de los ordenadores donde se muestran simulaciones de oleajes y corrientes generadas por complicados algoritmos basados en ideas físicas. Quienes abarrotan las playas en las cada vez más largas temporadas de verano sólo conocen la versión más amable del mar, tal vez con algún atisbo de posibles peligros que por suerte suelen quedarse en sustos. Los pocos supervivientes de la nao Victoria, única de la expedición Magallanes-Elcano en terminar la primera vuelta al mundo en 1522, nada tienen en común con los miles de personas que cada semana invaden alegremente los camarotes y lugares de diversión de cualquiera de los gigantescos buques dedicados al negocio de los cruceros. Durante la época –y la épica– de los descubrimientos los riesgos personales y económicos eran altísimos; hoy quienes navegan o bucean por placer corren riesgos mínimos, y sólo algunas profesiones y actividades marinas continúan provocando respeto y admiración, a pesar de que las consideremos tan cotidianas que sólo las noticias de accidentes nos las recuerdan. Pero en el fondo (y no solamente en él) el mar es un gran desconocido y, por tanto, hay oceanógrafos que intentan entenderlo y explicarlo. Y no olvidemos que Matemáticas viene a significar explicación.

A lo largo de la historia se han redactado muchas obras científicas –las más antiguas, tal vez sólo de divulgación según los criterios actuales–. Gran cantidad de ellas han conocido vidas muy largas, han servido a generaciones de estudiantes o simples aficionados deseosos de encontrar una vía de acceso o motivación para algún terreno científico, o también como lecturas suplementarias frente a las ca-

rencias de los métodos de enseñanza. Por suerte, la publicación de esos textos se mantiene, se renueva, e incluso se ha incrementado en los últimos años. Su variedad es grande, ya sea en los temas abordados, o en la profundidad dedicada a ellos, sin olvidar la presencia de diversos géneros literarios, destacando sobre todo el ensayo y a no mucha distancia, la novela. Teatro y poesía quedan bastante lejos, pero también hay ejemplos.

Para cualquier futuro científico de estas áreas fronterizas entre las varias disciplinas que por casualidad convergen en la Oceanografía, hay un ejemplo reciente, el librito de Vladimir Arnold (1937-2010) *Mathematical Understanding of Nature*, que debería ser lectura obligada. Es posible que esa colección de ensayos cortos sobre temas de lo más variopintos y semejante a un cuaderno de apuntes, resulte a veces difícil, pero el lector atento terminará con la impresión de haber asistido a una presentación donde se mezclan armoniosamente las Matemáticas, por lo general reducidas al mínimo de tecnicismos, con reflexiones muy perspicaces sobre problemas de diversos campos.

En la historia de los sistemas educativos hay algo que hasta la fecha ha sobrevivido a cambios de planes de estudio y otras calamidades: el orden del aprendizaje. Si se trata de estudiar disciplinas de cierta complejidad donde intervengan diversas materias —en nuestro caso el Mar—, desde un punto de vista oficial lo corriente es iniciarse en el estudio de estas últimas por heterogéneas que parezcan y posponer la entrada en la disciplina básica para mejor ocasión. Así suelen comenzar las carreras científicas o ingenieriles con cursos de Matemáticas, Química, Física, etc., aunque en los últimos tiempos, para disfrazarlo todo un poco, se ha adquirido la costumbre de adjetivar las materias básicas, hablando muy pomposamente de Métodos Matemáticos, o Químicos —o lo que sea— para tal o cual cosa, como si se estuviesen personalizando a medida de los hipotéticos estudiantes. Pero no hay que engañarse, en niveles elementales las únicas diferencias entre la materia con y sin adjetivo son unos pocos ejemplos y algunos aspectos anecdóticos. La última observación plantea una cuestión de no poca importancia: ¿quiénes tienen a su cargo la transmisión de los conocimientos de base están dispuestos al ejercicio de curiosidad, paciencia y humildad de asomarse al resultado global, obteniendo una impresión de conjunto —no sería necesario mucho más— antes de enfrentarse a su tarea? En los párrafos siguientes se tratará de esclarecer la deuda, que no es pequeña, de los matemáticos con el mar y su estudio.

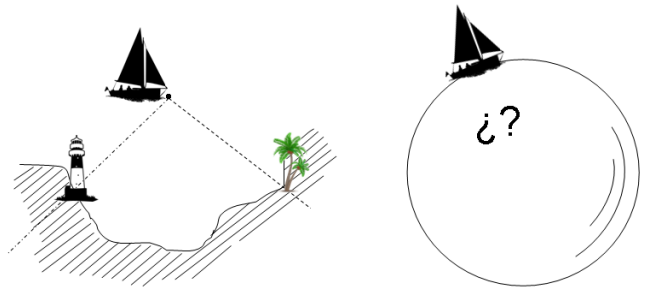


Figura 1: Ubicándonos en el mar con costa a la vista y sin ella (dibujo del autor).

Entrando en materia

En la descarnada sátira de Jonathan Swift (1667-1745) podemos leer cómo el autor se burla de los Astrónomos Reales (los británicos, claro está) cuando hace decir al viajero Gulliver que durante su visita a la isla voladora de Laputa, poblada por una multitud de científicos locos, alguien le había comentado estar en posesión de la solución al “problema de la longitud”. El escritor irlandés se refería a la cuestión de cómo determinar con exactitud la ubicación de un barco en alta mar, problema que hoy se considera resuelto por la técnica mediante los sistemas de satélites conocidos por sus siglas inglesas GPS. Pero en la época de publicación de la novela de Swift, el primer tercio del Siglo XVIII, era aún algo arduo y necesitado de buenas habilidades matemáticas para efectuar cálculos a bordo, sin más auxilio que los conocimientos científicos del navegante, complementados por unas pocas tablas y almanaques, diagramas de rumbos aproximados y algunos instrumentos poco precisos.

Las Matemáticas de la navegación no son difíciles, en esencia se reducen a Trigonometría Esférica, el lenguaje propio de la Astronomía de posición: los astros proveen un sistema de coordenadas natural para el navegante. Desde largo tiempo atrás, muchas relaciones trigonométricas eran conocidas bajo una u otra forma, pero es notable que las primeras nociones necesarias pertenecen de lleno a la Trigonometría Esférica, por tanto históricamente anterior en la práctica a la Trigonometría Plana o elemental. Claro está que en mitad del océano, sin tierra conocida a la vista, y transportando cargamentos interesantes, lo más complicado sería sin duda alguna cometer el menor número de errores en los cálculos para determinar la posición.

Notamos aquí que la visión descriptiva —la Oceanografía— fue durante mucho tiempo por delante de las Matemáticas: pequeños cambios en el color de las aguas, reconocer alguna pauta dominante en la dirección del oleaje, y tantas otras observaciones podían ser mucho más determinantes para el éxito de la travesía que las complicadas

hojas de números en el camarote del capitán. Al final, la técnica, en forma de cronómetro de precisión, vino a resolver el problema de la longitud con poca o ninguna necesidad de Matemáticas. Pero saber que la Tierra es más o menos esférica y que se puede dotar a su superficie de sistemas de referencia sí que son ideas matemáticas. Y bien profundas: los cartógrafos de todos los tiempos lo han sabido peleando contra la tozuda realidad que impide construir mapas isométricos de la superficie esférica sobre un plano.

Oceanografía vs Matemáticas

Para empezar, un poco de Oceanografía. La distribución de las masas continentales en el globo terrestre ocupa sobre todo el hemisferio norte, de forma que la mayor parte del océano global se halla rodeando la Antártida, con dos extensiones meridionales hacia el norte, el Atlántico y el Pacífico, que convergen en el Polo Norte. Tal vez por eso sean tan populares las historias de los mares del Sur. Los oceanógrafos saben que existe una circulación oceánica global, compuesta por varias decenas de corrientes menores interconectadas entre sí, generada por los balances de temperatura y salinidad. Es conocida como termohalina porque los gradientes de temperatura contribuyen a mantenerla en movimiento más que los de salinidad, aunque bien podría darse la situación opuesta o halotérmica, o incluso una parada total si se dieran las circunstancias adecuadas. No sabemos cómo sería el mundo en esos escenarios alternativos, aunque sospechamos que bastante diferente.

En el extremo Sur de África se encuentra el Cabo de Buena Esperanza, descubierto por los portugueses en 1486-88 y bautizado primero como Cabo de las Tormentas. Allí confluyen dos ramales de la circulación oceánica general: al Oeste, de la corriente circumpolar antártica, fría, se desgaja la corriente de Benguela que se dirige hacia el Norte paralelamente a la costa de África Occidental; por otra parte, al Este del Cabo desciende hacia el Sur la corriente de Agulhas (otro nombre portugués) canalizando grandes masas de agua cálida procedentes del Índico. Lo interesante es que la corriente de Agulhas se bifurca a la altura del Sur de África: Una rama es capturada por la corriente circumpolar y arrastrada hacia el Este, la otra se disuelve en una colección de remolinos que, atrapados por la corriente de Benguela, inician su viaje hacia el Ecuador y el Atlántico Norte. Lo más espectacular es que durante muchas millas los remolinos cálidos de Agulhas viajan cómodamente lle-

vados por la corriente fría con muy escaso intercambio de calor con las aguas circundantes. Sirvan estas frases para poner de relieve la dificultad de comprender el mar y la necesidad de usar lenguajes flexibles y adecuados: Matemáticas, Computación, Informática, etc.

Continuemos, dando por supuesto que primero fue el océano y que después –más por necesidad que otra cosa– alguien comenzaría a observar y describir el mar, o más bien lo poco que resultaba accesible de la inmensidad líquida que parecía no tener fin: la superficie y sus movimientos, el extraño sabor de sus aguas, los alimentos que se podían extraer, la existencia de misteriosos seres cuyos restos aparecían de vez en cuando en las playas, los efectos a veces terribles de las tormentas, la posibilidad de navegar, el miedo a perder de vista la tierra firme. Aquellos primeros naturalistas –sí, ése sería el nombre más adecuado– no iban más allá del ¿qué?, todavía el ¿cómo? y el ¿por qué? les eran muy lejanos, pues la especulación científica tardaría aún en aparecer. Pero por algún sitio se ha comenzar, y las descripciones siempre son útiles, aunque se presenten en lenguaje más bien poético, mitológico, fantástico, o todos ellos a la vez. La formalización es importante, pero no lo único.

Sobre el origen de las Matemáticas suele haber acuerdo en que las primeras nociones surgen de prácticas agrícolas, comerciales, astronómicas y de la navegación, mucho antes de que existieran los profesionales actuales. Como ciencia, las Matemáticas aparecen destiladas de asuntos bien corrientes: contar, medir, pesar, pagar, cobrar, prestar, viajar –y no perderse–, dando paso, tras muchos esfuerzos mentales y siglos de trabajo, a reglas y métodos alejados de lo cotidiano. Por poner un ejemplo, la simple suma de números enteros positivos arrastra tras de sí una gran carga de abstracción¹.

Tampoco existían matemáticos como tales, sólo había gentes poseedoras de algunas habilidades aritméticas, geométricas y observacionales que lentamente fueron traspasándose a sacerdotes, filósofos, eruditos y gobernantes, encargados de recopilar los resultados y técnicas más útiles o exitosos, y de razonar sobre cómo perfeccionarlos. A partir de ahí comienza a verse el oficio de matemático, con independencia de si era o no una profesión en sí, pues esto último es muy reciente, pongamos que desde principios del siglo XVIII. *Mutatis mutandis*, casi todas las reflexiones presentadas aquí valen para otras áreas semejante

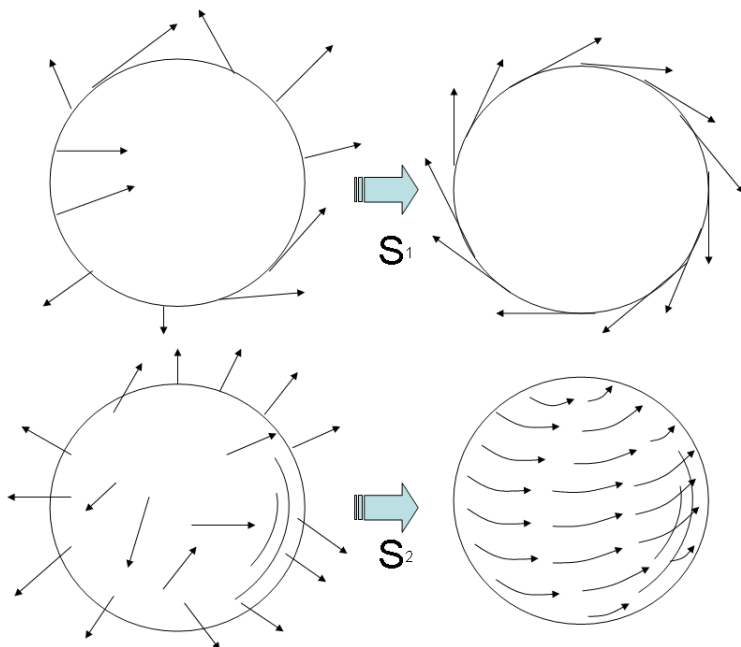


Figura 2: Peinando erizos en dimensiones 2 (circunferencias, o S^1) y 3 (esferas, o S^2). Dibujo del autor.

Fascinación por los remolinos

De la Antigüedad clásica nos ha quedado mucha información sobre el Mediterráneo y los diferentes mares que lo conforman, recogida en relatos literarios y mitológicos y también en unas pocas descripciones más al uso. Del resto de los mares y océanos nos han llegado menos noticias, si exceptuamos el relato bíblico del paso del Mar Rojo y algunas otras curiosidades más. También ha de existir literatura sobre otros mares en otras culturas, pues es impensable que de sociedades insulares como la japonesa no hayan salido historias parecidas. Pero debemos señalar también que muchas culturas no han sentido cerca el mar durante largos periodos de tiempo: Por ejemplo el veneciano Marco Polo y sus sucesores llevaron a cabo sus exploraciones hasta la lejana China por vía terrestre, estableciendo la Ruta de la Seda a través de Asia. Por tanto, vamos a limitarnos al Mediterráneo, incluyendo en él algunas excursiones más allá del estrecho de Gibraltar a lo largo de las costas del oeste de Europa y de África, con lo que incluimos a las Islas Canarias.

Podemos extraer valiosas conclusiones de tales historias. Pensemos por un momento en Plinio el Viejo (23-79) hablándonos, en los libros dedicados a la Geografía de su *Naturalis Historia*, acerca de Escila y Caribdis, fantasmagorías de tremendos remolinos marinos al pie de costas inaccesibles. Nunca es fácil establecer a partir de esos relatos ni la existencia ni la verdadera naturaleza de tales fenómenos. El Mediterráneo carece prácticamente de mareas, sólo detec-

tables en algunos canales estrechos entre islas o en fondos de saco como el Adriático, así que la aparición de remolinos ha de proceder de combinaciones de las mareas con factores como el viento y la forma del fondo. Hoy se cree que Escila y Caribdis viene a ser una descripción tremendista de algunos fenómenos en el estrecho de Mesina, donde coinciden a veces las tres causas: fondo del mar ascendiendo hacia el Norte, la onda de marea —por pequeña que sea su amplitud— desplazándose en sentido Sur-Norte y vientos de componente Sur. Ello provoca una acumulación de agua en el extremo norte del canal que antes de fluir de nuevo hacia el Sur, si las circunstancias son las adecuadas, puede encontrarse con la siguiente marea alta. El remolino (Caribdis) está servido y es visible desde la rocosa orilla (Escila). Las conocidas *acque alte* de la laguna de Venecia tienen el mismo origen, pero sin remolinos tan aparentes.

tables en algunos canales estrechos entre islas o en fondos de saco como el Adriático, así que la aparición de remolinos ha de proceder de combinaciones de las mareas con factores como el viento y la forma del fondo. Hoy se cree que Escila y Caribdis viene a ser una descripción tremendista de algunos fenómenos en el estrecho de Mesina, donde coinciden a veces las tres causas: fondo del mar ascendiendo hacia el Norte, la onda de marea —por pequeña que sea su amplitud— desplazándose en sentido Sur-Norte y vientos de componente Sur. Ello provoca una acumulación de agua en el extremo norte del canal que antes de fluir de nuevo hacia el Sur, si las circunstancias son las adecuadas, puede encontrarse con la siguiente marea alta. El remolino (Caribdis) está servido y es visible desde la rocosa orilla (Escila). Las conocidas *acque alte* de la laguna de Venecia tienen el mismo origen, pero sin remolinos tan aparentes.

¿Un erizo? Más remolinos

Remolinos, dotados de carácter casi teleológico, aparecen en varias cumbres de la literatura fantástica, las novelas de Julio Verne y de Edgar Allan Poe. Este último sitúa en el Polo Sur un gigantesco sumidero o vórtice en el cual se precipita el mar llevándose consigo al aventurero Arthur Gordon Pym. Al lector deseoso de más aventuras le gustaría saber por dónde podría reaparecer todo ese flujo acuático, y tal vez el propio Pym, pero el autor calla. Por su parte, en 20000 Leguas de Viaje Submarino, Verne hace desaparecer al Capitán Nemo con su sumergible Nautilus en el Maelström cerca de las islas Lofoten, al norte de Noruega, pero en este caso capitán y embarcación sí aparecen tiempo después en la Isla Misteriosa, insinuando la existencia de una corriente submarina de retorno, esto es, usa un balance de flujo. Sí, el Maelström existe (y hay más de uno) pero no es para tanto, ni es tan grande, y ni siquiera es permanente, aunque sí recurrente. Su origen mitológico es análogo al de Escila y Caribdis y también su origen físico, una mezcla de ondas de marea con efectos topográficos. Todo ello parece fácil de comprender sentados cómodamente ante la mesa del despacho, aunque conviene ponerse —en la medida de lo posible— en la mente de quienes observaron tales maravillas por primera vez, y también de los que fueron transmitiendo su existencia y legendaria ubicación con los añadidos que la imaginación iba generando.

Entremos ahora por un momento en el despacho de un matemático, pongamos que entre 1880 y 1920. En esos años la abstracción matemática ya había alcanzado un nivel altísimo y se podría aplicar el chascarrillo del matemático a quien se le pide analizar el movimiento de un rebaño de ovejas y contesta seriamente “... *ejem, supongamos un conjunto de ovejas esféricas y...*”. Yendo a la existencia de vórtices como el Maelström, él nos diría que está garantizada matemáticamente hablando, por un teorema casi recién demostrado por él mismo, pero *bajo condiciones muy alejadas de las reales*. En ese lenguaje semifestivo que a veces es tan grato a los matemáticos, se trata del *teorema del erizo*, del que presentamos un enunciado, prescindiendo de las fórmulas. Supongamos que la Tierra es una esfera totalmente cubierta por un océano global —no hay continentes, ni islas, ni estrechos— y observemos las corrientes —de cuyo origen no sabemos nada— en ese mar universal. Sus velocidades forman un campo de vectores tangentes a la superficie del océano, que es conveniente suponer sin olas de ninguna clase. Hagamos ahora una leve concesión a la Física: el agua no presenta discontinuidades, por tanto es razonable que también el campo de velocidades sea continuo. Pues bien, bajo esas condiciones el campo de vectores ¡tiene que poseer una singularidad! En otras palabras, en alguna parte del globo la corriente obligatoriamente deja de ser tangente a la superficie oceánica y apuntará hacia el exterior o el interior del globo: he ahí el Maelström. El nombre dado al teorema proviene de la peregrina idea de que, según este resultado, es imposible peinar un erizo —no se dice si de tierra o de mar— sin que quede una púa descolocada: en verdad, el sentido del humor de los matemáticos es un tanto peculiar (“peinar” viene a significar aquí disponer los cabellos de forma tangente al cuero cabelludo). El resultado anterior, publicado en 1912, sin esferas cubiertas de agua ni erizos, se debe a L. E. J. Brouwer (1912-1966)².

Es grande la tentación de afirmar que tales o cuales fenómenos de la naturaleza puedan ser justificados matemáticamente, pero hay que llevar las cosas a su justa medida. Explicar algo mediante la mera abstracción necesita simplificaciones drásticas (v.g. eliminar los continentes) y sus resultados han de interpretarse sobre todo como guías para ayudar a desentrañar la complejidad del mundo real. Por ello, una buena formación en Matemáticas es clave y no sólo en las etapas preparatorias, sino también en la actividad cotidiana: aunque no se explicita, siempre estará ahí.



Figura 3: El tanque noruego Wilstar tras colisionar con una *rogue wave* en 1974. Tomado de bayourenaissanceman.blogspot.com (29.07.2017).

1995: frikis del oleaje

No, no se trata de los practicantes de diferentes versiones del surf, aunque con seguridad más de uno se apuntaría gustoso. En la atmósfera los remolinos pueden originar tanto movimientos ascendentes como descendentes, pero en el océano llevan siempre hacia el interior del globo terrestre. Por eso, son las olas las encargadas de propiciar movimientos en vertical, “hacia arriba” de la superficie del mar, y si hay algo física y matemáticamente complicado, es el análisis del oleaje. Debido a su interés e importancia para la navegación y la gestión de espacios costeros, desde tiempos muy lejanos se han aventurado decenas de explicaciones, algunas puramente empíricas, otras con diversos sustratos teóricos. A efectos prácticos, las olas se generan por la transferencia de energía mecánica de la atmósfera al océano, y aunque la Física (y con ella, las Matemáticas) del acoplamiento se conoce bien, hay gran cantidad de variables o parámetros que son imposibles de tener en cuenta, y mucho menos controlar.

Existen leyendas e historias, noveladas o no, donde se describe la aparición súbita de olas monstruosamente grandes en alta mar, que se desplazan a gran velocidad arrasando cuanto encuentran a su paso —léase barcos. La primera evidencia instrumental, no literaria o periodística, de la existencia de estas olas se detectó tan tarde como 1995 y quedó registrada en los aparatos de una plataforma petrolera, la *Draupner*, que operaba en el Mar del Norte (puede consultarse un listado en https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_rogue_waves).

He aquí una noticia publicada por Stephen Ornes en *The Sydney Morning Herald* el 11 de Agosto de 2014:



«Cuando el crucero Louis Majesty salió de Barcelona, en el este de España, en dirección a Génova, en el norte de Italia, fue para su última etapa de una travesía por el Mediterráneo. Pero el Mediterráneo tenía otras ideas. Las nubes de tormenta se estaban acumulando cuando el barco se aventuró hacia el este fuera del puerto aproximadamente a la 1:00 p.m. del 3 de marzo de 2010. El oleaje aumentó constantemente durante las primeras horas del viaje, lo suficiente para probar a los que tenían las piernas menos experimentadas, pero aún nada fuera de lo ordinario. A las 4.20 pm, el barco se dirigió sin previo aviso hacia una pared de agua de 8 metros o más de altura. Tan lejos como se puede reconstruir lo ocurrido, el barco cabeceó al descender por la espalda de la ola inclinándolo hacia una segunda y posiblemente una tercera monstruosa ola inmediatamente detrás. El agua entró a través de las ventanas de un salón en la cubierta 5, casi 17 metros por encima de la línea de flotación del barco. Dos pasajeros murieron instantáneamente y otros 14 resultaron heridos. Luego, tan repentinamente como las olas habían aparecido, se habían ido. El barco giró y renqueando regresó a Barcelona».

Esta clase de olas no son tsunamis, ondulaciones de origen sísmico de escasa amplitud y gran longitud de onda, no generadas por el viento y que resultan visibles con resultados catastróficos cuando se acercan a las costas. Las olas que nos ocupan ahora son verdaderas olas de viento, las llamadas olas malvadas, monstruosas, asesinas u otros adjetivos de semejante significado (en inglés, rogue waves o freak waves, que es más fácil), que pueden alcanzar más de 25 m de altura e impactar con presiones de hasta 10^5 kg/m^2 .

Además, su recorrido en superficie es muy breve, pues en pocos instantes desaparecen sin más rastro que los daños en los barcos que casualmente estuvieran en su trayectoria. Como ya hemos excluido que sean olas sísmicas, y además se presentan en situaciones de aparente normalidad ¿cómo interpretar su aparición? y ¿será posible preverlas con tiempo suficiente?

El hecho de que sean olas aisladas –aunque a veces se presentan como pequeños trenes de dos o tres, tal como cuenta la cita anterior– nos conduce de inmediato a pensar en interacciones no lineales y complejas con otros fenómenos marinos no tan aparentes. Matemáticos y físicos, a la caza de ecuaciones, han encontrado varias que parecen reproducir con alguna exactitud ese comportamiento, y como en el caso del Maelström y el erizo, a costa de simplificaciones excesivas para quienes esperen encon-

trar utilidad práctica. Alguna versión no lineal de la ecuación de Schrödinger (sí, la de los átomos y sus orbitales) y también variantes de la ecuación de Korteweg-deVries (ésta combina advección no lineal y difusión con dispersión; es un ejercicio donde no es muy complicado mostrar que con condiciones iniciales sencillas tiene soluciones en forma de ondas solitarias) suelen ofrecer explicaciones bastante razonables, pero acerca de la predecibilidad más vale ir al análisis estadístico de las series de oleaje y detectar posibles valores excepcionales. Las crecientes evidencias de cambios climáticos sugieren también un incremento de la frecuencia de esta clase de eventos extremos.

Pescando

No sabemos cuándo aparecieron ni quiénes fueron los primeros en usar los recursos marinos como alimento, pero no es aventurado suponer que en principio fueron simples recolectores que después, de la mano de nuevas técnicas, evolucionaron hacia la pesca. Es muy probable que la pesca se iniciase antes en los grandes ríos y lagos que en el mar, pues a fin de cuentas todas las culturas necesitan agua dulce para prosperar, p. ej. en la Biblia encontramos a los pescadores del lago Tiberiades, incluso en medio de tempestades en él (Mt4: 35-41). Evidencias de la época recolectora hay muchas, en las Islas Canarias quedan aún restos de los llamados *concheros* presentes en sus costas, y se han encontrado acumulaciones semejantes por las costas de casi todo el mundo. También es bastante seguro que las primeras artes de pesca fueran utilizadas en ríos o zonas costeras con corrientes inducidas por las mareas, en forma de nasas, lo cual indica un buen conocimiento del comportamiento de los peces y también de la geometría necesaria para construirlas. Para especies de cierto tamaño, lanzas y arpones podían ser usadas desde la propia orilla o, arriesgando algo más, desde embarcaciones.

La pesca de especies pelágicas es otro asunto, muy dependiente de las tecnologías disponibles en cada momento, y es clave en ello el desarrollo de la navegación. Hay quien opina que hace unos 50000 años (demasiados nos parecen) ya se realizaban largas travesías por alta mar y se practicaba la pesca con anzuelos, presentando como evidencia montones de espinas y restos de especies pelágicas hallados en la isla de Timor³. Vuelve, pues, a aparecer la navegación en primer plano. Es tan importante que p. ej. podríamos pensar entre los recursos marinos cosas tales como las especias procedentes de las lejanas islas entre el Pacífico y el Índico, cuyos larguísimos

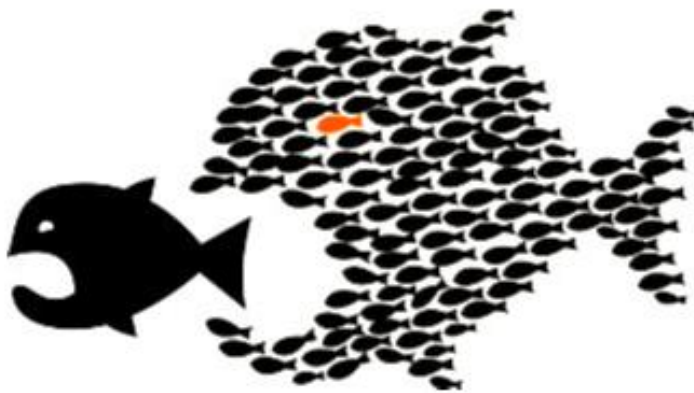


Figura 4: Ilustración usada por la organización *aktion./arbeitsunrecht* para mostrar el poder de la unión ante grandes enemigos. Tomado de su web (29.07.2017).

viajes hacia los mercados europeos bien las harían acreedoras a esa consideración. No olvidemos que la nao *Victoria*, cuando finalmente llegó a Sevilla en 1522 con los escasos supervivientes de la expedición Magallanes-Elcano, portaba en su bodega un cargamento nada despreciable de clavo y otras especias, con el que se recuperaron de sobra los gastos de la expedición, iniciada en 1519 con cinco buques y unos cuatrocientos hombres. Nótese que regresaron menos de veinte personas y sólo un barco.

En el año 1900 la población total de la Tierra era de $1,6 \times 10^9$ humanos, y ya se habían desarrollado bien varias tecnologías muy avanzadas que, por supuesto, se aplicaban a la pesca, ya casi transformada en una industria de proporciones planetarias. Aunque para ese año la pesquería mundial aún no estaba sobreexplotada, se notaban los efectos del exceso de intervención humana en la caza de ballenas, muy perseguidas por la gran cantidad de productos extraídos de ellas: el aceite, el espermaceti, el ámbar y otros más. La potencia del vapor y los cañones arponeros, desarrollados en los años 1860, permitían la captura de ejemplares cada vez más grandes en zonas más alejadas, y sólo treinta años más tarde, en 1931, el descenso de capturas –y del negocio asociado a ellas– llevó a la firma del primer acuerdo internacional sobre la protección de cetáceos. Se suponía la entrada en vigor del tratado en 1935, pero con las complicadas relaciones internacionales de la época no pasó de papel mojado, y nunca mejor dicho.

La población del globo en 1990 alcanzó las $5,3 \times 10^9$ personas, un año en que la pesquería mundial presentaba indicios de posible extinción si no se tomaban medidas, con unas capturas de $7,5 \times 10^{10}$ Tm. Sí se tomaron medidas, pues desde entonces la cuantía global de capturas se mantiene más o menos estable. De haber continuado la tendencia de creci-

miento –prácticamente lineal desde 1950– hoy día las capturas hubieran supuesto, de ser posibles, $1,8 \times 10^{11}$ Tm. La diferencia entre esta cantidad y la de 1990, para atender la demanda mundial, se satisface con especies criadas en cautividad. Otra cuestión es cómo hayan ido variando las especies explotadas, así como su distribución espacial, y cuáles sean los problemas ambientales generados por la acuicultura.

Después de las primitivas nasas, casi nos habíamos olvidado de las Matemáticas, pero la explotación del mar está decididamente en el origen de dos grandes líneas en las Matemáticas Aplicadas: la primera, los estudios sobre dinámica de poblaciones que conformaron la llamada “Edad de Oro” de la Ecología Teórica, iniciados hacia 1920 por Alfred Lotka (1880-1949), y por Vito Volterra (1860-1940), Andrei Kolmogórov (1903-1987) y tantos otros, alcanzando sus principales resultados en los primeros 1940. La segunda, la combinación de las anteriores con consideraciones económicas –a veces, incluso éticas– procedentes de los grandes economistas de principios del Siglo XX, en particular de Vilfredo Pareto (1848-1923). Curiosamente, muchos de los resultados en esta línea comenzaron a publicarse en revistas como el *Journal of Political Economy*, v.g. el trabajo inicial de Harold Hotelling (1895-1973) de 1931 sobre la explotación de recursos no renovables⁴, y sitios semejantes. Hoy día es una rama bien establecida y en continuo desarrollo de la Economía Aplicada, ofreciendo importantes y profundos problemas para los matemáticos que se atrean con ellos.

A modo de final

En los párrafos que anteceden se ha presentado una selección de cuestiones relacionadas con el mar. Es fácil notar en ella el sesgo del autor, intentando mirar al océano a través de algo de historia, de literatura y, por supuesto, de matemáticas.

Hay cantidades ingentes de libros de historia con el mar como protagonista. Se ha seleccionado aquí la fascinante historia de la conquista del Pacífico *The Spanish Lake*, de Oskar Slate (1911-2000), texto donde se contemplan asuntos tales como la diferencia entre el carenado de buques en el Mediterráneo y el Mar del Norte, o las negociaciones llenas de traiciones políticas entre españoles y portugueses en su reparto del Nuevo Mundo, o la explosión de las miserias de la condición humana durante las inacabables singladuras de incierto destino. *Los Viajes de Gulliver* –que nada tiene de libro para niños– con los que comenzábamos, siguen la misma línea: la condición humana y la condición política navegan sobre los

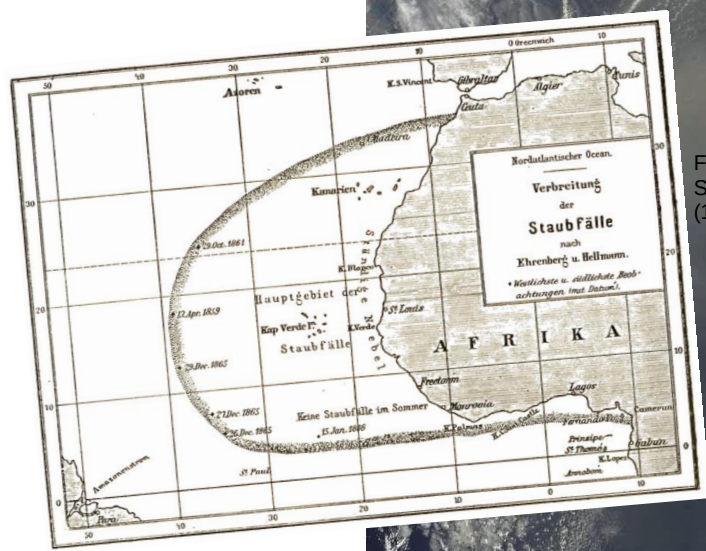


Figura 5: Extensión alcanzada por las nubes de polvo del Sahara (según Krümmel 1881, p 102) y un episodio reciente (13.07.2016) sobre las Islas Canarias y Madeira.

The
Weather
Channel

mares en busca de novedades o ejemplos, utopías o distopías, y otro tanto podemos decir de las novelas de Julio Verne y de Edgar Allan Poe. Es muy interesante que el Instituto de Investigaciones Marinas y Polares de Bremerhaven haya publicado una reciente recopilación de resúmenes comentados de varias novelas, por Richard Krause, en su serie científica *Berichte zur Polar und Meeresforschung*. En Pacheco (1994) puede verse el texto de una pequeña intervención en la misma línea, presentada en la Facultad de Ciencias del Mar de Las Palmas hace ya bastantes años.

Suele considerarse que el primer tratado de Oceanografía como tal es el de Otto Krümmel (1854-1912) de 1907-1911, aunque más bien se puede leer como una historia de casi todo lo relacionado con esta ciencia hasta finales del siglo XIX. Aquí se ha usado una versión anterior, menos cargada de erudición, la edición de 1886 (2ª) de *Der Ozean*, 1881. Quienes estén interesados en una historia del estudio de las mareas encontrarán una buena lectura, a veces exigente, en el libro de David Cartwright de 1999, y para los más arriesgados, el magnífico libro de Olivier Darrigol sobre la historia de la Hidrodinámica, de 2005.

La relación entre el océano y la atmósfera está muy bien descrita en el volumen de Paul Edwards *A Vast Machine*. En estricta lógica física, la atmósfera –con sus lluvias y olas de calor y frío– puede considerarse un sistema esclavo del océano: éste sería el verdadero controlador del tiempo, en su papel de almacén de calor y sumidero de gases como el dióxido de carbono. Cómo influyen mar y atmósfera en la vida de las gentes puede leerse en los textos del geógrafo Vladimir Jankovic, en especial la recopilación de Jankovic y Barboza de 2009.

Las Matemáticas de la Oceanografía y de otras disciplinas afines están muy bien descritas en el grueso tomo –un tanto duro de leer– de Andrew Fow-

ler *Mathematical Geoscience*, y los aficionados a las extrañas formas espirales (ay, los remolinos) disfrutarán con el reciente libro (2016) de Oyvind Hammer *The Perfect Shape*, y a quienes deseen alguna idea sobre las Matemáticas más primitivas (ver de nuevo la Figura 1), el librito de Ubiratan D'Ambrosio *Etnomatemática*, de 1987, y las ideas expuestas en él pueden resultar muy estimulantes; y si nos vamos al tratamiento matemático de las pesquerías, el manual de referencia es el de Colin Clark, *Mathematical Bioeconomics*, de lectura no muy complicada y con abundantes ejemplos. Pero nadie deje de leer el “artículo fundacional” de Garrett Hardin (1915-2003) *The Tragedy of the Commons*, de 1968. Como última recomendación, quienes de verdad se encuentren con fuerzas para desentrañar la enrevesada prosa de su autor, pueden ver las ideas sobre la politización de la Ecología, ¿qué sería de ella sin el mar?, de Bruno Latour, las últimas, de 2017⁵.

Para la redacción se han usado también ideas utilizadas en varios trabajos del autor y colaboradores, y algunos más que no se citan. Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por el Proyecto HAR2016-75559.

Bibliografía

- (1) Pacheco, J. 2015. Boletín de la Sociedad “Puig Adam”, 100:53-65.
- (2) Brouwer, L. 1912. *Mathematische Annalen*, 71:97-115.
- (3) O'Connor, S. *et al.* 2011. *Science* 334, (1117-1121).
- (4) Hotelling, H. 1931. *Journal of Political Economy* 39, 137-175.
- (5) Latour, B. 2017. *Facing Gaia: Eight Lectures on the New Climatic Regime*. Wiley, New York.

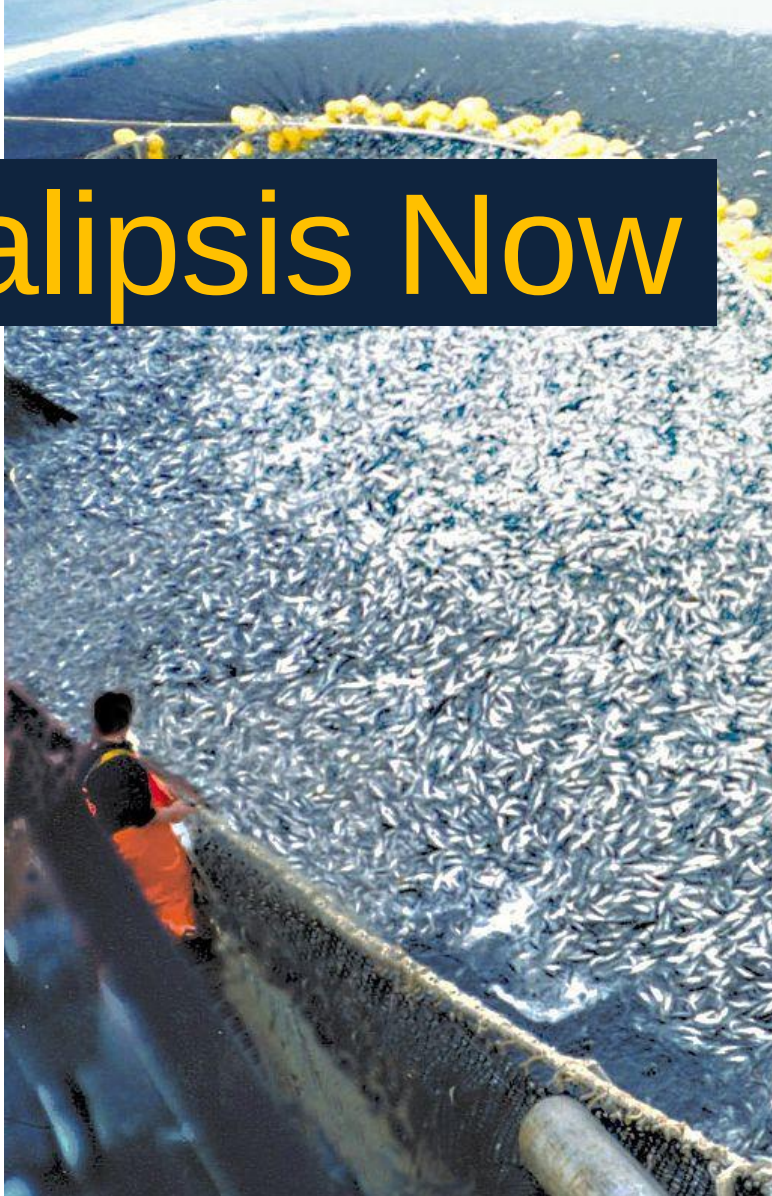
Acuapocalipsis Now

El final de los peces

Daniel Pauly

Centro de Pesquerías de la Universidad de British Columbia (Canadá). Investigador principal del proyecto The Sea Around Us (el mar que nos rodea).

Nuestros océanos han sido víctimas de un gigantesco esquema de Ponzi (una operación fraudulenta de inversión que implica el pago de intereses a los inversores de su propio dinero invertido o del dinero de nuevos inversores), similar a la llevada a cabo por Bernie Madoff, insensiblemente por las pesquerías del mundo. A partir de la década de 1950, a medida que las operaciones de pesca se industrializaban cada vez más, con refrigeración a bordo, ecosondas para detectar a los peces y, más tarde, GPS, en el hemisferio norte las flotas agotaron primero los stocks de bacalao, merluza, platija, lenguado y fletán. A medida que esas poblaciones de peces desaparecieron, las flotas se desplazaron hacia el sur, hacia las costas de los países en desarrollo y, en última instancia, hasta las costas de la Antártida, en busca de peces de hielo y bacalaos antárticos (rockcods) y, más recientemente, del pequeño krill. A medida que la abundancia de peces en las aguas costeras disminuía, las pesquerías se trasladaron más lejos, a aguas más profundas. Y, finalmente, cuando los peces más grandes comenzaron a desaparecer, los barcos comenzaron a pescar peces que eran más pequeños y más feos (peces que nunca antes se habían considerado aptos para el consumo humano). Muchos fueron rebautizados para que pudieran ser comercializados: el sospechoso pez cabezón de fango (slimhead) se convirtió en el delicioso pez reloj anaranjado (orange roughy), mientras que la preocupante merluza negra patagónica (hoki) se convirtió en la sana lubina chilena. Otros, como la merluza de cola, eran fileteados para que pudieran pasar inadvertidos al venderlos como palitos de pescado o filetes en restaurantes de comida rápida y en los pasillos de alimentos congelados de los supermercados.



Este esquema de explotación fue llevado a cabo por una compleja industria pesquera (una alianza entre corporaciones de flotas pesqueras, grupos de presión, parlamentarios y economistas pesqueros). Ocultos detrás de la imagen romántica del pescador artesanal independiente, obtuvieron influencia política y subvenciones gubernamentales muy superiores a las que cabría esperar, dada su minúscula contribución al PIB de las economías avanzadas (en Estados Unidos con una contribución menor que la aportada por la industria de la peluquería). En Japón, por ejemplo, grandes conglomerados verticalmente integrados, como Taiyo o el más conocido de Mitsubishi, hacen lobby sobre sus amigos en la Agencia de Pesca Japonesa y en el Ministerio de Asuntos Exteriores para que les ayuden a tener acceso a los pocos stocks saludables de atún que aún quedan, como los de las aguas que rodean a los países del Pacífico Sur. A comienzos de la década de 1980, Estados Unidos, que tradicionalmente no era un país pesquero, empezó a subvencionar fuerte-



de 1980, y ha estado disminuyendo desde entonces. Al igual que con la operación infame de Madoff, que exigían una afluencia constante de nuevas inversiones para generar "ingresos" para los inversores anteriores, el entramado pesquero-industrial global ha requerido un flujo constante de nuevos stocks de peces para continuar funcionando. En lugar de restringir sus capturas para que los peces puedan reproducirse y mantener sus poblaciones, la industria simplemente ha pescado hasta que una población se ha agotado y luego se ha dirigido a otra nueva, u a otros caladeros más profundos, y hacia peces más pequeños y raros. Y, al igual que un esquema de Ponzi se derrumbará una vez que el grupo de potenciales inversores se ha acabado, la industria pesquera también colapsará a medida que son vaciados los océanos de vida.

Desgraciadamente, no es sólo el futuro de la industria pesquera lo que está en juego, sino también la salud del eco-

sistema más grande del mundo. Mientras que la crisis climática atrae la atención de las primeras planas de manera regular, las personas (incluso las que profesan una gran conciencia ambiental) siguen comiendo pescado como si fuera una práctica sostenible. Pero comer un rollo de atún en un restaurante de sushi no debe ser considerado ambientalmente más sostenible que conducir un Hummer o arponear un manatí. En los últimos 50 años, hemos reducido las poblaciones de los grandes peces comerciales, como el atún rojo, el bacalao y otras especies muy demandadas, en un asombroso 90 por ciento. Un estudio, publicado en la prestigiosa revista *Science*, pronostica que, para 2048, todas las poblaciones de peces comerciales se habrán "colapsado", lo que significa que sólo producirán un 10 por ciento, o menos, de sus capturas máximas. Sea o no ese año en particular, o incluso la década correcta, una cosa está clara: los peces están en grave peligro, y, si ellos lo están, entonces nosotros también lo estamos.

mente a las flotas de pesca estadounidenses, produciendo su propio entramado pesquero industrial, dominado por grandes procesadores y cadenas minoristas. Hoy en día, los gobiernos proporcionan casi 30.000 millones de dólares en subvenciones cada año, aproximadamente un tercio del valor de la captura mundial, que soportan la pesca, incluso cuando han sobreexplotado los recursos que les sirve de base. Como resultado, hay entre dos y cuatro veces más barcos que los necesarios para la captura anual obtenida y, aún así, siguen llegando fondos para "construir más capacidad pesquera".

El juego, sin embargo, está a punto de terminar. En 1950, la recién constituida Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estimó que, a nivel mundial, capturábamos unos 20 millones de toneladas de pescado (bacalao, caballa, atún, etc.) e invertebrados (langosta, calamar, almejas, etc.). Esa captura llegó a un máximo de 90 millones de toneladas anuales a finales de la década

sistema más grande del mundo. Mientras que la crisis climática atrae la atención de las primeras planas de manera regular, las personas (incluso las que profesan una gran conciencia ambiental) siguen comiendo pescado como si fuera una práctica sostenible. Pero comer un rollo de atún en un restaurante de sushi no debe ser considerado ambientalmente más sostenible que conducir un Hummer o arponear un manatí. En los últimos 50 años, hemos reducido las poblaciones de los grandes peces comerciales, como el atún rojo, el bacalao y otras especies muy demandadas, en un asombroso 90 por ciento. Un estudio, publicado en la prestigiosa revista *Science*, pronostica que, para 2048, todas las poblaciones de peces comerciales se habrán "colapsado", lo que significa que sólo producirán un 10 por ciento, o menos, de sus capturas máximas. Sea o no ese año en particular, o incluso la década correcta, una cosa está clara: los peces están en grave peligro, y, si ellos lo están, entonces nosotros también lo estamos.



El desarrollo del esquema Ponzi de la pesca fue capaz de eludir el control de los científicos de los gobiernos durante muchos años. Éstos, desde hace mucho tiempo, han estudiado la salud de las poblaciones de peces, pero los laboratorios se centraron sólo en las especies presentes en sus aguas nacionales. Y los que estudiaban una especie en particular en un país se comunicaban sólo con aquellos que estudian esa misma especie en otro país. Por lo tanto, no se dieron cuenta de un patrón importante: las especies más demandadas eran reemplazadas secuencialmente en las capturas que las pesquerías informaban y, cuando una especie desaparecía, la atención de los científicos se desplazaba hacia las especies de reemplazo. En un momento dado, los científicos reconocieron que la mitad, o dos tercios, de las pesquerías estaban siendo sobreexplotadas, pero cuando se agotaba el stock de una especie de pez en particular, simplemente se eliminaba del denominador de la fracción. Por ejemplo, el esturión del río Hudson no fue contabilizado como una población sobreexplotada una vez que desapareció de las aguas de Nueva York; simplemente se convirtió en una anécdota en el registro histórico. Las líneas de base seguían cambiando, lo que permitía continuar dañando los ecosistemas marinos.

No fue hasta la década de 1990 que una serie de documentos científicos de alto nivel demostraron que se necesitaba estudiar y mitigar el descenso de peces a nivel global. Mostraron que fenómenos observados previamente a nivel local (por ejemplo, la desaparición en las capturas de especies de gran tamaño y su sustitución por especies más pequeñas) también estaban ocurriendo a nivel mundial. Era una visión similar a la comprensión de que la crisis financiera se debió no al fracaso de un solo banco, sino, más bien, al fracaso de todo el sistema bancario, lo que suscitó mucha controversia.



La idea de que los peces están en peligro a nivel mundial ha sido cuestionada de muchas maneras, quizás de forma más destacadamente por los biólogos pesqueros, que han cuestionado los hechos, el tono, e incluso la integridad de los que hacen tales afirmaciones. Los biólogos pesqueros son diferentes a los ecólogos marinos como yo. Los ecólogos marinos se preocupan principalmente por las amenazas a la biodiversidad de los ecosistemas que estudian y, por lo tanto, trabajan frecuentemente en cooperación con ONGs ambientalistas, a menudo financiadas por fundaciones filantrópicas. Por el contrario, los biólogos pesqueros tradicionalmente trabajan para agencias gubernamentales, como el Servicio Nacional de Pesca Marina del Departamento de Comercio, o como consultores de la industria pesquera, y su principal objetivo es proteger a las pesquerías y los pescadores que emplean. Yo mismo fui entrenado como biólogo pesquero en Alemania y, aunque nieguen esto, las agencias para las que muchos de mis antiguos colegas trabajan están claramente al servicio de la industria que se supone que regulan. Por ejemplo, hay científicos pesqueros que indican que el bacalao se ha "recuperado" o incluso ha "duplicado" su número, cuando, de hecho, ha aumentado sólo del 1 al 2% con respecto a la abundancia original que tenían en los años cincuenta.

Sin embargo, a pesar de sus diferentes intereses y prioridades, y sus desacuerdos sobre el "final de los peces", los ecólogos marinos y los científicos pesqueros quieren que haya más peces en los océanos. En parte, esto se debe a que ambos son científicos, de los que se espera que admitan una realidad cuando se enfrentan con pruebas sólidas. Y, en el caso de la pesca, como con el calentamiento global, las evidencias son abrumadoras: los stocks están disminuyendo en la mayor parte del mundo. Sin embargo, en última instancia, la grieta más importante no está entre estos dos grupos de científicos, sino entre el público, a

quien pertenecen estos recursos marinos, y el entramado pesquero-industrial, que necesita capital fresco para su esquema Ponzi. La dificultad radica en como obligar al entramado pesquero-industrial a pescar menos peces para que las poblaciones naturales puedan reconstruirse.

Es esencial que lo hagamos lo más rápido posible porque las consecuencias de un mundo sin peces serían espantosas. Para algunos países occidentales, el fin de los peces podría parecer simplemente una catástrofe culinaria, pero para 400 millones de personas de países en desarrollo, particularmente en los países pobres de África y del sur de Asia, los peces son la principal fuente de proteína animal. Además, la pesca es una fuente importante para el sustento de cientos de millones de personas. Un reciente informe del Banco Mundial reveló que se están reduciendo los ingresos obtenidos por los 30 millones de pesquerías artesanales del mundo. La disminución de las capturas también ha afectado a la principal fuente de ingresos en divisas, en la que se apoyan los países empobrecidos, desde el Senegal en África Occidental hasta las Islas Salomón en el Pacífico Sur, para realizar sus importaciones de alimentos básicos como el arroz.

Y, por supuesto, el colapso de las poblaciones de peces podría afectar a los ecosistemas marinos de una forma que ahora sólo estamos empezando a apreciar. Por lo tanto, la eliminación de peces pequeños en el Mediterráneo para engordar atún rojo en jaulas flotantes hace que el delfín "común" sea extremadamente raro en algunas zonas, con posibles extinciones locales. Otros mamíferos marinos y aves marinas se ven afectados de manera similar en diversas partes del mundo. Por otra parte, la eliminación de los depredadores superiores de los ecosistemas marinos tiene efectos cascada, lo que lleva al aumento de las medusas, y otro zooplancton gelatinoso, y a la erosión gradual de la red trófica

dentro de la cual se insertan las poblaciones de peces. Esto es lo que sucedió en la costa del suroeste de África, donde un ecosistema de afloramiento similar al de California, previamente dominado por peces como la merluza y las sardinas, ha sido invadido por millones de toneladas de medusas.

Los aumentos espectaculares de las poblaciones de medusas también son cada vez más frecuentes en el norte del Golfo de México, donde la escorrentía cargada de fertilizantes del río Mississippi alimenta las floraciones descontroladas de algas. Las algas muertas caen al fondo marino, donde la pesca de arrastre de camarón ha barrido a todos los animales capaces de alimentarse de ellas, y así se pudren, causando "zonas muertas", sin oxígeno, del tamaño Galicia. Fenómenos similares se ha producido desde el Mar Báltico hasta la Bahía de Chesapeake (costa atlántica de EE.UU.), y desde el Mar Negro, en el sureste de Europa, hasta el Mar de Bohai, en el noreste de China. Nuestros océanos, que nos ha alimentado desde el comienzo de la especie humana, hace unos 150.000 años, se están volviendo contra nosotros, convirtiéndose en oponentes enojados.

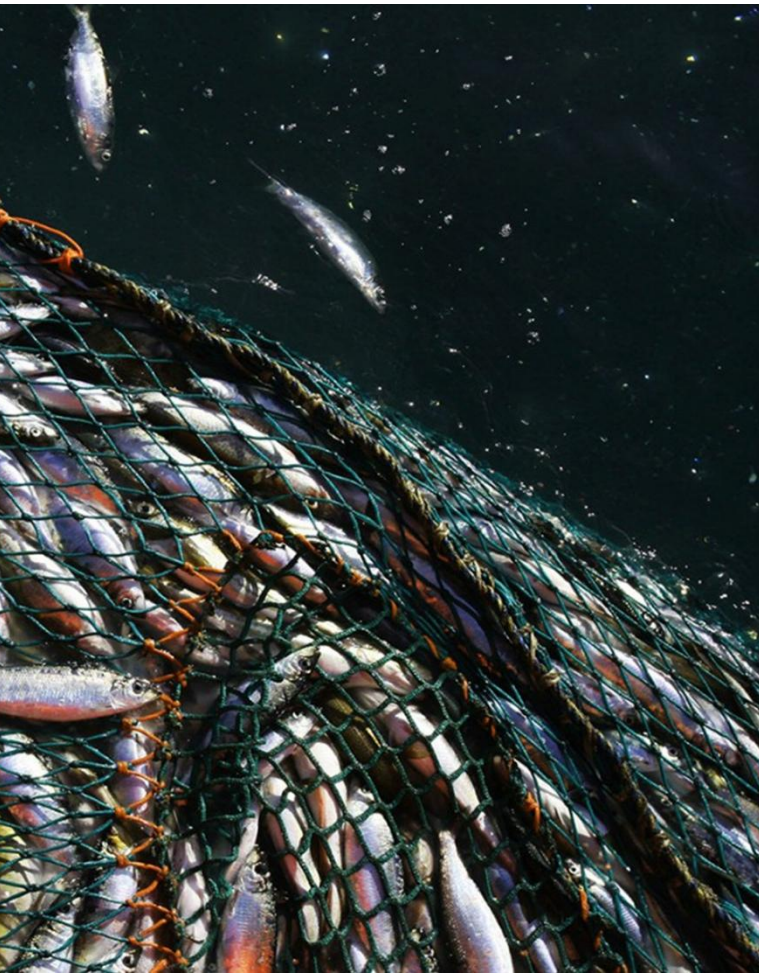
Esa dinámica se hará más antagónica a medida que los océanos se vuelven más cálidos y más ácidos debido al cambio climático. Se espera que los peces sufran mucho por el calentamiento global, por lo que es esencial que preservemos el mayor número de peces y de especies de peces como sea posible, para que aquellos que son capaces de adaptarse puedan evolucionar y producir las próximas encarnaciones de vida marina. De hecho, nuevas pruebas sugieren que grandes cantidades de biomasa de peces podrían ayudar a atenuar la acidificación de los océanos. En otras palabras, los peces podrían ayudarnos a salvarnos de las peores consecuencias de nuestra propia locura, pero los estamos matando. Las aguas llenas de medusas que estamos viendo ahora pueden ser sólo la primera escena en un espectáculo de horror acuoso.

Para detener esta tendencia hacia una distopía marina, se requiere la intervención de los gobiernos. Las agencias reguladoras deben imponer cuotas sobre la cantidad de peces capturables cada año, y la forma en que se reparten dichas cuotas es muy importante. Por ejemplo, el simple hecho de permitir que todas las pesquerías capturen una cantidad determinada de peces anualmente puede producir una acumulación de flotas y buques desguazados a medida que las unidades pesqueras más competitivas capturan la parte más grande posible de la cuota antes de que lo hagan los buques menos eficientes.

Este sistema puede ayudar a proteger a los peces, pero es económicamente desastroso: generalmente la cuota completa de captura anual se desembarca en un período corto de tiempo, lo que lleva a un exceso de oferta momentánea, lo que, a su vez, conduce a precios bajos. La alternativa es limitar el número de Pescadores con derecho de pesca, ya que aquellos que tienen "privilegios de acceso" pueden capturar la parte de la cuota global que se les asigne cuando lo desean, sin entrar en competencia con otros pescadores. Tales cuotas individuales conducen a un menor esfuerzo de pesca en general y, por lo tanto, mayores ganancias en la pesquería.



Lamentablemente, la mayoría de los economistas pesqueros, obsesionados únicamente por las ganancias a corto plazo, argumentan que, para que un sistema así funcione, los privilegios de acceso deben (a) entregarse gratuitamente, (b) mantenerse a perpetuidad y (c) ser transferible (es decir, vendible y adquirible como cualquier otro producto). Ellos llaman a esto "derechos de pesca" o "cuotas individuales transferibles". Sin embargo, no hay ninguna razón por la cual un gobierno no deba subastar las cuotas con privilegios de acceso. El mejor postor aseguraría el derecho a un determinado porcentaje de la cuota, con la sociedad en su conjunto beneficiándose de proporcionar acceso privado a un recurso público.



Esto sería igual a lo que ocurre en Estados Unidos con los rancheros que pagan, como lo hacen, por el privilegio de que sus ganados pasten en tierras federales. Los "derechos" de pastoreo, por otro lado, simplemente darían la propiedad de tierras públicas a los ganaderos, que es algo que pocos considerarían adecuado.

Algunas personas demasiado optimistas creen que la acuicultura puede asegurar la conservación de las poblaciones marinas, sin la intervención de los gobiernos, idea que es respaldada por las estadísticas de la FAO que muestran un rápido crecimiento de la acuicultura, de modo que más del 40% por ciento de todos los "mariscos" que se consumen actualmente proviene de granjas. El problema con este tema es que China genera alrededor del 68% de la producción acuícola mundial, y la FAO, prevenida por las infladas estadísticas chinas, expresa dudas sobre su producción declarada y sus tasas de crecimiento. Fuera de China, donde la mayoría de los peces cultivados son herbívoros y de agua dulce, como la carpa, la acuicultura produce peces marinos predominantemente carnívoros, como el salmón, que son alimentados no sólo con elementos vegetales, sino también de harinas y aceites de pescado, que se obtienen moliendo arenques, caballa y sardinas capturadas en "pesquerías industriales". El cultivo de peces carnívoros, que requiere de 1,5 y 2 Kg de peces pequeños para producir medio Kg de peces más grande, así le roba a Pedro para pagarle a Pablo. La acuicultura en Occidente, en términos globales, produce un producto de lujo. Esperar que la acuicultura asegure la disponibilidad de los peces, o al menos esperar que el cultivo de peces carnívoros resuelva el problema planteado por la disminución de las capturas pesqueras, sería similar a esperar que los coches de Enzo Ferrari puedan resolver los atascos en Los Ángeles.

Otras personas creen que las poblaciones de peces pueden reconstruirse a través de campañas de sensibilización de los consumidores que animan a los compradores a tomar decisiones prudentes. Uno de estos enfoques es identificar con etiquetas los productos procedentes de pesquerías consideradas sostenibles. En Europa, por ejemplo, los consumidores pueden buscar el logotipo del Marine Stewardship Council (MSC), una organización sin ánimo de lucro puesta en marcha por la World Wildlife Fund (WWF) y Unilever, que posee una importante división de comercialización de pescado. Al principio, MSC certificó solo pesquerías artesanales, pero últimamente ha otorgado su sello de aprobación a grandes y controvertidas compañías pesqueras. De hecho, ha comenzado a medir su éxito por el porcentaje de captura



mundial que certifica. Animados por una subvención de Walton Foundation y el objetivo de Wal-Mart de vender sólo pescado certificado, MSC está considerando la posibilidad de certificar las pesquerías industriales, con la consecuencia de que Wal-Mart, por ejemplo, podrá vender brillante salmón de piscifactoría con el resplandor artificial de sostenibilidad (dada la devastadora contaminación, enfermedades e infestaciones de parásitos que han plagado las granjas de salmón en Chile, Canadá y otros países, esta "estrategia de Wal-Mart" hará que el MSC sea cómplice de una estafa gigante a largo plazo).

La otra iniciativa basada en el mercado, que prevalece en los Estados Unidos, distribuye tarjetas tamaño billetera diseñadas para guiar a los consumidores hacia los peces que el grupo que emite las tarjetas considera que fueron capturados de manera sostenible. Su éxito es considerable si se mide por los millones de tarjetas regaladas, por ejemplo, por el Monterey Bay Aquarium, pero es difícil evaluar el impacto en las pesquerías. Por un lado, la gran multitud de estas tarjetas lleva a contradicciones y confusión, ya que los mismos peces son evaluados de manera diferente por diferentes organizaciones. Por ejemplo, el atún rabil se clasifica como "seguro", "cuestionable" y "evitar" en las tarjetas emitidas por tres ONGs de EE.UU. Un problema mayor, sin embargo, es que estas tarjetas generan sólo presión "horizontal", es decir, un grupo de asistentes a un restaurante podrían reprenderse unos a otros por pedir un filete de bacalao o preguntarle al camarero, a tope de trabajo, de dónde venían los peces. Pero esta presión no llega a los mayoristas, armadores o cadenas de supermercados. La presión "vertical" ejercida por las ONG ecologistas sobre los responsables de la toma de decisiones es mucho más efectiva. Pero, si esto es cierto, ¿por qué no presionar directamente a los gobiernos y legisladores?, ya que son ellos los que regulan las pesquerías.

La verdad es que los gobiernos son las únicas entidades que pueden evitar el final de los peces. Por un lado, una vez liberados de su lealtad al entramado pesquero industrial, son quienes cuentan con la infraestructura de investigación capaz de administrar las pesquerías con prudencia. Por otro lado, son ellos quienes proporcionan los miles de millones de dólares o euros en ayudas anuales que permiten que las pesquerías persistan a pesar de la pésima economía de la industria. La reducción de estas ayudas permitiría reconstruir las poblaciones de peces, y casi todos los científicos pesqueros están de acuerdo en que deben ser eliminados los miles de millones de euros en ayudas dañinas que aumentan la capacidad de pesca. Finalmente, sólo los gobiernos pueden zonificar el ambiente marino, identificando ciertas áreas donde se tolerará la pesca y otras donde no. De hecho, todos los países marítimos tendrán que regular sus zonas económicas exclusivas (las áreas límite de 200 millas establecidas por el Tratado de la Ley del Mar de Naciones Unidas dentro del cual un país tiene el derecho exclusivo de pescar). Estados Unidos tiene la zona económica exclusiva más grande del mundo y ha dado los primeros pasos importantes en la protección de sus recursos, especialmente en las islas del noroeste de Hawai. Crear áreas sin pesca dentro de las cuales las poblaciones de peces puedan regenerarse es la única oportunidad que tenemos para reparar el daño que se les ha hecho.

No hay necesidad para un final de los peces, ni tampoco de la pesca. Pero existe una necesidad urgente de que los gobiernos se liberen del entramado pesquero industrial y su esquema Ponzi, para dejar de subvencionar a la industria pesquera y de otorgarle derechos de pesca, cuando de hecho debería ser ellos quienes pagaran por el privilegio de pescar. Si podemos hacer esto, entonces tendremos peces para siempre.

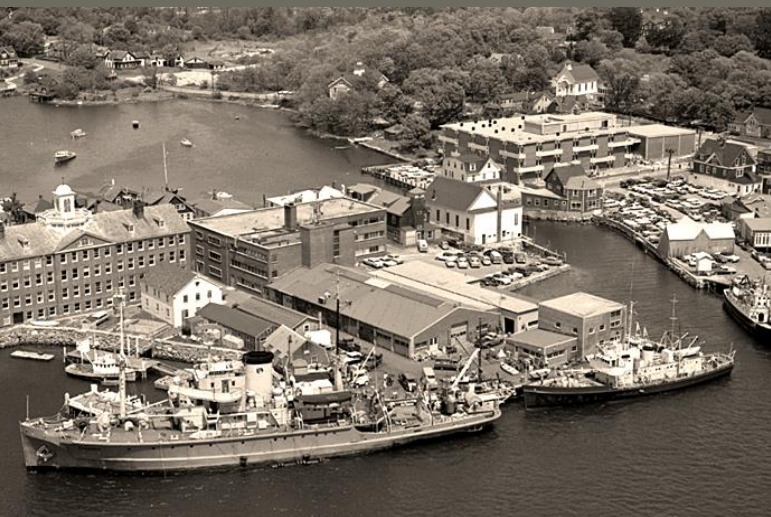
** Este artículo fue publicado en la revista New Republic el 28 de septiembre de 2009, pero los comentarios que en él se hacen están desgraciadamente vigentes en la actualidad, y por ello lo hemos traducido y reeditamos en Okeanos.*

Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI)

Efemérides

Amir Cruz Makki

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos. Islas Canarias.



El puerto de Wood Hole, en 1965, frente a las instalaciones del Northeast Fisheries Science Center (Centro Nororiental de Ciencias Pesqueras) perteneciente a la Administración Nacional para el Océano y la Atmósfera (NOAA). Detrás, a la derecha, se observa el Marine Biological Laboratory y a la derecha las primeras instalaciones donde se alojó el WHOI (Foto sacada de Woods Hole Oceanographic Institution).



Primer laboratorio del Wood Hole Oceanographic Institution en 1931 (Extraído de WHOI)



Sumergible Alvin en el sistema de remolque a bordo (Extraído de WHOI).



Velero Atlantis en 1955. (Foto sacada de Woods Hole Oceanographic Institution).

En el marco de unas reuniones entre Frank R. Lillie (director del Laboratorio Biológico Marino) y Wickliffe Rose (presidente de la Junta General Educativa de la Fundación Rockefeller) se crea, en 1927 y tras 7 años de trabajo, un comité de oceanografía de la Academia Nacional de Ciencias, a fin de que EE.UU. participe en un programa mundial de investigación oceanográfica. Ese comité liderado por Lillie, puso de manifiesto la importancia de la oceanografía en la Costa Este de EE.UU. y la necesidad de una ubicación para su estudio en dicho emplazamiento.

Es en 1930 cuando, en el pequeño pueblo de Woods Hole (Massachusetts), se crea el Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI), incluido en el Laboratorio Biológico Marino (Marine Biological Laboratory -MBL) y en el Servicio Nacional Marino Pesquero (MFC, NOAA), siendo el secretario de este comité y miembro de la Universidad de Harvard, Henry Bryant Bigelow, que se convertiría, posteriormente, en el primer director del WHOI. Para la elección del sitio se tuvo en cuenta la presencia de una comunidad científica en la zona, bibliotecas y un pequeño, pero profundo puerto, que sirve de atraque para las embarcaciones oceanográficas.

La Fundación Rockefeller dona un total de 2,5 millones de dólares con los que, el WHOI, compra el Atlantis, su velero insignia. Inicialmente investigaban en los meses de verano recolectando muestras de plancton, realizando estudios bacteriológicos del sedimento y medidas oceanográficas. No obstante, con el comienzo de la Segunda Guerra Mundial y, posteriormente, la Guerra Fría, el WHOI es continuamente consultado por la Marina de los Estados Unidos e incluso financia proyectos de investigación de ahorro de combustible y de acústica. La Marina se centra en estudios realizados desde embarcaciones y en vehículos subacuáticos, llegando a donarles un sumergible que llamarán Alvin, que participó en la localización y inspección del pecio del Titanic.

Actualmente el Instituto Oceanográfico Woods Hole centra su labor en tres áreas principales: investigación, innovación técnica y educación, siendo ésta una parte fundamental del WHOI. Poseen programas de estudios de grados y doctorados además de cursos para estudiantes universitarios. Está avalado por instituciones académicas como el MIT y la Universidad de Tokio, agencias estadounidenses (NOAA; NASA) y organizaciones no gubernamentales como el Instituto Smithsonian, entre muchas otras.

Bibliografía

<http://www.whoi.edu/main/history-legacy>

<http://www.whoi.edu/main/partners-sponsors>



Materiales de origen biológico para la eliminación de metales tóxicos en disolución: el caso de las macroalgas marinas

Pablo Lodeiro

GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel
Wischhofstraße 1-3, 24148 Kiel (Alemania)

Bioadsorción

La acumulación de contaminantes (metales pesados, compuestos orgánicos o aniones) mediante una acumulación de forma pasiva, es decir, sin mediación del metabolismo, que tiene lugar en materiales muertos de origen biológico, recibe el nombre de bioadsorción¹. Es conveniente no confundir el término bioadsorción con el de bioacumulación o bioremediación, que son procesos activos que tiene lugar en organismos vivos y que requieren la participación de su metabolismo. El uso de biomasa muerta presenta numerosas ventajas: no existen problemas relacionados con la toxicidad del contaminante; no se requieren nutrientes para alimentar a la biomasa; la adsorción es a menudo mucho más rápida (tiene lugar principalmente en la pared celular sin implicar un transporte activo al interior de la célula); y por otra parte, la recuperación del contaminante retenido es

más sencilla y no destructiva, por lo que el material puede ser reutilizado. A lo largo de las últimas décadas diferentes tecnologías de bajo coste para el tratamiento de aguas residuales, como la bioadsorción, han experimentado un gran desarrollo. La bioadsorción puede competir o complementarse con técnicas y/o materiales convencionales, tales como las resinas de intercambio iónico o el carbón activo, mucho más desfavorables desde el punto de vista económico, y con otras (precipitación, electrolisis, etc.) no tan eficaces a concentraciones bajas de metal. Los bioadsorbentes se obtienen a partir de todo tipo de sustancias de origen biológico. Normalmente se suelen emplear materiales abundantes en la naturaleza, o bien subproductos de deshecho de cierto tipo de industrias, que requieren pocos o ningún tratamiento, elegidos por su alta capacidad de adsorción y por su bajo coste^{2,3}.

La eficacia de estos biomateriales, en cuanto a capacidad de adsorción, depende en gran medida de los grupos activos donde se produzca el enlace o



Lodeiro *Sargassum_muticum*



Lodeiro *Sachoriza_polyschides*

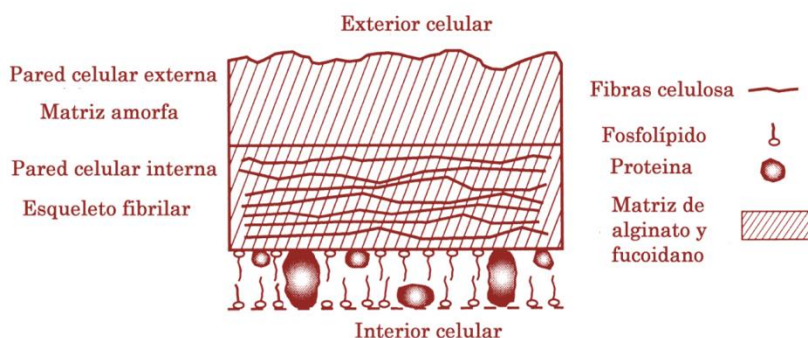


Figura 1. Estructura de la pared celular de una alga parda.

complejación del contaminante: depende de su número, accesibilidad, su estado químico (disponibilidad) y de la afinidad entre dicho sitio activo y la sustancia a eliminar. Los grupos químicos responsables de la eliminación de contaminantes son de muy diversos tipos dependiendo del bioadsorbente; así por ejemplo, se usan materiales como:

- Sustancias ricas en taninos como las cortezas de árboles, el té, café, el serrín, o las cáscaras de algunos frutos secos, entre otros, cuyos sitios responsables de la adsorción son principalmente grupos polihidroxílicos y polifenólicos.
- Conchas de cangrejos y otros artrópodos, las cuales tienen un alto contenido en quitina, un aminopolisacárido muy abundantes en la naturaleza.
- Diversos tipos de plantas como los helechos o la caña de azúcar (su residuo de fermentación) y la turba, cuyos grupos químicos activos responsables de la adsorción son los que forman parte de la lignina (aldehídos, cetonas, fenoles, hidróxidos, etc.)

→ Hongos y levaduras, obtenidos en abundancia de productos de deshecho industriales; su pared celular se encuentra constituida por polisacáridos y fibras de quitina, donde quedan retenidos los contaminantes.

→ Algas, con una elevada capacidad de adsorción atribuida a los grupos ácido presentes en su pared celular.

Las algas marinas como bioadsorbentes

De entre los materiales de origen biológico destacan las macroalgas marinas, y dentro de ellas, las algas pardas, debido principalmente a su gran capacidad de adsorción de metales⁴. Además, las algas marinas presentan una gran abundancia, disponibilidad y bajo coste. En muchas ocasiones, ciertas especies de macroalgas (por ejemplo el *Sargassum muticum*) actúan como agentes invasores en un determinado medio, provocando cuantiosos daños debido a su proliferación descontrolada. Estas especies invasoras afectan tanto al medio ambiente (desplazamiento de especies autóct-

tonas, fenómenos de eutrofización, etc.), como al ser humano (bloqueo de hélices y redes en embarcaciones, daños en cultivos marinos e invasión de las playas); es, por lo tanto, de gran importancia buscar una salida comercial viable para este tipo de algas.

Las macroalgas también destacan por su gran rigidez estructural, lo cual permite su uso en forma nativa (sin tratamientos previos) y su amplia capacidad de adsorción de metales (por su elevado contenido de biopolímeros), mucho mayor que otros tipos de biomasa, que el carbón activado e incluso comparables a los obtenidos con resinas de intercambio iónico. La eliminación de contaminantes usando macroalgas se atribuye a la estructura de su pared celular. Esta suele estar compuesta al menos por dos capas; la más interna consiste en un esqueleto microfibrilar de celulosa, que aporta rigidez y está contenido en una capa exterior, formada por una matriz amorfa que lo envuelve (Fig. 1). La celulosa suele constituir en torno al 5 % del peso seco de las algas pardas, aunque apenas presenta propiedades como adsorbente para metales. Sin embargo, la pared celular de las macroalgas presenta un elevado contenido en polisacáridos (fucoidanos y alginatos) con grupos funcionales ácidos activos, que son los principales responsables de las propiedades de adsorción; además, su elevada porosidad las hace fácilmente permeables a especies iónicas de pequeño tamaño (por ejemplo metales). Concretamente, los grupos químicos responsables de la adsorción de contaminantes son, principalmente, los grupos carboxilato ($R-COO^-$) pertenecientes a los ácidos urónicos (manurónico y gulurónico) que forman los alginatos, y los grupos sulfonato ($R-SO_3^-$) de los monómeros fucoidanos (Fig. 2). Normalmente, son los alginatos, que representan entre un 15-40% del peso seco de las algas pardas, los que más contribuyen al enlace de metales. Los grupos hidroxilo ($-OH$) también están presentes en todos estos polisacáridos, sin embargo, su implicación en la adsorción de contaminantes es más limitada, como se explicará a continuación.

¿Cómo funciona?

La bioadsorción de metales por macroalgas suele ser debida principalmente a dos procesos: el intercambio iónico, que se da cuando la carga de los iones retenidos iguala a la de los iones que salen del bioadsorbente, y los fenómenos de adsorción en general, que describen la unión del metal a la superficie del bioadsorbente. Ambos procesos están basados en fenómenos de tipo químico, en los cuales la retención del metal en la biomasa tiene lugar mediante enlaces químicos (formación de complejos, compuestos co-

ordinados o quelatos), o bien de tipo físico, que depende estrictamente de fuerzas superficiales de tipo físico (por ejemplo de Van der Waals); aparte de estos, son posibles procesos de microprecipitación o también reacciones de oxidación-reducción.

La adsorción de metales por alginatos presenta propiedades de intercambio iónico conocidas desde hace más de cuarenta años. Por este motivo, y debido a su gran abundancia en las algas pardas, es de esperar que el intercambio iónico sea uno de los mecanismos predominantes en procesos de descontaminación en disoluciones acuosas. Sin embargo, la complejidad química de las algas hace que sea una suma de distintos mecanismos lo que explique su elevada capacidad para retener de forma pasiva ciertos contaminantes.

La propiedades ácido-base de los grupos presentes en las macroalgas son fundamentales para entender su capacidad para retener metales. Así por ejemplo, los grupos carboxilato del ácido alginico presentan un valor de pK (el logaritmo negativo de su constante de equilibrio para el enlace de protones) en torno a 3-4. Esto significa que para valores de pH mayores de 3-4, estos grupos presentarán una carga negativa con la que atraen y enlazan metales tóxicos, que en disolución, presentan una carga positiva (Pb^{+2} , Cd^{+2} , Cu^{+2} , etc.). Otros metales pueden aparecer en disolución en forma de aniones; por ejemplo el $Cr(VI)$, un conocido carcinógeno, que forma la especie $HCrO_4^-$ entre pH 1-6. De este modo, se favorecerá su retención cuando los grupos químicos estén enlazados a protones ($pH < 3-4$) y no presenten carga negativa; en este caso en concreto, la retención de $Cr(VI)$ viene seguida de una reducción química a $Cr(III)$, una especie no tóxica. Los grupo hidroxilo, por el contrario, solamente aparecen cargados a valores de $pH > 10$, por lo que tienen poca contribución en la adsorción de contaminantes que presenten una carga positiva en disolución a valores de pH más bajos, como es el caso de la mayoría de los metales. Sin embargo, estos grupos pueden actuar cediendo electrones, lo que produce la reducción química de determinados contaminantes como el $Cr(VI)$ o Hg . De este modo, se evidencia que el pH o la presencia de otras sustancias que compitan por los sitios de enlace en la disolución que contiene el contaminante, afectan de manera significativa a la bioadsorción por algas marinas.

Otro aspecto a destacar es la rapidez con la que la biomasa de algas es capaz de retener metales en disolución. En la mayoría de los casos el grueso de la retención ocurre en los primeros minutos de contacto, mientras que suele ser necesario menos de una hora para completar el proceso.

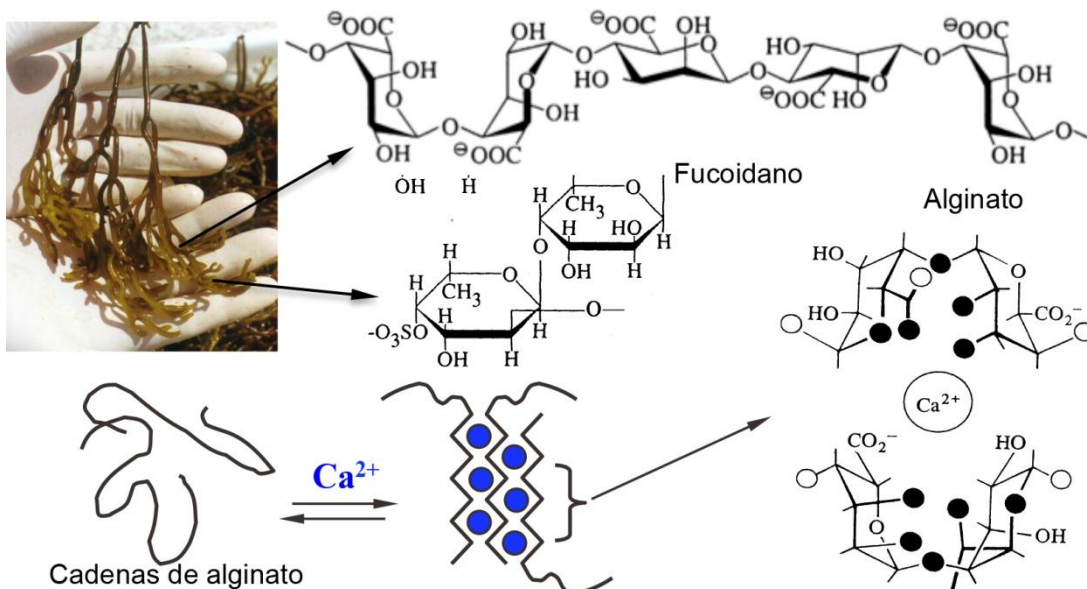


Figura 2. En la imagen se muestra el alga *Bifurcaria bifurcata* como ejemplo de un alga parda, así como la estructura química de los principales grupos, fucoidanos y alginatos, presentes en su pared celular. También se muestra la reorganización que experimentan las cadenas de alginato en presencia de metales de un tamaño similar al calcio.

riaceae. El número máximo de grupos químicos que potencialmente podrían participar en la bioadsorción de contaminantes varía en un rango de 2-3 milimoles por gramo de alga. Existen numerosos ejemplos en la bibliografía del uso de macroalgas para la eliminación de metales usando espe-

cies como por ejemplo: *Sargassum muticum*, *Cystoseira baccata*, *Fucus vesiculosus*, *Fucus spiralis*, *Bifurcaria bifurcata*, *Saccorhiza polyschides*, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria ochroleuca* o *Pelvetia canaliculata*, entre muchas otras. Su eficacia para la eliminación de Pb, Cd, Cu, Hg, Cr, Ni o Zn varía en un rango de 0.8 a 2 milimoles de metal retenido por gramo de alga^{5,6,7}.

El desarrollo de una tecnología adecuada para la eliminación de contaminantes empleando materiales de origen biológico, requiere un gran conocimiento del fenómeno en cuestión; esto implica la realización de un trabajo multidisciplinar, en el que participan áreas como la química, biología e ingeniería, principalmente. Existen a día de hoy más de 30 patentes a nivel mundial relacionadas con procesos de bioadsorción; sin embargo, sólo unas pocas compañías han logrado comercializar bioadsorbentes basados en algas, entre las que destaca BV Sorbex, Inc. (Canadá).



Aplicación

Desde el punto de vista de la bioadsorción son importantes las algas del orden de las Laminariales y el de las Fucales, al que pertenecen la familia de las Sargassaceae, Cystoseiraceae, Fucaceae y Lamina-

Bibliografía

- (1) Volesky, B. 2003. Sorption and biosorption, BV Sorbex.
- (29) Abdolali, A., Guo, W.S., Ngo, H.H., Chen, S.S., Nguyen, N.C., Tung, K.L. 2014. Bioresource Technology, 160:57-66.
- (3) Michalak, I., Chojnacka, K., Witek-Krowiak, A. 2013. Applied Biochemistry and Biotechnology, 170:1389-1416.
- (4) Davis, T.A., Volesky, B., Mucci, A. 2003. Water Research, 37:4311-4330.
- (5) Herrero, R., Lodeiro, P., Garcia-Casal, L.J., Vilarino, T., Rey-Castro, C. David, C., Rodríguez, P. 2011. Bioresource Technology, 102:2990-2997.
- (6) Lodeiro, P., Cordero, B., Barriada, J.L., Herrero, R., Sastre de Vicente, M.E. 2005. Bioresource Technology, 96:1796-1803.
- (7) Carro, L., Barriada, J.L., Herrero, R., Sastre de Vicente, M.E. 2011. Journal of Hazardous Materials 192:284-291.

Canarias y el Cambio Climático



Aridane G. González, Juan F. Betancort, Yeray Pérez, Amir Cruz, Leopoldo O'shanahan, Miriam Torres, David Jiménez, Teresa Carreiro, Vicente Benítez y José J. Castro

La Sociedad Atlántica de Oceanógrafos (SAO) ha puesto en marcha el FORO OCÉANOS 2017: CANARIAS ANTE EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL OCÉANO, cuya primera fase se ha celebrado los días 5 y 6 de Septiembre de 2017, con la colaboración de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Obra Social la Caixa y la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias a través del proyecto MIMAR (MAC 2014-2020 de cooperación territorial, Interreg). Este es un foro abierto en el tiempo, para que participen todos los agentes sociales que puedan tomar acciones y compromisos reales y a escala local, para aumentar la resiliencia de los ecosistemas marinos frente al impacto que tendrá el cambio climático, por ello, participan personas, organizaciones, asociaciones, empresas e instituciones.

Durante el desarrollo del Foro Océanos (septiembre 2017) se trabajó en cinco mesas técnicas: Contaminación Marina, Pesca y Acuicultura, Biodiversidad, Gestión del Medio Litoral, Educación e I+D+i y Gobernanza. Dentro de cada mesa técnica se acordaron una serie de horizontes o líneas de actuación a poner en marcha, acorde a las capacidades y posibilidades de cada uno de los actores implicados, y en el ámbito geográfico, económico y humano en el que se desarrolla la actividad de cada uno de ellos. Estas están orientadas a posibilitar la recuperación de los sistemas ecológicos marinos de la Región Atlántica en la que se ubican las Islas Canarias, así como a apoyar y promover todas aquellas estrategias que se orienten a la sostenibilidad de su actividad social y económica. El objetivo es minimizar los impactos sobre el medio natural marino y terrestre. Estos compromisos individuales serán ratificados y firmados por todos los agentes que quieran adherirse al Foro Océanos.

Cada compromiso será publicado, al igual que toda la información del Foro Océanos, en la web www.foroceanos.org.

¿Quiénes participan en Foro Océanos y cómo será su funcionamiento en el futuro?

El Foro Océanos tiene como objetivo primordial ser la mesa de debate, el centro de análisis y discusión de todos los temas que estén frenando la capacidad de resiliencia de nuestros mares. El objetivo es buscar compromisos voluntarios a pequeña escala que, sumando todos los esfuerzos, lleguen a hacer de Canarias un ejemplo internacional de medidas en este sentido.

En el Foro Océanos puede participar cualquier persona, asociación, grupo, colectivo, empresa, institución (pública y/o privada). Cada uno, en la medida de sus posibilidades, podrá adoptar aquellos compromisos que puedan ser llevados a cabo de forma eficiente y a escala local.

Compromisos adquiridos

En esta primera reunión hemos logrado establecer las líneas base para, en estos meses, realizar en detalle los diversos compromisos que a su vez, serán siempre dinámicos, para que pueda ser actualizado, mejorado o incluso añadir nuevos retos propuestos por los participantes.

Entre las casi 70 acciones propuestas (www.foroceanos.org), destacamos los horizontes más relevantes a desarrollar, detallados por mesas técnicas: Mesa Técnica de Contaminación

1- Instruir a la sociedad a partir de la información técnica y científica disponible sobre la importancia y utilidad del uso de aguas regeneradas. Esta campaña informativa debe ser puesta en marcha a lo largo de 2018.



- 2- Instar a los ayuntamientos a conectar a la red de saneamiento a aquellos núcleos de población que lo necesiten en función de los costes y del tipo de depuración seleccionada. Este objetivo debe ser alcanzado antes de finales de 2020.
- 3- Instar a los ayuntamientos, cabildos y Gobierno de Canarias a alcanzar la meta de Vertidos Cero. Este objetivo debe ser alcanzado antes de 2022
- 4- Instar a los ayuntamientos, cabildos y Gobierno de Canarias a alcanzar la meta de Plástico Cero mediante el sistema de retorno de envases (e.g. Programa Retorna). Este objetivo debe ser alcanzado antes de finales de 2020.
- 5- Promover e incentivar la no utilización de plásticos (e.g. bolsas y bandejas) en tiendas y grandes superficies comerciales, al igual que su recogida. Esta meta debe ser alcanzada antes de finales de 2018.

Mesa Técnica de Pesca y Acuicultura

- 1- Establecer tallas mínimas para todas las especies objeto de explotación pesquera en Canaria en base a datos científicos. Este compromiso debe ser alcanzado antes de mediados de 2018.
- 2- Establecer paros biológicos para cada una de las especies durante los 15 días coincidentes con los picos reproductivos de las mismas (ver anexo). Estos paros deberían estar establecidos antes de 2019.
- 3- Instar a los ayuntamientos y cabildos insulares a establecer puntos limpios en los puertos de modo que se facilite el reciclaje y la recogida de basuras procedentes del mar o de la actividad pesquera, o un punto limpio móvil que facilite la acción de reciclado por parte de los pescadores. Este compromiso debe ser alcanzado antes de finales de 2018.

- 4- El compromiso por parte de los pescadores profesionales y recreativos de no tirar basura al mar e incluso recoger la basura que puedan encontrar durante el desarrollo de su actividad en el mar. Este compromiso debe ser alcanzado antes de 2018.

Mesa Técnica de Biodiversidad

- 1- Instar al Gobierno de Canaria a hacer uso de los Protocolos de actuación y de Alerta temprana existentes ante las diferentes adversidades como las floraciones masivas de algas o presencia de especies invasoras. Estos protocolos deben estar operativos desde finales de 2017.
- 2- Instar al Gobierno de Canarias a impulsar un cambio legislativo. Inclusión de especies en el Catálogo de especies protegidas y regulación de actividades (Gobierno de Canarias). Esta regulación debería estar disponible antes de 2020.
- 3- Creación, por parte del Gobierno de Canarias y cabildos insulares, de diferentes paneles informativos a colocar en zonas sensibles para las diferentes especies amenazadas o vulnerables que se encuentran en nuestras aguas. Esta señalización debería estar disponible antes de finales de 2018.
- 4- Instar al Gobierno de Canarias a crear nuevos espacios protegidos, a modo de refugios climáticos, en zonas claves para las especies marinas más sensibles.
- 5- Instar al Gobierno de Canarias y al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Medio Ambiente a establecer un nuevo modelo de gobernanza del mar, haciendo un mayor esfuerzo en el cambio legislativo, aprovechando el marco que puede generar la nueva normativa de Planificación Espacial Marina u otra ad hoc., e incrementar su seguimiento para alcanzar los objetivos propuestos. Este nuevo modelo de gobernanza debería estar acordado, consensuado y establecido para 2021.

FORO

CÉANOS

CANARIAS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO



Mesa Técnica de Gestión del Medio Litoral

- 1- Desarrollar una planificación de Gestión Integral de las Zonas Costeras cuyas directrices tengan una vigencia temporal mínima de 30 años, dónde se definan objetivos específicos, niveles de competencia y estrategias de cooperación obligatoria entre administraciones y agentes sociales. La sostenibilidad debe plantearse a largo plazo y ello debe estar implementado de manera independiente a la formación o formaciones políticas que estén gobernando. Todos los proyectos o programas de obras a desarrollar en la franja costera, establecidos a través de convenios de financiación entre administraciones públicas, deben estar sometidos a compromisos de sostenibilidad. Esta política de planificación debe estar elaborada y consensuada antes de 2020.
- 2- Establecer un inventario de los impactos previsibles del Cambio Climático en los sectores costeros (recursos hídricos, biodiversidad y ecosistemas, urbanismo e infraestructuras, agropecuario y turismo) así como medidas paliativas (refuerzo de defensas costeras, adaptación de las infraestructuras a vientos más intensos y/o subida del nivel del mar, olas de calor, etc.). Elaborar un plan de seguimiento de los impactos. Todo ello debería estar incluido en la Estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española (MAPAMA, 2016). Este inventario debería estar disponible antes de 2019.

Mesa Técnica de Educación e I+D+i

- 1- Formar al profesorado y/o ofrecer conferencias con expertos (cursos presenciales, online, conferencias).
- 2- Revisar los recursos didácticos existentes y desarrollar nuevos recursos en torno al medio litoral y oceánico.
- 3- Fomentar proyectos de investigación y/o proyectos de educación ambiental relacionados con el medio marino.

Investigación científica y retos locales para un impacto global

Germana Foscale

Investigadora independiente, Islas Canarias, España

Las Jornadas de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos (SAO), organizadas del 14 al 16 de noviembre de 2017 en el Museo Elder en Las Palmas de Gran Canaria, reunieron a varios especialistas para presentar las investigaciones que se están llevando a cabo en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) sobre temas relacionados con el medio ambiente y los océanos, incluyendo el vulcanismo, la biodiversidad y la conservación del medio marino. También se presentaron los compromisos alcanzados el pasado mes de septiembre en el marco del Foro Océanos, cuyo objetivo es frenar el impacto del cambio climático en Canarias a través de acciones locales.

Vulcanología en Canarias y lecciones aprendidas de la erupción submarina de El Hierro

La primera ponencia, que estuvo a cargo del Prof. Francisco José Pérez Torrado, Catedrático de la ULPGC y miembro del grupo de investigación "Geología de Terrenos Volcánicos" (GEOVOL), trató de la erupción submarina de El Hierro (2011-12) y su encaje en el modelo evolutivo de Canarias. Un recorrido por la historia de la formación del supercontinente Pangea hace 250 millones de años y su evolución, ponen de manifiesto que las Islas Canarias representan una verdadera anomalía sísmica, siendo islas volcánicas intraplacas situadas en la corteza oceánica más vieja, de unos 180 millones de años. Dicha corteza es relativamente fría y gruesa, lo que garantiza las condiciones necesarias para soportar el peso de las islas evitando, por tanto, su hundimiento, situación muy diferente respecto a la que podemos encontrar, por ejemplo, en Hawái, cuyo archipiélago está situado sobre una corteza mucho más joven, de unos 60 millones de años. Las islas Hawái, donde la litosfera oceánica está perforada por un punto caliente, son mucho más jóvenes respecto a las Islas Canarias, ya



que tienen una antigüedad de menos de 5 millones de años. En el archipiélago canario, las islas más antiguas son Lanzarote y Fuerteventura, con 20,2 millones de años y, de un punto de vista geológico, representan una superestructura volcánica separada de las otras islas. Las demás islas, hacia el oeste, tienen una orografía más abrupta, clara indicación de una evolución geológica más reciente respecto a las islas orientales.

La charla incluyó una descripción de los acontecimientos que tuvieron lugar de octubre de 2011 a marzo de 2012, durante la erupción y formación del volcán submarino Tagoro¹. En opinión del Dr. Pérez-Torrado, las deficiencias en la gestión de la crisis volcánica por parte de las autoridades responsables de la seguridad ciudadana y la llegada tardía del buque oceanográfico Ramón Margalef del Instituto



Figura 2 - Nota de la presentación sobre los tiempos de descomposición de los plásticos más comunes.

Figura 1 - Objetivos de desarrollo sostenible - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD/UNDP). Fuente: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Español de Oceanografía (IEO), desde Vigo, no permitió la realización de un seguimiento científico adecuado de la evolución de la erupción.

Los datos disponibles sobre la provincia volcánica canaria, gracias a los estudios realizados por un gran número de vulcanólogos internacionales que pasaron por las islas, como el británico Charles Lyell en el siglo XVIII, han puesto de manifiesto desde hace mucho tiempo que el 90% de las erupciones volcánicas son submarinas, con riesgos mínimos para la población.

Hoy en día, resulta imprescindible cambiar la manera de ver los volcanes canarios y diseñar estrategias de actuación, en caso de futuras erupciones, diferentes a las llevadas en El Hierro al ser impensable evacuar a toda la población de una gran ciudad. Los volcanes deberían ser vistos como aliados para así poder resaltar las ventajas que pueden ofrecer. De hecho, los volcanes podrían ser un atractivo turístico para Canarias (el segundo archipiélago mejor estudiado de un punto de vista geológico después del archipiélago de Hawái), creando centros de interpretación vulcanológicos y apostando por el desarrollo de proyectos geoturísticos acertados.

FORO OCÉANOS 2017: un compromiso local y real para amortiguar los efectos del cambio climático en Canarias

Aridane González, Investigador postdoctoral del grupo QUIMA-IOCAG, habló del “Foro Océanos: Canarias frente al impacto del Cambio Climático en el Océano”, celebrado en Las Palmas de Gran Canaria los días 5 y 6 de septiembre de 2017.

En su ponencia, el Dr. González reiteró el objetivo principal del Foro Océanos: lograr un compromiso por parte de los actores involucrados para poner en marcha iniciativas locales que contribuyan a

aumentar la resiliencia de los ecosistemas marinos y frenar el impacto del cambio climático, siguiendo el lema “piensa global, actúa local”. Este foro se conformó en torno a cinco mesas técnicas: Contaminación, Pesca y Acuicultura, Biodiversidad, Gestión del Medio Litoral, Educación e I+D+i. Estas estrategias locales se enmarcan dentro de un contexto global, como los objetivos de desarrollo sostenible (Fig. 1), promovidos por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD/UNDP).

Hay que subrayar que los objetivos locales y globales están estrechamente entrelazados, ya que todos los océanos y las regiones del mundo están conectados a través de la gran cinta transportadora oceánica, la circulación termohalina (CTH). La contaminación marina sigue aumentando y los datos más recientes de la Agencia Europea de Medio Ambiente sobre los vertidos y residuos en Canarias ponen de manifiesto una situación muy preocupante: el mar sigue siendo un vertedero.

La elevada contaminación de los océanos por los plásticos es otro grave problema ya que tardan mucho tiempo en descomponerse (Fig. 2). A nivel mundial, se producen unas 20.000 botellas de plástico por segundo y sólo el 7% se recicló en 2016. Recientemente, países como Marruecos o Kenia han prohibido la utilización de las bolsas de plásticos e iniciativas de este tipo tienen que ser adoptadas en el resto del planeta. Un artículo de Lebreton y colaboradores², en 2017, muestra un mapa global de las zonas más afectadas por la concentración de plástico que llega a los océanos provenientes de los ríos (Fig. 3). De no cambiar esta tendencia, en 2050 habrá más plástico que peces en el océano.

Contaminación

Plásticos: ¿cuánto tiempo tardan en descomponerse?

HILO DE PESCA	± 600 años
BOTELLA	± 500 años
CUBIERTOS	± 400 años
MECHERO	100 años
VASO	65- 75 años
BOLSA	55 años
SUELA DE ZAPATO	10- 20 años
COLILLA	1- 5 años
GLOBO	6 meses



El sistema de carbono en regiones costeras

Maite Báez Hernández, investigadora en formación y miembro del *Grupo de Investigación de Química Marina* del Instituto de Oceanografía y Cambio Global (QUIMA-IOCAG) de la ULPGC, habló del sistema de carbono en regiones costeras y de la necesidad de conocerlo para entender la acidificación oceánica (Recuadro 1) y lo que ocurre en las regiones costeras como consecuencia del impacto de los procesos antropogénicos. Es asimismo importante analizar qué repercusiones tiene la acidificación en los organismos oceánicos.

Con el aumento de los niveles de dióxido de carbono (CO_2) atmosférico como consecuencia de las actividades humanas, aumenta la acidez del océano y disminuye su capacidad de absorción del CO_2 . Han sido observados efectos adversos en muchos organismos calcáreos marinos, que tienen una menor capacidad de formar y mantener conchas y esqueletos de carbonato cálcico (CaCO_3). Estos cambios químicos dificultan también el crecimiento de los arrecifes coralinos, muchos de los cuales son de aragonito, que es más soluble. Aunque ciertas observaciones indican que algunos organismos toleran la acidificación o que pueden llegar a proliferar con ella, como algunos equinodermos o crustáceos, la pérdida de arrecifes coralinos afectará a ecosistemas completos, con consecuencias para la biodiversidad, la pesca y la protección de las costas.

El océano es el mayor sumidero de CO_2 , ya que absorbe alrededor del 25-30% de las emisiones anuales derivadas de las actividades humanas. Las regiones costeras juegan un papel importante en la dinámica del carbono, sobre todo en una zona de afloramiento donde las aguas profundas, y más ácidas, ascienden de forma natural hacia la superficie, transfiriendo nutrientes y carbono inorgánico disuelto. Los nutrientes estimulan el crecimiento del fitoplancton, mientras que el CO_2 disminuye el estado de saturación del CaCO_3 (Ω) de las aguas costeras, aumentando asimismo la vulnerabilidad de los organismos marinos calcificadores de estas zonas.

RECUADRO 1

El pH y la acidificación del océano

Escala de pH: mide la acidez de las soluciones acuosas. Los valores del pH inferiores a 7 indican acidez y los superiores, basicidad. Disminuir el pH en una unidad representa multiplicar por 10 la acidez. El pH medio de las aguas superficiales de los océanos se ha reducido alrededor de 0,1 unidades, de 8,2 a 8,1, desde el inicio de la revolución industrial, lo que corresponde a un aumento del 26% de su acidez³.

Acidificación del océano: disminución del pH del océano durante un período prolongado, normalmente decenios o períodos más largos, causado primordialmente por la incorporación de dióxido de carbono de la atmósfera, pero también por otras adiciones químicas o sustracciones del océano. La acidificación del océano antropogénica hace referencia a la proporción de la disminución del pH causada por la actividad humana⁴.

El estudio del sistema de carbono en Canarias se realiza en base a un muestreo regular a través de los sensores de la Estación Europea de Series Temporales Oceánicas de Canarias (ESTOC), situada a unos 100 km al norte de Gran Canaria y a una profundidad de 3.600 m. Según diversos estudios realizados en la zona, como el del Dr. González-Dávila, se ha producido un aumento del CO_2 y una disminución del pH en el período 1996-2014⁵.

Investigando con medusas, otro gran enigma del océano

Vanessa Romero Kutzner y Daniel Bondyale Juez, investigadores en formación y miembros del Grupo de Ecofisiología de Organismos Marinos (EOMAR) del Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos de la ULPGC, explicaron los avances en la investigación sobre el metabolismo de las medusas. El cuerpo de la medusa está formado en un 95% de agua y algunas especies pueden alcanzar tamaños de hasta 2 m de diámetro y 200 kg. Pueden vivir en zonas con baja concentración de oxígeno y a 3.000 m de profundidad.

Varios factores contribuyen a la proliferación de las medusas en las últimas décadas, como el aumento de la temperatura del agua del mar, la disminución de los depredadores debido a la sobrepesca y el aumento de nutrientes por la contaminación de las costas. Las medusas pueden ser utilizadas en alimentación, farmacopea, cosmética, investigación y acuariofilia.

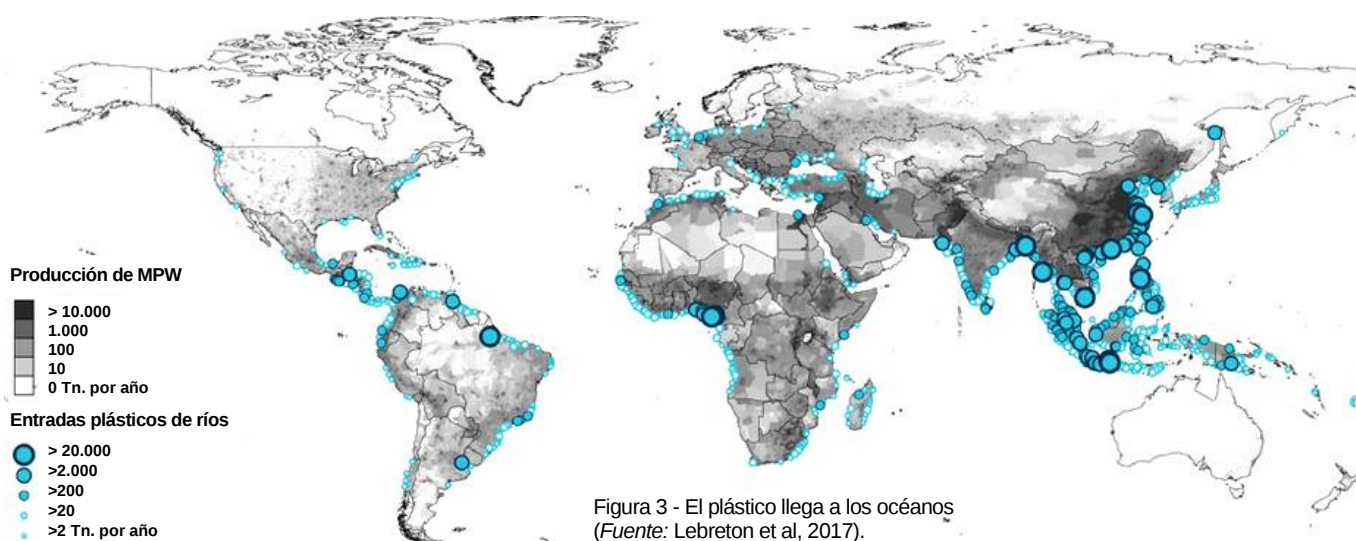


Figura 3 - El plástico llega a los océanos
(Fuente: Lebreton et al, 2017).

La investigación llevada a cabo en la ULPGC incluye varios proyectos y colaboraciones, como los experimentos conjuntos con el Loro Parque de Tenerife, en el marco de la exhibición “Agua Viva”, donde se midió la respiración de algunas de sus especies. Además, se lograron avances en el cultivo de *Aurelia aurita* y en el mantenimiento de *Pelagia noctiluca*.

Las investigaciones sobre la respiración de las medusas, como en el marco del Proyecto MERMAC (Metabolismo Respiratorio de Medusas en Aguas de Canarias), tienen como objetivo estudiar el funcionamiento de su sistema respiratorio para así poder compararlo con otros organismos, observar la adaptación de la medusa a los cambios del medio, así como su capacidad para sobrevivir a condiciones adversas. Otras preguntas clave son el estudio de los efectos de los contaminantes, de la falta de alimento y del aumento de la temperatura y de la acidificación oceánica sobre estos animales.

Herramientas moleculares y biodiversidad marina

Carolina Medina Alcaraz, investigadora postdoctoral del Laboratorio BioMol del Departamento de Biología de la ULPGC, presentó las últimas técnicas y protocolos moleculares utilizados en la elaboración de inventarios y censos de biodiversidad. Utilizadas como complemento a la taxonomía clásica, son herramientas altamente fiables, rápidas, muy flexibles y asequibles económicamente, sobre todo para aquellas especies que son extremadamente similares en apariencia. Estas técnicas permiten la identificación y la rápida asignación de ejemplares a la especie correcta cuando los rasgos morfológicos de un organismo no son suficientes para su diferenciación.

El laboratorio emplea ADN extraído de peces y de muestras planctónicas para la identificación de taxones tras la observación del patrón electroforético y estas informaciones son almacenadas en la base de datos marinos BANGEN – Barcoding Marino de la Macaronesia, creada a raíz del proyecto homónimo del Programa de Cooperación Transnacional Madeira-Azores-Canarias MAC 2007-2013⁶. No hay que olvidar que en los océanos existen alrededor de 1 millón de especies eucariotas, de las que sólo unas 230.000 han sido descritas, reconocidas y clasificadas.

Además de estudiar la distribución de la variación genética entre las poblaciones, un aspecto muy importante es la aplicación de estos datos a las estrategias de conservación, manejo y trazabilidad de las especies marinas de interés comercial. La administración y la industria transformadora de productos del mar necesitan realizar controles rutinarios de las especies explotadas y estos métodos fiables, rápidos y baratos pueden garantizar la autenticidad, calidad y origen de los productos frescos y manufacturados, tanto congelados como en conserva, y así detectar posibles fraudes por la sustitución de unas especies por otras de menos valor.

Otros proyectos destacados del Laboratorio BioMol incluyen, por ejemplo, la gestión del Banco Genético Marino de la Reserva de la Biosfera de Gran Canaria (BARCODING RBGC), creado en 2015 para llevar a cabo un censo genético de la biodiversidad marina en determinadas zonas de la isla. BioMol participa además en el proyecto europeo MAC 2014-2010 MACBIOBLUE (Nuevos Productos y Proceso en el Ámbito de la Biotecnología Azul de la Macaronesia) y se centra en la determinación de

la calidad y trazabilidad de la sal y salmueras comestibles, así como en el seguimiento de la calidad de las aguas de origen y de las propias salinas. Finalmente, el proyecto ECOTOUR estudia la calidad ecológica de las aguas costeras de la Reserva de la Biosfera de Gran Canaria, a través de la detección y seguimiento por métodos moleculares de microorganismos nocivos e invasores.

Importancia de los sebales en Canarias

El profesor de la ULPGC y miembro del grupo Biodiversidad y Conservación del IU-ECOQUA, Fernando Tuya Cortés, mostró la importancia de los sebales en Canarias. Los sebales son praderas submarinas constituidas por fanerógamas marinas que, a diferencia de las algas, tienen tallo, rizoma, raíces, hojas, flores, frutos y semillas. Por su reconocido valor ecológico, constituyen un hábitat imprescindible para la salud de las costas. Asentadas sobre fondos marinos arenosos, tienen una distribución batimétrica bastante amplia (entre 2 y 35 m) y ejercen un papel protector frente a la erosión costera gracias a su función de atenuación del oleaje. Albergan una alta diversidad biológica por ser zonas de refugio, cría y alimentación de muchos organismos marinos. En los sebales de Canarias se han contabilizado 62 especies de peces, de las cuales 40 son de interés comercial. Además, los sebales actúan como sumideros de carbono reteniéndolo en el sedimento, contribuyendo por tanto a mitigar el efecto invernadero.

De las 72 especies de fanerógamas marinas reconocidas a nivel mundial, 3 están presentes en Canarias: *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii* y *Halophila decipiens*. Muchos sebales están en declive por la presión antrópica en determinadas zonas del litoral. Esta situación, evidenciada en Canarias por los análisis espacio-temporales de varios sebales realizados por equipos del IU-ECOQUA, ha impulsado la adopción de medidas para la conservación y la recuperación de estas plantas, como la *Cymodocea nodosa* (Fig. 4), denominada popularmente “seba” en Canarias y que ha sido incluida en el Listado español de Especies de Protección Especial.

Reflexionando sobre las Jornadas

Las Jornadas organizadas por la SAO son un escape del esfuerzo investigador en varios ámbitos de la ciencia y ponen de manifiesto que nos enfrentamos a retos importantes y complejos. Las características químicas de los océanos pueden estar cambiando demasiado rápido para que muchas especies o poblaciones se adapten a través de la evolución. Además, estos cambios no afectan únicamente a los

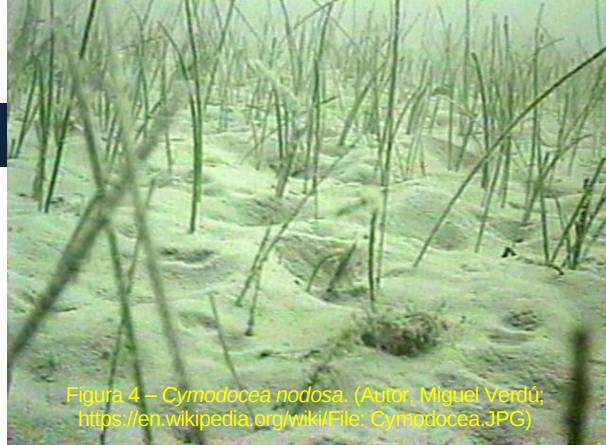


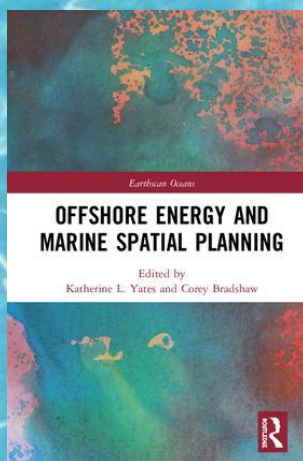
Figura 4 – *Cymodocea nodosa*. (Autor: Miguel Verdu; <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Cymodocea.JPG>)

ecosistemas oceánicos, sino también a las redes alimentarias, a la biodiversidad, a la acuicultura y, por tanto, a las sociedades de nuestro planeta. El estudio de las consecuencias del impacto de los procesos antropogénicos sobre los ecosistemas, así como sus repercusiones socioeconómicas, es fundamental a la hora de realizar un cambio de rumbo tanto a nivel local como global.

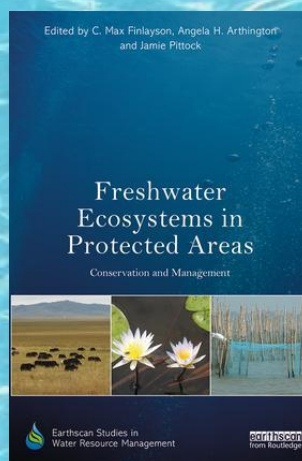
Hay que celebrar que una de las líneas de actuación en el apartado de Educación del Foro Océanos de Canarias 2017 incluya dar a conocer el fenómeno de la acidificación del océano. Constituye un ejercicio valioso que contribuye a mejorar la transmisión del conocimiento científico hacia la sociedad y se trata de una acción concreta para aumentar la concienciación de los estudiantes sobre la degradación del medio marino y la necesidad urgente de protegerlo. En este contexto, la investigación sobre los procesos físicos muy complejos que interesan el transporte de CO₂ en el océano avanza rápidamente. Necesitamos reducir las incertidumbres y buscar modelos que nos ayuden a predecir los posibles efectos a medio y largo plazo, así como extrapolar los resultados obtenidos a todo el océano. Canarias representa, en este sentido, uno de los mejores laboratorios del mundo.

Bibliografía

- (1) Pérez-Torrado, F.J. et al., 2012. Estudios Geológicos, 68(1): 5-27.
- (2) Lebreton, L.C.M. 2017. Nature Comm., 8:15611. <https://www.nature.com/articles/ncomms15611#1>
- (3) IGBP, COI, SCOR. 2013. La acidificación del océano. Resumen para responsables de políticas – Tercer simposio “El océano en un mundo con altos niveles de CO₂. Programa Internacional Geosfera – Biosfera, Estocolmo (Suecia). 26 p.
- (4) IPCC. 2013. Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. et al. (eds.)]. Cambridge University Press, 22p.
- (5) González-Dávila, M., J.M. Santana Casiano. 2015. Inorganic carbon, pH and alkalinity in the Canary Current Large Marine Ecosystem. In: Oceanographic and biological features in the Canary Current Large Marine Ecosystem. Valdés, L. and Déniz-González, I. (eds.) IOC-UNESCO, Paris. IOC Technical Series nº 115, pp 143-150
- (6) PLOCAN. 2010. Boletín Marino Marítimo Macaronésico B3M nº 1, abril 2010. 8 p. <http://plocan.eu/b3m/b3m-n1.pdf>
- (7) Espino, F., F. Tuya, I. Blanch, R.J. Haroun. 2008. Los sebales en Canarias. Praderas de fanerógamas marinas. BIOGES, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 68 p.



Offshore Energy and Marine Spatial Planning,
1ª Ed. (Febrero 2018)
Editores: Katherine L. Yates,
Corey Bradshaw
ISBN: 978-1138954533



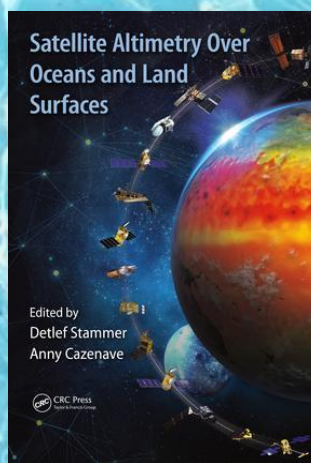
Freshwater Ecosystems in Protected Areas
(Diciembre 2017)
Editores: C. Max Finlayson,
Angela H. Arthington, Jaime
Pittock
ISBN: 978- 041578700

La generación de energía en alta mar es un sector de crecimiento rápido, que compite por el espacio en un paisaje marino que ya está ocupado. Este libro reúne las implicaciones ecológicas, económicas y sociales del conflicto espacial que conlleva este crecimiento. Cubriendo todos los tipos de generación de energía (eólica, olamotriz, mareomotriz, petrolera y gaseosa), explora los impactos directos e indirectos que tiene el crecimiento de la generación de energía en alta mar, tanto en el medioambiente marino como en los usos existentes del espacio marino. Los capítulos cubren los principales problemas asociados con la energía en alta mar, como el desplazamiento de las actividades existentes y los impactos negativos que puede tener sobre las especies marinas y los ecosistemas, incluidos los mamíferos marinos, las aves y los peces. Si bien el crecimiento de la generación de energía en alta mar se basa en el aumento de la demanda de energía, también presenta nuevas oportunidades de colaboración y reubicación de otros sectores, por ejemplo, la ubicación conjunta de las pesquerías de captura silvestre y los parques eólicos.

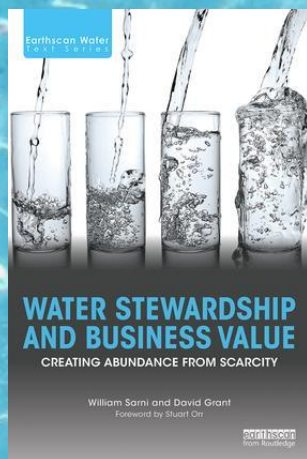
Los ecosistemas de agua dulce tienen la mayor diversidad de especies por unidad de área y muchas especies en peligro de extinción. Este libro muestra que, en lugar de ser una parte marginal del manejo de las áreas terrestres protegidas, la conservación del agua dulce es fundamental para mantener la biodiversidad. Se centra en mejores prácticas para la conservación de ecosistemas acuáticos continentales en áreas protegidas, incluidos ríos, humedales, turberas, otros ecosistemas de agua dulce y salobres, y estuarios. Los autores definen los ecosistemas acuáticos continentales, mostrando cuán diversos y generalizados son. Examinan los principios y procesos que son esenciales para la conservación de los ecosistemas de agua dulce y las especies acuáticas. Se describen las principales categorías de amenazas a los ecosistemas de agua dulce y las implicaciones de flujo para el diseño de áreas protegidas. Los estudios de casos prácticos se utilizan para ilustrar principios y prácticas aplicadas en todo el mundo. Se consideran las necesidades específicas de gestión de los principales tipos de ecosistemas de agua dulce, así como la gestión de las aguas dulces en el paisaje más amplio, que muestra cómo los procesos de gobernanza de los recursos naturales pueden aprovecharse para gestionar mejor la biodiversidad de agua dulce. El libro ofrece comentarios sobre cómo adaptar las prácticas de conservación de agua dulce al cambio climático y finaliza con una síntesis reveladora.

Reseñas bibliográficas

La teledetección, en particular mediante altimetría de radar, es una técnica crucial para las observaciones de la superficie del océano y de muchos aspectos de la superficie terrestre, y de suma importancia para los estudios climáticos y ambientales. Este libro ofrece una visión actualizada de las técnicas de altimetría satelital y misiones relacionadas, y revisa las aplicaciones más actualizadas de la dinámica de los océanos y el nivel del mar. También analiza las observaciones espaciales relacionadas con la superficie del océano y del geoide marino, así como las aplicaciones de la altimetría satelital a la criosfera y las aguas superficiales de la tierra, oceanografía operacional y sus aplicaciones a la navegación, la pesca y la defensa.

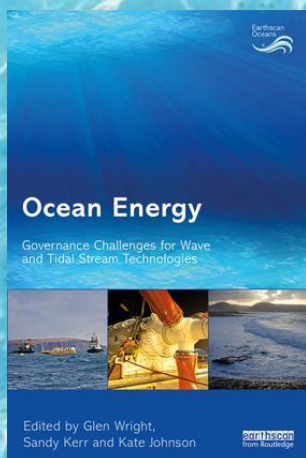


Satellite Altimetry Over Oceans and Land Surfaces
(3ª Ed. Noviembre 2017)
Editores: Detlef Stammer y
Anny Cazenave
ISBN: 978-1498743457

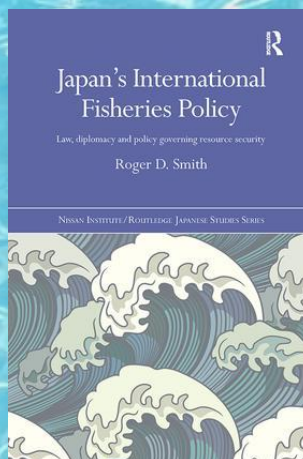


Water Stewardship and Business value
(Marzo 2018)
Autores: William Sarni y David Grant
ISBN: 978-1138642546

El valor tangible del aumento de la eficiencia del agua y la reutilización/reciclaje y una mejor aceptación social para operar están llevando a más compañías a adoptar estrategias de administración del agua. Este libro enmarca el valor comercial de la administración del agua, el valor de marca para las partes interesadas, incluidos los consumidores, clientes, inversores y empleados. El libro muestra que, hasta hace poco, el vínculo entre el valor comercial total y la administración del agua ha desaparecido de la agenda corporativa. Esta vinculación y creación de valor a partir de una estrategia líder de administración del agua es cada vez más importante para los inversores socialmente responsables y las aspiraciones de valoración de las empresas con una misión social, o se centran en su estrategia comercial. En general, la mayor parte de la capitalización de mercado de una empresa es el valor intangible y es esencial comprender cómo una estrategia de administración del agua contribuye a este valor intangible. Los autores incluyen estudios de casos y un marco o camino a seguir, para guiar a las empresas en su intento por desarrollar estrategias líderes de administración de agua y responsabilidad social corporativa y generar valor comercial total a partir de esta inversión. El libro establece el vínculo y el valor de una estrategia integrada de administración de agua y negocios, y un enfoque que las empresas deben seguir.



Ocean Energy
(Diciembre 2017)
Editores: Glen Wright, Sandy Kerr and Kate Johnson
ISBN: 978-1138668522



Japan's International Fisheries Policy
(Agosto 2017)
Autor: Roger D. Smith
ISBN: 978-1138775237

Pocas naciones confían tanto en el océano para el sustento como Japón, la cultura y el transporte. Los mares han desempeñado durante mucho tiempo un papel vital para los japoneses, ayudando a apoyar la vida económica y social de una nación que posee pocos recursos y poca tierra cultivable, y sostiene una población que casi se ha triplicado en el último siglo. El pescado es una característica distintiva de la dieta japonesa, que constituye casi la mitad de toda la proteína animal consumida, la tasa más alta del mundo. La industria en sí misma ha impulsado el crecimiento de la comunidad costera y el desarrollo económico nacional durante el siglo pasado, mientras que las pesquerías han penetrado en la cultura y las costumbres japonesas, sirviendo como un símbolo dominante en las artes tradicionales y el folclore. Este libro explora la lógica general que motivó la política pesquera internacional japonesa durante todo el periodo de la posguerra hasta la actualidad, destacando la importancia de la pesca internacional para Japón y la importancia que esta industria ha tenido como interés nacional. Proporciona una visión comparativa de la política exterior japonesa en diversas conferencias oceánicas, negociaciones de tratados, iniciativas diplomáticas bilaterales y otras relaciones marítimas que constituyen una política oceánica durante más de medio siglo e investiga los componentes nacionales de la política nacional. Roger Smith argumenta que la justificación de la política pesquera internacional puede verse mejor como derivada de la estrategia de defensa única de Japón para sus intereses nacionales: seguridad integral. Abarcando elementos no militares y, lo que es más importante, la defensa de intereses económicos, la política pesquera internacional de Japón ofrece un estudio de caso interesante sobre cómo se conceptualiza y lleva a cabo la seguridad integral.

La energía de las olas y la energía de las mareas es un componente clave de las políticas actuales de energía renovables. Este libro proporciona la primera exploración exhaustiva de cuestiones legales, económicas y sociales relacionadas con la industria emergente de la energía oceánica, en particular las tecnologías de energía de las olas y las mareas. Esta industria se está desarrollando rápidamente, y se ha desarrollado una considerable literatura técnica en torno a ella. Sin embargo, se demuestra que los desafíos relacionados con la regulación y la política son impedimentos importantes para el desarrollo de la industria, y estos aspectos no han sido suficientemente destacados y estudiados. El libro informa a los responsables de las políticas, a la industria y los investigadores sobre los temas clave en este campo en desarrollo. La energía oceánica se considera en el contexto de la economía azul y un océano industrializado, y los temas cubiertos incluyen: desarrollo de políticas (instrumentos de política, riesgo y retraso en el desarrollo de tecnología), aspectos legales (procesos de consentimiento, gestión de recursos, evaluación de impacto), interacciones humanas (conflictos, consultas, beneficios comunitarios) y planificación espacial del medio marino.

Un mar para comérselo

Pulpo braseado con polvo de pistacho sobre papa confitada autodate y emulsión de pimentón

Abraham Ortega García

Chef y Asesor Gastronómico



INGREDIENTES:

1

- Pulpo (1,5 kg)
- Cebolla roja (1 unidad)
- Clavo (5 unidades)

2

- Polvo de pistacho
- Pistacho (100 g)
- Aceite de girasol (20 g)
- Maltosec (Maltodextrina de tapioca) (120 g)

3 Emulsión de pimentón

- Pimentón dulce (3 cucharadas)
- Gelespesa (3 g)
- Agua mineral (½ litro)
- Agua de pulpo reducida (120 g)

4 Papas confitadas

- Papas grandes (5 unidades)
- Aceite de oliva virgen extra (2 litros)
- Hierbas (cuchara sopera, C/s)
- Sal (cuchara sopera, C/s)

Procedimiento

Cocer durante 45 minutos, por kilo, el pulpo en asustándolo tres veces (ponemos agua suficiente en una olla como para poder sumergir el pulpo por entero, llevamos a ebullición y cuando el agua ya haga “burbujitas” introducimos y sacamos el pulpo rápidamente del agua) antes de meterlo entero en el agua hirviendo con la cebolla y el clavo. Una vez en el punto lo sacamos y reservamos en frío. El agua la colamos y la guardamos.

Tostar el pistacho en el horno a 180 °C durante 10 minutos. Triturar el pistacho con el aceite hasta obtener el praliné (pasta) y luego mezclar con el maltosec hasta obtener el polvo. Con el agua que habíamos guardado la ponemos al fuego y la dejamos que reduzca hasta que se quede espesa. Con esto conseguimos aprovechar todo el sabor del pulpo. Luego ponemos todos los ingredientes en el robot de cocina y lo trituramos a máxima velocidad por 6 minutos. Reservamos.

Pelamos las papas y las cortamos en bastones de dos dedos de ancho, las ponemos en una bandeja con el aceite de oliva virgen extra, las hierbas y la sal, y las metemos al horno 100 °C durante 1 h y media, hasta que queden hechas.

Emplatado

Cortar los rejos del pulpo y pasarlos por la plancha 3 minutos por cada lado con un poco de aceite de oliva. En el plato dibujamos con la salsa de pimentón y en el centro ponemos las papas confitadas, encima de estas el rejo del pulpo y por encima el polvo de pistacho.

Pensamiento del chef

El pulpo es un alimento delicioso que en Canarias podemos disfrutar fresco casi todo el año, y que para la cocina presenta una grandísima versatilidad. En España, por ejemplo, es común el pulpo a la vinagreta o el popular pulpo a la gallega (acompañado con aceite de oliva, pimentón y algo de sal). Constituye un alimento saludable y desde, un punto de vista nutricional, el pulpo destaca por su altísimo contenido en minerales, sobre todo en zinc. Este elemento es un nutriente fundamental en el mantenimiento de las defensas, además de participar en el desarrollo. El aporte de vitaminas es también muy interesante, ya que contiene prácticamente la misma cantidad de niacina, o vitamina B3, que el pescado azul, un nutriente igual de fundamental para la producción de energía.

Esta es una receta ideal para sorprender a cualquier invitado en una cena algo especial. Se quedarán sorprendidos con la textura del pistacho y la combinación del pulpo con el dulce de las papas y el amargo del pimentón. Sin duda una receta sorprendente y deliciosa. Es de elaboración sencilla. Los productos de cocina técnica se pueden encontrar en tiendas especializadas o en internet.

OCEANOS EN NÚMEROS

90% de la biomasa
viva del mundo

3 mil millones
de personas es su fuente de alimento

90% del comercio se
transporta por mar

29% de la producción
de petróleo

130 millones
de toneladas de pescado
capturadas al año

75% de reservas pesqueras
experimentan sobrepesca

14 y 20 mil mdd
al año de subsidios a la pesca

95% de la cosecha de peces
viven en aguas costeras

1,000 millones
dependen del pescado como
fuente de proteína animal

150 millones
de empleos se originan en la pesca

150 ballenas,
delfines y marsopas mueren diario a causa
de los enredos con los aparejos de pesca,
un promedio anual de 54 mil 759 animales

50% de los ecosistemas costeros
en riesgo de ser degradados

70 mil
productos químicos sintéticos
descargados

LOS OCEANOS

Porciones de agua marina que cubren
71% de la superficie de la Tierra

ESPECIES QUE LOS HABITAN

Más de 178 mil

BENEFICIOS

Proporcionan alimento,
energía y múltiples recursos
a los seres humanos

Para cuidar al mar DÍA MUNDIAL DE LOS OCEANOS

El 8 de junio de cada año se celebra el Día Mundial de los Océanos con la finalidad de que la población del planeta considere los desafíos que los mares deben enfrentar, usualmente como resultado de la imprudente acción humana.

LA CONMEMORACIÓN

Se crea en 1992 durante la Cumbre Mundial en Río de Janeiro y está respaldada por la Comisión Oceanográfica Internacional de la UNESCO

La Celebración "Juntos tenemos el poder de proteger el océano"

Se busca crear conciencia mundial de que los océanos son los pulmones de nuestro planeta, proporcionando la mayor parte del oxígeno que respiramos. Son una fuente importante de alimentos y medicamentos y una parte crítica de la biosfera

CONTAMINACIÓN MARÍTIMA

En un año **80%**

- 6.5 millones de toneladas de basura de todo tipo
- 90% del total Residuos
- 70% del total aguas residuales
- Residuos industriales
- Material radiactivo
- Petróleo
- Contaminación atmosférica

PRINCIPALES ESPECIES A PRESERVAR

- Atún
- Tiburón
- Pez espada
- Poblaciones de merlin

DAÑOS A LA SALUD HUMANA

- 250 millones
Casos clínicos al año (gastroenteritis + males respiratorios) por bañarse en aguas contaminadas
- De 50 mil a 100 mil
Muertes anuales por alimentarse de mariscos infectados, o contaminados
- 14, 900 mdd
Costo mundial anual por contaminación de las aguas costeras

SOCIEDAD ATLÁNTICA
De Oceanógrafos

Diseño y Arte: Oscar Aguilar Sánchez

Fuente: Greenpeace, Guía de los Océanos, World Ocean Day, Organización de las Naciones Unidas (ONU)

8 DE JUNIO DE 2018

1

No arrojes basura en
las playas

Una pila alcalina mal
desechada puede contaminar
hasta 175 mil litros de agua

2

Evita arrojar el aceite
al desagüe después de
usarlo para freír

Un litro de aceite contamina
hasta 100 mil litros de agua,
formando una película
viscosa que asfixia a los
peces.

3

Respetar las vedas

Estas restricciones son
necesarias para garantizar la
reproducción de las especies
y asegurar que estén
disponibles en el futuro.

4

Usa bolsas de tela o
reciclables

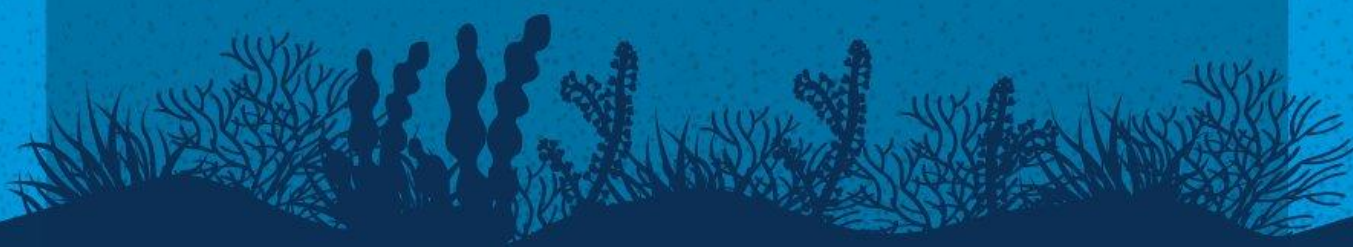
El plástico tarda hasta 500
años en desintegrarse. Usar
bolsas de tela evitará que
consumas un aproximado de
30 de estos recipientes cada
mes.

¿Qué es la Cumbre Mundial del Océano?



Convoca a más de **450 LÍDERES MUNDIALES**

de esferas gubernamentales, industriales, de organizaciones multilaterales, la comunidad científica y la sociedad civil para tener un diálogo constructivo y enfocado sobre cómo acelerar la **transición hacia el uso sustentable del océano.**



Save The Date

OUR OCEAN 2018
CONFERENCE BALI-INDONESIA
29-30 OCTOBER

Our Ocean, Our Legacy

