

OKEANOS

ISSN: 2444-4758



P.V.P. 4,95 €

Microplásticos

Amenaza de los ecosistemas marinos

Tiburones y rayas

Comportamiento de emergencia
del nido en neonatos de tortuga boba

La respiración del plancton
en el afloramiento peruano

Isla Príncipe. El último paraíso

Un vacío en el Pacífico llamado el Niño Costero

Editorial

Estos últimos seis meses han sido muy intensos para la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos con el desarrollo de proyectos, conferencias y reuniones que han culminado con la entrega, el pasado 8 de junio, día mundial de los océanos, de la quinta edición de los Galardones Océanos. Sin embargo, el momento más importante de nuestra actividad en 2017 estará con la celebración del Foro Océanos, en septiembre, cuando se redacte y firme el Compromiso por el Océano, a partir de las conclusiones que se alcancen durante la reunión que hemos denominado "Canarias ante el Impacto por el Cambio Climático en el Océano". Con este documento esperamos poder poner en marcha toda una serie de estrategias locales encaminadas a aumentar la resiliencia de los ecosistemas marinos del Archipiélago, como una contribución más a la conservación del océano mundial. La SAO ha podido implicar en este acuerdo a diferentes estamentos de la sociedad canaria, desde los pescadores hasta las administraciones, sentando pilares para una estrategia común como base para una mayor conciencia colectiva y de acciones encaminadas a la sostenibilidad.

El sistema ecológico marino de Canarias es uno de los más biodiversos del Planeta, pero también es uno de los más vulnerables por las condiciones geomorfológicas de las islas. Esta fragilidad que generalmente se ha asociado a espacios pequeños y relativamente aislados, como ocurre con casi todos los sistemas insulares, ha de hacerse extensiva a todo el sistema oceánico y al conjunto del Planeta, no sólo por la evidente conectividad y flujos de energía y especies, sino por las cada vez más patentes consecuencias que tienen las acciones humanas en toda la Tierra. Ya hace décadas que comprobamos los efectos planetarios que tiene el uso del DDT, que a pesar de ser mayormente vertido en las áreas de cultivo de los países industrializados del hemisferio norte (su uso se prohibió en EE.UU. en 1970), sus consecuencias acumulativas se observan incluso hoy en la fauna de la Antártida, y con el deshielo de los casquetes polares, donde se han acumulado, se liberan nuevamente al océano. Hoy, un efecto similar, aunque algo más fácilmente constatable, lo estamos sufriendo con los plásticos y sus derivados, los microplásticos, que ya condicionan la vida de aves, tortugas, cetáceos y peces de todo el océano global, incluso a peces y componentes del zooplancton que habitan las aguas más profundas. Entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas de plásticos van a parar al mar cada año, y éste produce anualmente 1 millón de toneladas menos de peces, lo que implica que para 2050 habrá en los mismos más plásticos que peces. El vertido de plásticos y otras basuras al mar está prohibido por la legislación de algunos de los 192 países costeros del mundo, sin embargo ni en estos el control de los vertidos es del todo eficiente. La Convención OSPAR, para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico del Nordeste y que tiene sus orígenes a principios de la década de 1970, no ha podido evitar la formación de la segunda mancha de basura más grande conocida, tras la del Pacífico Norte, que circula arrastrada por las corrientes de todo el Atlántico Norte, con una densidad de 200.000 fragmentos de basura flotante por kilómetro cuadrado. Es obvio que la acción sobre estas grandes bolsas de basura en las que hemos convertido los océanos requiere algo más que grandes acuerdos, requiere un compromiso por parte de todos y cada uno de los ciudadanos del Planeta y una conciencia de que el plástico, mal gestionado, no es un elemento inocuo.

Desgraciadamente en esta travesía de *OKEANOS* comprobaremos que no sólo los microplásticos son el único problema de primer orden al que se enfrenta la vida en los océanos y también las comunidades humanas que dependen más directamente de sus recursos. Los cambios que está experimentando el clima de la Tierra sigue poniendo en amenaza la vida tal y como la conocemos hoy, provocando cambios que obligan a las especies a poner en marcha estrategias de adaptación y supervivencia, que no siempre acabarán con éxito. En este difícil proceso por la adaptación, la sobrepesca jugará un papel importante, generalmente dificultando que muchas especies objetivo de las grandes y pequeñas pesquerías de todo el planeta puedan seguir existiendo a finales de este siglo. Es más, muchas comunidades humanas tienen comprometida su existencia para finales del siglo, ya sea por agotamiento de los recursos naturales de los que dependen, por las grandes sequías o por la pérdida de espacios vitales como consecuencia de inundaciones u otros fenómenos climáticos. Es urgente alcanzar los objetivos que se han marcado en la Cumbre del Clima de París, pero no puede ser sólo una tarea que han de poner en marcha los gobiernos, sino que ha de ser un compromiso y un trabajo de todos. En este sentido, la puesta en marcha de acciones de carácter local para aumentar la resiliencia de los ecosistemas más próximo, y de las comunidades humanas que de ellos dependen, es un paso y un compromiso fundamental de cada uno de nosotros.

Se nos plantea una travesía dura y larga, pero seguro que de este viaje saldremos reforzados porque nos va la vida en ello. El Foro Océanos es nuestro primer paso, pero no será el último. Por favor, suba a bordo, pónganse el chaleco salvavidas, ocupé su puesto y "arremánguese". Nos espera mucho trabajo para superar la galerna y fuerte oleaje de costado y de su esfuerzo dependerá que lleguemos a buen puerto.

Foto portada: Aketza Herrero. Camaron (*Thor amboinensis*)

Foto páginas 2-3: Yeray Pérez González

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 El reglamento de aleta adherida en las pesquerías de tiburones, ¿es realmente eficaz? Sara Rendal Freire

07 AGENDA

Tiburones y rayas. Los elasmobranchios y las competencias espaciales pesqueras en Canarias.

08 Alberto Bilbao Sieyro, Yeray Pérez González, Ángel Lobo Rodrigo, Rosa Rodríguez Bahamonde, Lorena Couce Montero, David Jiménez Alvarado, José Juan Castro Hernández.

12 Los microplásticos. Amenaza de los ecosistemas marinos. Alicia Herrera, Ana Liria, Patricia Ostiategui y May Gómez

18 Un paraíso al borde del colapso. El blanqueamiento del coral pone en riesgo su futuro. Gonzalo Pérez-Rosales Blanch

23 EFEMÉRIDES. El viaje científico de Alejandro Malaspina por el Océano Pacífico

24 Alerta CO2. La nitrificación como una de las estrategias de resiliencia de nuestro planeta. Mayte Tames-Espinosa y May Gómez

28 Comportamiento de emergencia del nido en neonatos de tortuga boba (*Caretta caretta*)

Luis Felipe López Jurado, Ana Liria-Loza y Nayra Hernández Acosta

32 Excavación paleontológica en Órzola (Lanzarote). Juan Francisco Betancort Lozano

34 La respiración del plancton en el afloramiento peruano.

Ted Packard, Natalia Osma, Igor Fernández-Urruzola, Luis A. Codispoti, John P. Christensen, May Gómez

37 OKEANOS DE FOTOS. Aketza Herrero

41 Isla de Príncipe. Proyectos por la sostenibilidad. Aketza Herrero Barrencua

43 Isla de Príncipe. El último paraíso. Aketza Herrero Barrencua

45 Foro Océanos 2017. Canarias y el Cambio Climático

46 Un vacío en el Pacífico llamado El Niño Costero. Pedro Rau

50 Cocina curiosa. ¿A qué sabe el calamar gigante? Ángel Guerra, Clyde F.E. Roper y Michel Segonzac

54 NOTICIAS DE AVANCES EN CIENCIAS MARINAS

Variaciones del ciclo gonadal del erizo blanco en Magallanes, extremo sur de Chile

Eduardo Almonacid, Sylvia Oyarzún y Claudio Vargas

61 UN MAR PARA COMERSELO. Vieja marinada . Abraham Ortega García

62 MONSTRUOS MARINOS (4). Las sirenas y los manatíes. José Juan Castro Hernández y Luis Felipe López Jurado

64 Un Mar de Ciencias 2017. Juan Francisco Betancort Lozano

64 3ª Edición del Programa de Prácticas de Ciencias para alumnos de 4º de ESO de Gran Canaria. J. F. Betancort

66 RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS.



El reglamento de aleta adherida en las pesquerías de tiburones, ¿es realmente eficaz?

Tiburón azul: Foto: Shane Anderson.



Foto: Nancy Boucha

Sara Rendal Freire

Facultad de Ciencias del Mar, Univ. de Las Palmas de GC, España.

¡Tiburón!

En el imaginario colectivo, los tiburones se asocian con fieros depredadores marinos, visión que se vio impulsada en 1975 con el estreno de la película “Tiburón” de Steven Spielberg, y con la que, dicho sea de paso, afloró la “selacofobia” como trastorno psicológico, o miedo anormal a los tiburones.

En la actualidad, y gracias al conocimiento científico de estas especies, se ha demostrado que la gran mayoría de los tiburones no presenta riesgos para el ser humano. De hecho, los datos reales nos hablan del bajo número de ataques cuando, día a día, los encuentros tanto buscados (turismo de observación de tiburones) como fortuitos con ellos son una constante.

Estas especies, de manera general, se caracterizan por su lento crecimiento, madurez sexual tardía y baja fecundidad, lo que las hace especialmente vulnerables a la pesca (ya sea industrial, artesanal o deportiva) y a la pérdida de hábitat. Esto sumado a la ausencia, en muchos casos, de una correcta gestión de la actividad pesquera, ha dado lugar a un drástico descenso en los niveles poblacionales de algunas de estas especies, como el cazón (*Galeorhinus galeus*) en California y Australia, el peregrino (*Cetorhinus maximus*) en las costas de Irlanda, la mielga (*Squalus acanthias*) en el Mar del Norte y la Columbia Británica o el marrajo sardinero (*Lamna nasus*) en el Atlántico Norte, entre otros.

Aunque todavía queda mucho camino por recorrer, en la actualidad ya se ha prohibido la captura de ciertas especies de estos elasmobranquios con muy baja resiliencia pesquera. No obstante, también existen ciertas especies, pocas, que son capaces de sostener importantes pesquerías alrededor del mundo. Este es el caso de la tintorera, tiburón azul o quella, cuyo nombre científico es *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758). Se trata de una especie con un crecimiento, en comparación con otros tiburones de su tamaño, relativamente rápido y una fecundidad alta (37 crías por parto, aunque se han registrado hasta 135). De hecho, es considerada la especie de tiburón pelágico más abundante y de más amplia distribución del mundo, superior incluso a la de algunas especies de teleósteos altamente migratorio. Asimismo, es la especie de elasmobranquio más pescada a nivel global.

La tintorera objetivo de las flotas de pesca

España, con una importante tradición pesquera, es una de las cinco naciones del mundo que más captura tintorera¹. De hecho, supone el 80-82% de todas



Foto: Gustavo Rivas



Foto: Industrias pesqueras



Foto: José Teo Andrés



las capturas de tiburones de la flota española, 96% de las cuales se obtienen en las pesquerías con palangre de superficie. Sólo en el Océano Atlántico se registran anualmente en torno a 60.000 toneladas, con el 67% capturadas por barcos palangreros². Así pues, las capturas de tintorera suponen un componente indispensable para la flota de palangre de superficie española, la más importante de Europa.

Originalmente, la actividad de esta flota se dirigía a la captura del pez espada (*Xiphias gladius*) en el Mar Mediterráneo y el Atlántico Norte, pero a partir de la década de 1990, la tintorera comenzó a retenerse, por volumen y no por precio, gracias a la incorporación a bordo de los sistemas de congelación. Así, dio lugar a una pesquería bi-específica impulsada, en parte, por la reducción en la cuota del pez espada y, fundamentalmente, por la globalización del mercado y el aumento en la demanda de carne y productos derivados de esta especie. A la vez, esta flota se fue expandiendo paulatinamente desde el Atlántico Norte al Atlántico Sur, y con posterioridad a los Océanos Pacífico e Índico. Hoy en día, su base de operaciones se centra en diferentes puertos de Galicia, y particularmente en Vigo dónde se encuentra uno de los puertos pesqueros más importantes de Europa y del mundo en lo que a desembarco de tiburones se refiere.

Aunque España es una de las tres mayores exportadoras de aletas de tiburón al mercado asiático, a través de Hong Kong, la flota palangrera ha sido pionera en consolidar un mercado de carne de tiburón en expansión. De hecho, la fracción económica derivada de la venta de aletas de un buque de palangre de superficie español supone aproximadamente un 45-50% del total derivado de la pesca de tiburones, mientras que el 50-55% se obtiene de la comercialización de su carne³.

El mercado de aletas de tiburón y la política pesquera desigual de la UE

La sopa de aletas de tiburón es considerada un manjar culinario en ciertas culturas asiáticas, especialmen-

te en China, reservado en origen a las familias más pudientes, aunque hoy en día está al alcance de un gran número de consumidores, debido al crecimiento de la clase media en dicho país. Los elevados precios de las aletas en los mercados internacionales ha propiciado e incentivado la práctica del "aleteo" (o *finning*), que consiste en el corte de las aletas y el descarte del resto del cuerpo, moribundo, de vuelta al mar, con el objetivo de llenar las bodegas de los barcos con productos de alto valor y no ocupar espacio con productos de precios menores.

Sin embargo, aunque las aletas suponen el producto de tiburón que mejor se paga en el mercado, lo cierto es que prácticamente todo el animal es comercializado por ciertas naciones: la carne para consumo humano (*cazón en adobo, tollos...*), la piel para marroquinería o papel de lija, los aceites de hígado para productos farmacéuticos, cosméticos y de limpieza, el cartilago para usos medicinales y farmacéuticos, y las mandíbulas y dientes para bisutería y decoración. Pero, a pesar de esto y de que la indeseable práctica del "aleteo" está prohibida en países como EE.UU., Canadá o la Unión Europea, ésta continúa llevándose a cabo en muchos otros, principalmente asiáticos.

Como medida ante la práctica del *finning*, se implantó por parte del Parlamento y Consejo Europeo la política de aletas adheridas (Reglamento 605/2013), que prohíbe cercenar las aletas de los tiburones a bordo a flotas con pabellones de la UE. Sin embargo, "aleteo" y "cercenamiento" son dos conceptos bien distintos. Esta normativa prohíbe cercenar las aletas durante el procesado y congelación del pescado en la mar, por lo que es necesario un reprocesado al llegar a puerto. Anteriormente, los buques podían procesarlo íntegramente y, en el caso de desembarcar aletas y cuerpos de manera separada (pues se dirigen a mercados distintos), se exigía el cumplimiento de un ratio o factor de conversión.

Aparentemente, la nueva política es una medida eficaz, sin embargo, el problema del *finning* parece que la UE ha cerrado este problema en falso ya que la

medida sólo afecta a la flota comunitaria (buques españoles y portugueses fundamentalmente), pero no a otras que utilizan los puertos europeos como base de operaciones de descarga. Esta política ha supuesto una crisis de sostenibilidad económica para esta flota comunitaria, debido a que ocasiona una pérdida de un 8-10% de la capacidad de bodega, incrementa la carga de trabajo y tiempo a bordo y en tierra, los costos asociados y, además, merma la calidad y presentación del producto, ya que de este modo es necesaria la pérdida parcial de congelación para separar cuerpo/aletas. Mientras tanto, otras flotas extracomunitarias que también faenan en aguas reguladas por La Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT) continúan descargando (aletas y cuerpos por separado) y comercializando sus productos en el mercado comunitario, y vendiéndolos a grandes superficies europeas, sin tener que cumplir con esta normativa. Competencia desleal, pero legal.

El sector pesquero español relaciona esta situación de desigualdad normativa entre la flota comunitaria y la no comunitaria con una falta de peso político en el seno de ICCAT y otros organismos internacionales, además de con una falta de capacidad para llegar a la opinión pública. Dejando a un lado el impacto económico, esta medida ha contribuido a generar desconfianza internacional sobre las prácticas de la flota europea.

Teniendo en cuenta que los datos de los que se dispone en ocasiones son insuficientes para proporcionar un resultado determinante sobre el estado de los stocks de tintorera en el Atlántico (aunque aparentemente no se encuentra en situación de sobrepesca), otras medidas de gestión y ordenación precautoria, que afecten a todas las flotas por igual, deberían ser prioritarias: planes multianuales, vedas espaciotemporales, sistema TAC-cuotas...

La simplificación y falta de conocimiento sobre las diferentes estrategias biológicas que presenta un grupo de especies tan diverso, ha llevado a que numerosas naciones y asociaciones pidan el cese de la pesca de tiburones. Sin embargo, aunque éstas ocupen posiciones altas en la cadena trófica, generalizar su biología conlleva imprecisiones, de la misma manera que si lo hiciésemos en el caso de los teleósteos.

Bibliografía

- (1) 1- FAO, 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura: Oportunidades y desafíos. FAO, Roma.
- (2) 2- ICCAT. 2015. Informe del sector pesquero español: Oportunidades y desafíos (MIMEO).
- (3) 3- CEPESCA 2015. Report of the 2015 ICCAT Blue Shark Stock Assessment Session. Lisbon, Portugal, July 21 to 31, 2015. <https://www.iccat.int/es/>

Agenda

Julio-Diciembre
2017

JULIO		
Fecha	Congreso	Lugar
25 - 27	RIO Acoustics – 2017: Acústica en aguas subterráneas (http://www.rioacoustics.org)	Rio de Janeiro, Brasil
AGOSTO		
Fecha	Congreso	Lugar
13 - 18	Conferencia Internacional Goldschmidt (http://goldschmidt.info/2017/)	París, Francia
SEPTIEMBRE		
Fecha	Congreso	Lugar
05 - 06	Foro Oceanos 2017: Canarias ante el Impacto del Cambio Climático en el Océano	Las Palmas de Gran Canaria, España
OCTUBRE		
Fecha	Congreso	Lugar
02 - 04	8ª Conferencia Internacional en Pesquerías y Acuicultura	Toronto, Canada
10 - 12	Reunión Internacional en Sedimentología (https://ims2017.sciencesconf.org/)	Toulouse, Francia

Tiburones y rayas

Los elasmobranquios y las competencias espaciales pesqueras en Canarias



Figura 2. Tiburones:
1 Angelote
2 Comuda
3 Quella
4 Jaqueta
Autores: Rogelio Herrera Pérez
www.redpromar.com
[1, 2 y 3] y Pedro Luis Sánchez Rodríguez [4].



Figura 3. Rayas:
5 Chucho negro
6 Mantelina
7 Chucho amarillo
8 Tembladera.
Autor: Rogelio Herrera Pérez
www.redpromar.com

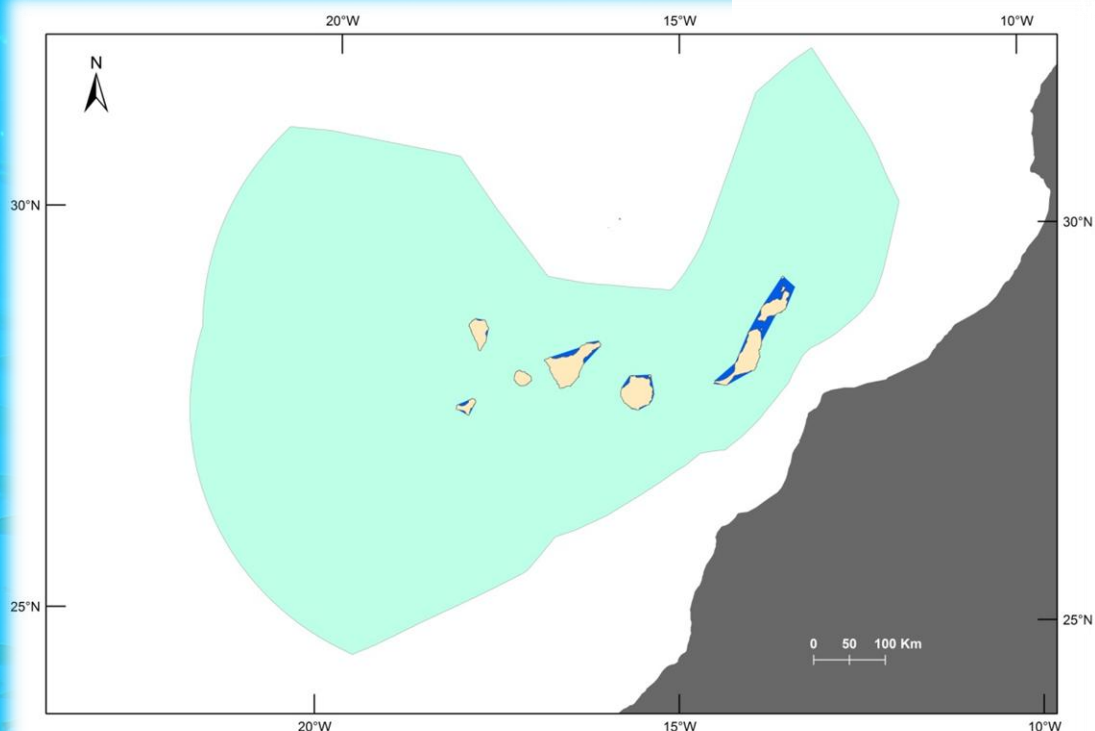


Figura 1. Ámbitos competenciales, Estatal y Autonómico, de la pesca en Canarias. La Comunidad Autónoma tiene competencias en las "Aguas Interiores", en color azul oscuro, y el Estado en el "Mar Territorial y la Zona Económica Exclusiva, en azul claro. Mapa no oficial. Fuente: AI, GMR Canarias S.A.U.; MZ, www.marineregions.org

Especie	Nombre común Canarias	P- MZ	P- AI	R- MZ	R- AI
Tiburones					
<i>Carcharhinus brachyurus</i> (Günther, 1870)	Jaqueta, Jaquetón, Amarillo	no*	¿?	no	¿?
<i>Carcharhinus falciformis</i> (Müller & Henle, 1839)	Jaqueta, Jaquetón	no	no	no	¿?
<i>Isurus oxyrinchus</i> Rafinesque, 1810	Marrajo	no**	¿?	sí	sí
<i>Mustelus mustelus</i> (Linnaeus, 1758)	Cazón, Tollo	sí	sí	sí	sí
<i>Prionace glauca</i> (Linnaeus, 1758)	Quella, Sarda, Aquella, Tiburón azul	no**	¿?	sí	sí
<i>Sphyrna lewini</i> (Griffith & Smith, 1834)	Cornuda	no	no	no	no
<i>Sphyrna zygaena</i> (Linnaeus, 1758)	Cornuda	no	no	no	no
<i>Squalus megalops</i> (Macleay, 1881)	Galludo, Pinchudo	sí	sí	no	¿?
<i>Squatina squatina</i> (Linnaeus, 1758)	Guitarra, Peje ángel, Angelote	no	no	no	¿?
Rayas					
<i>Dasyatis pastinaca</i> (Linnaeus, 1758)	Chucho, Chucho amarillo	sí	sí	sí	sí
<i>Gymnura altavela</i> (Linnaeus, 1758)	Mariposa, Manta, Mantelina	sí	sí	no	¿?
<i>Taeniura grabata</i> (E. Geoffroy St. Hilaire, 1817)	Chucho, Chucho Negro	sí	sí	no	¿?
<i>Torpedo marmorata</i> Risso, 1810	Tembladera, tembladora, Guitarra	sí	sí	no	¿?

Tabla 1. Posibilidad de captura de los tiburones y rayas citados Canarias para pescadores profesionales (P) y recreativos (R), en el Mar Territorial y Zona Económica Exclusiva (MZ), de competencia Estatal, y en Aguas Interiores (AI), de competencia Autonómica. * indica que no se debe capturar siempre y cuando esta especie sea considerada como "pelágica". ** indica que sí lo podrían capturar los profesionales que pertenezcan al censo de palangreros. "¿?" indica que podría no estar clara su posibilidad de captura pues sería función de la aplicación de la "cláusula de supletoriedad".

Alberto Bilbao Sieyro¹, Yeray Pérez González¹, Ángel Lobo Rodrigo², Rosa Rodríguez Bahamonde³, Lorena Couce Montero⁴, David Jiménez Alvarado⁴, José Juan Castro Hernández⁴.

¹Área de Pesca. División de Proyectos. GMR Canarias S.A.U. Gran Canaria.

²Departamento de Disciplinas Jurídicas Básicas. ULL. Tenerife.

³Departamento de Ciencias Jurídicas Básicas. ULPGC. G. Canaria.

⁴U-EcoAqua. Departamento de Biología. ULPGC. G. Canaria. Esp.

Debido a la complejidad y dinamismo propio del sector pesquero, la legislación en este campo suele estar contenida en diversas normas. Además, en Canarias existen dos administraciones (Estatal y Autonómica) con competencias espaciales propias. A pesar de esta diferencia territorial o geográfica se legisla de forma armonizada para evitar divergencias en la gestión de los recursos. Sin embargo, existen casos, como la pesca de tiburones y especies afines, en el que el administrado necesita del consejo (subjetivo) de un experto en la materia para poder saber si en ocasiones, sin quererlo, incumple las normas.

Las competencias pesqueras sobre las aguas

En 1964 el Convenio Europeo de Pesca, ratificado por España, reconocía la posibilidad de extender la jurisdicción marítima en materia de pesca hasta un máximo de 12 millas náuticas. Así, la Ley 20/1967 y el Real Decreto 2510/1977 tratan esta extensión a partir de la definición de las líneas de base normal (bajamar escorada) o de, si las hay, líneas de base rectas (en función del trazado costero). Además, delimita las aguas interiores como aquellas que que-

Algunos conceptos de Derecho

- El “principio de jerarquía normativa; las normas de rango inferior no pueden oponerse a las de rango superior.
- La “cláusula de supletoriedad” viene a señalar la vigencia del derecho estatal ante un vacío normativo por parte de las Comunidades Autónomas.
- Con el “principio de seguridad jurídica” el legislador debe perseguir la claridad y no la confusión normativa.

dan entre estas líneas de base rectas y la costa. Por otro lado, la Ley 15/1978 define para España la Zona Económica Exclusiva (ZEE) que abarca hasta las 200 millas náuticas medidas a partir de esas líneas de base, debiendo considerar también en su trazado las ZEEs de países colindantes. En 1982 se aprobó la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (que España ratificó en 1997), y tras esto se definieron una serie de zonas denominadas: Aguas Interiores, Mar Territorial, Zona Contigua, ZEE y Alta Mar, que aportan complejidad en el orden jurídico debido a la pluralidad del Derecho del Mar en relación con la soberanía, usos, derechos y obligaciones. Por último, a raíz de la Constitución Española (1978), del Estatuto de Autonomía de Canarias (1982) y del Real Decreto 1938/1985, la pesca marítima tiene divididas las competencias entre las Aguas Interiores (en adelante AI) de las Comunidades Autónomas y el Mar Territorial (aguas exteriores) y ZEE de competencia Estatal (Fig.1).

Los tiburones y especies afines en Canarias

En Canarias existen citadas 81 especies de tiburones y rayas¹ (55 y 26, respectivamente), que ocupan hábitats tanto pelágicos como bentónicos y conforman un grupo con un papel ecológico fundamental, debido a su posición en la cima de la cadena alimenticia y a sus hábitos carroñeros (Figs. 2-3). Así mismo, y sobre todo en Canarias, los elasmobranchios han demostrado conformar un recurso turístico de gran importancia en relación con las actividades subacuáticas². En cuanto a su captura, estos recursos, en general, no presentan una pesquería dirigida, si bien en ocasiones algunas especies sí pueden tener un volumen considerable de capturas como especies accesorias para, por ejemplo, la elaboración de “tollos” mediante el secado de la carne³. Sin embargo, la sobrepesca de otras especies y/o la pérdida o modificación de sus hábitats pueden provocar efectos negativos en sus poblaciones, debido a su lento crecimiento, madurez sexual tardía y baja fecundidad.

¿Qué se puede y qué no se puede pescar?

Una lectura general de las principales normas que rigen las cuestiones pesqueras desarrolladas tanto por el Estado como por la Comunidad Autónoma de Canarias reflejan un grado de similitud que favorece la aplicación de las mismas con independencia de las cuestiones competenciales. Ahora bien, en ocasiones se pueden detectar cuestiones puntuales que pueden llevar a los administrados a encontrarse con dificultades en el entendimiento de las normas y, por tanto, en su aplicación. Por otro lado, la pesca se pueden desarrollar tanto pescadores profesionales como pescadores recreativos, y una de las principales características que los distingue es que los profesionales pueden vender sus capturas y los recreativos no. Para saber qué elasmobranchios se pueden pescar y cuáles no, se ha recopilado la legislación sobre esta materia (8 normas; 1 Europea y 7 Españolas) y se ha comprobado, para cada uno de los elasmobranchios citados en Canarias, si pueden ser o no capturados tanto por pescadores profesionales como recreativos en las aguas territoriales e interiores. Es importante destacar que ante la ausencia de prohibición de captura explícita (sin necesidad de interpretaciones) se asume que su captura es posible (con la salvedad del uso del “principio de jerarquía normativa” para pescadores recreativos en relación con el marrajo y el tiburón azul).

En el siguiente enlace <http://www.gmrcanarias.com/publicaciones/>, en la pestaña de “Pesca”, figura el archivo “Anexo-Elasmobranchios y normativa”, que contiene una tabla con los resultados completos de este análisis y que incorpora las regulaciones para cada caso. Por otro lado, en la Tabla 1 se ha resumido el Anexo anterior para las especies más frecuentes en Canarias. Así, lo más destacable es la presencia de la duda (¿?), entre Mar Territorial y aguas interiores, e incluso entre pescadores profesionales y recreativos, que proviene del desconocimiento en la aplicación o no de la “cláusula de supletoriedad”. Es decir, si sí se considera la “supletoriedad”, los profesionales (en el Mar Territorial y aguas interiores) no deben capturar un 27% de las especies de elasmobranchios, mientras que en el caso de los pescadores recreativos (en el mismo ámbito geográfico) este porcentaje asciende al 85%. Pero, si no se considera la “supletoriedad”, y en función de si la pesca se realiza en Mar Territorial o en aguas interiores, los porcentajes de especies de elasmobranchios que no deberían capturarse varían según el perfil del pescador, del siguiente modo: Profesionales: 27 y 16% y Recreativos: 85 y 5%, en el Mar Territorial y aguas interiores, respectivamente, para ambos casos. Para poder usar la “cláusula de

supletoriedad” el aplicador del Derecho autonómico debería ser capaz de justificar la presencia de una laguna normativa en las aguas de su competencia⁴, sin embargo, podría ocurrir que supletoriamente no se pueda considerar la extrapolación de una norma estatal hacia un ámbito de competencia autonómica por no haber desarrollado aún, la Comunidad Autónoma, dicha competencia⁵. Al existir una diferencia fundamental entre Mar Territorial y aguas interiores, implica extender unas limitaciones a un ámbito físico superior a aquél para el que el Estado la establece, o donde no ha sido específicamente establecida, pues la Comunidad Autónoma tiene sus competencias en esta materia.

La “cláusula de supletoriedad” ha sido interpretada con muchas limitaciones por parte del Tribunal Constitucional, aunque quizás demasiadas según la opinión de parte de la doctrina. En definitiva, debido a la importancia ecológica y económica de los elasmobranchios en Canarias, es preciso disponer de referencias normativas que, conforme al “principio de seguridad jurídica”, indiquen de manera directa y sencilla qué especies se pueden capturar y cuáles no. Consideramos que la publicación del “Real Decreto 347/2011, de 11 de marzo, por el que se regula la pesca marítima de recreo en aguas exteriores”, que presenta un listado de especies permitidas a la pesca recreativa es una forma muy interesante y sencilla de conservar los valores que se pretenden. Es por ello que se podría usar una fórmula similar para los pescadores canarios en general (tanto profesionales como recreativos) en ambos ámbitos competenciales (estatal y autonómico). El trabajo técnico que podría llevarse a cabo sería acordar entre las partes interesadas (administraciones, pescadores y ciencia) un listado general de especies permitidas para la pesca en Canarias, no sólo elasmobranchios.

Los procesos que conllevan la próxima transposición, y su posterior aplicación, al ordenamiento jurídico español de la “DIRECTIVA 2014/89/UE, de 23 de julio de 2014, por la que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo”, pueden ser una oportunidad para tender a complementar la armonización ya existente entre las normativas estatal y autonómica en materia pesquera. Por último, añadir que debido a posibles actualizaciones en la denominación de las especies, al dinamismo normativo propio del ámbito pesquero, la complejidad en el análisis y, en ocasiones, a la subjetividad en interpretación de la normativa, los autores (albertobs@gmrcanarias.com) agradecen cualquier aportación sobre esta materia: actualización, opinión, error u omisión detectado sobre el contenido de este trabajo.

Agradecimientos

Trabajos desarrollados en el marco del Proyecto PLASMAR (MAC/1.1a/030), con el apoyo de la Unión Europea (UE) y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y el Programa de Cooperación INTERREG V-A España-Portugal MAC 2014-2020 (Madeira-Azores-Canarias). A Mikel Arrasate López, Dr. Antonio Manuel García Mederos y Dr. Rogelio Herrera Pérez por la revisión del trabajo y, además, a Pedro Luís Sánchez Rodríguez por las imágenes cedidas.

En Canarias existen citadas 81 especies de tiburones y rayas (55 y 26, respectivamente), que ocupan hábitats tanto pelágicos como bentónicos y conforman un grupo con un papel ecológico fundamental debido a su posición en la cima de la cadena alimenticia y a sus hábitos carroñeros.

Bibliografía

- (1) Brito Hernández, A. & Sancho Rafel, A. Filo Chordata-clase Chondrichthyes. En: Moro, I., Martín, J.L., Garrido, M.J. & Izquierdo, I (eds.). 2003. Lista de especies marinas de Canarias (algas, hongos, plantas y animales) 2003. Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias. 248 pp.
- (2) De la Cruz Modino, R., Esteban, A., Crilly, R. & Pascual Fernandez, J. J. 2010. Bucear con tiburones y rayas en España. Análisis de su potencial en España y de los beneficios económicos de la actividad en las Islas Canarias. Instituto Universitario de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad de La Laguna. 22 pp.
- (3) Brito Hernández, A. 1998. Peces cartilaginosos de Canarias: los tiburones de los fondos profundos y su aprovechamiento pesquero. Cabildo Insular de Tenerife Area de Desarrollo Económico Industria Transportes y Comercio. 171 pp.
- (4) TC (Tribunal Constitucional de España). SENTENCIA 61/1997, de 20 de marzo. BOE núm. 99, de 25 de abril de 1997
- (5) Requejo Rodríguez, P. 1996. La supletoriedad del derecho estatal en la STC 118/96. Rev. Jurídica As-tur. 115-123.



Los microplásticos

Amenaza de los ecosistemas marinos

Alicia Herrera, Ana Liria, Patricia Ostiategui y May Gómez

IU-EcoAqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España

La Era del plástico

El plástico, debido a sus características de durabilidad, elasticidad, impermeabilidad y bajo coste, se ha vuelto omnipresente en nuestra vida diaria. La producción a gran escala de plástico no ha cesado de crecer desde sus inicios en la década de 1960 hasta hoy, y se prevé que este crecimiento sea aún mayor en los próximos años¹. Sin embargo, las mismas características que hacen a este material tan versátil, lo convierten en una de las principales causas de contaminación actual. En 1970, Edward Carpenter, investigador del prestigioso Instituto Oceanográfico Woods Hole (EE.UU.), advertía sobre los posibles efectos de la contaminación por plástico. Casi cinco décadas después, estas predicciones no sólo resultan correctas, sino que la situación a la que hemos llegado es peor de lo que se esperaba. Tanto, que la era actual podría denominarse “La Era del Plástico”. Una de las consecuencias de esta era es la contaminación por microplástico en los océanos, que está tomando gran trascendencia en los últimos años debido al considerable aumento en los niveles detectados.

Figura 1. Ejemplar de tortuga boba (*Caretta caretta*) enmallado en fibras de nylon procedentes de restos de aparejos de pesca en aguas de Canarias (foto de Teo Lucas).

Los microplásticos, como se ha denominado a las partículas de plástico con tamaño menor a 5 milímetros, se han encontrado distribuidos ampliamente en todo el planeta, en los océanos, costas, lagos y ríos, incluso de los sitios más remotos. Estos microplásticos provienen fundamentalmente de procesos de fotodegradación y fragmentación de plásticos de mayor tamaño, pero también de productos cosméticos como exfoliantes, pasta dentífrica y productos de limpieza que contienen microesferas plásticas, así como de fibras sintéticas provenientes de la ropa. Otra fuente importante de los microplásticos que llegan al océano son los *pellets* de resina, también conocidos como “lágrimas de sirena”. Estos pellets pueden ser cilíndricos o esféricos, son de pocos milímetros de diámetro y se utilizan como materia prima para la fabricación de productos de plástico.

En los últimos años, la preocupación de la comunidad científica y de las autoridades en materia de políticas ambientales, ha llevado a la realización de estudios en diversas partes del planeta para estimar la acumulación de plástico en el océano y evaluar los



Las partículas de plástico con tamaño menor a 5 milímetros se han encontrado distribuidas ampliamente en todo el planeta, en los océanos, costas, lagos y ríos, incluso de los sitios más remotos.

Figura 2. Detalle de los microplásticos en la playa de Famara, Lanzarote.

posibles efectos tanto en los ecosistemas como en la salud humana. Los resultados han sido verdaderamente alarmantes. Ericksen y colaboradores calculan que más de 5,25 billones de fragmentos plásticos flotan en el océano, con un peso de 268.940 toneladas²; por otro lado, Cózar y colaboradores³ estimaron entre 7.000 y 35.000 toneladas de plástico en la expedición de circunnavegación oceánica Malaspina. Sin embargo, a pesar de las altas cantidades encontradas, ambos estudios coinciden en que los valores registrados son bastante menores que las cantidades esperadas basándose en la cantidad de plástico que llega al océano cada año, más de 8 millones de toneladas según un estudio reciente. Esto significa que hay una importante cantidad de plástico “perdido” en el océano. Precisamente y debido a este desfase de números actualmente existen diversos estudios que tratan de encontrar una respuesta a la pregunta: ¿Dónde está todo ese plástico? Algunas posibles hipótesis pudieran ser, la incorporación de estos microplásticos a las redes tróficas, la sedimentación en los fondos oceánicos, la deposición en las playas o la nanofragmentación, es decir, la fragmentación en trozos tan pequeños que no puedan ser recogidos con las redes que se utilizan actualmente (abertura de 0,33 milímetros).

Efecto en los organismos marinos

Los estudios centrados en los posibles efectos en los organismos marinos tampoco han arrojado resultados muy esperanzadores. Los daños que causan los plásticos en el mar son bien conocidos, debidos principalmente a su ingestión, el enmallamiento, así como la asfixia causada por bolsas plásticas. Se han referido enmallamientos con plásticos en más de 136 especies marinas, entre ellas 6 especies de tortugas marinas (Fig. 1), 51 especies de aves y 36 especies de mamíferos marinos, de los cuales se estima que mueren más de 100.000 al año por esta causa. Se calcula que el 90% de las aves marinas ha ingerido alguna vez plástico y que en 2050 este porcentaje alcanzará el 99%⁴.

A estos efectos se le suma también el de los microplásticos, cuyos daños no son debidos exclusivamente a la ingestión, que puede causar obstrucción intestinal o de los órganos de filtración, sino también debido a su capacidad de adsorber sustancias químicas que se adhieren a sus paredes y se concentran en ellos. Como consecuencia, estos contaminantes que en bajas concentraciones no resultan nocivos para los organismos, pueden bioacumularse y biomagnificarse a través de la cadena trófica llegando a



Figura 3. Contaminación por microplásticos en la Playa de Famara (Lanzarote) el 4 de mayo de 2016.

alcanzar niveles tóxicos o que pueden resultar peligrosos. Entre estos compuestos se encuentran los contaminantes orgánicos persistentes (*Persistent Organic Pollutants* o POPs en inglés) que pueden ser cancerígenos, provocar alergias y daños en el sistema inmunológico, y alterar el sistema endocrino que controla la producción hormonal.

Se ha comprobado que los microplásticos, debido a su pequeño tamaño, son ingeridos por el zooplancton, pudiendo transferirse de la misma forma a la cadena trófica. La ingestión de microplásticos ha sido corroborada en mejillones, peces, tortugas y cetáceos, e incluso ciertos organismos que viven a más de 1.000 metros de profundidad en el océano se encuentran contaminados por fibras sintéticas.

Los microplásticos en Canarias

Los primeros estudios realizados en Fuerteventura, Lanzarote y La Graciosa por Baztán y colaboradores⁵ han revelado que una gran cantidad de microplásticos procedentes del océano se acumulan en las costas de Canarias (Fig. 2). La Corriente de Canarias atraviesa las Islas Canarias en dirección sur-suroeste transportando una gran cantidad de desechos en su superficie, que son depositados principalmente en las playas más expuestas a los vientos y corrientes superficiales predominantes, las de orientación nor-noreste. Lanzarote y el Archipiélago Chinijo (Montaña Clara, Alegranza y La Graciosa, y los islotes Roque del Este y Roque del Oeste) son los primeros obstáculos con los que se encuentra esta corriente y por ello en las arenas de Playa Lambra (La Graciosa) y Famara (Lanzarote) se han detectado concentraciones de microplásticos supe-

riores a 100 gramos por litro de arena⁵ (Fig. 3). Curiosamente el nombre de Playa Lambra, deriva de Playa del Ámbar, que hace referencia a una época en que en esta playa se solía encontrar ámbar gris, producto de las secreciones biliares del cachalote (*Physeter macrocephalus*) y que tiene un gran valor comercial. Reminiscencias de una época en la que el mar estaba más poblado de ballenas y menos poblado de plásticos.

Trabajos, estudios e iniciativas en Canarias

Por un lado, desde el año 2009 se vienen realizando muestreos en las costas de Canarias, concentrando los esfuerzos en la playa de Famara, que se ha considerado como el observatorio de referencia de la red de Observatorios Participativos COASTAL. La red de Observatorios Participativos se apoya en: (i) el equipo local de la Reserva de la Biosfera de Lanzarote a través de la Campaña Plástico Cero: Agüita con el Plástico y (ii) la iniciativa del CSIC Observadores del mar. La iniciativa Agüita con el plástico es un proyecto colectivo ideado gracias a la cooperación horizontal y trabajo comprometido y altruista de muchas instituciones y personas, coordinado por la Oficina de la Reserva de la Biosfera del Cabildo de Lanzarote y la red de investigadores *Marine Sciences for Society*. Esta iniciativa refuerza la concienciación y en 2015 ganó el VI Premio a la Creatividad Social que otorga la Universidad de La Laguna, galardón que reconoce los proyectos que contribuyen a mejorar la calidad de vida de las personas, y a promover valores alternativos a favor del cambio social y el desarrollo humano, actualmente reúne en su grupo de facebook a más de 10.000 participantes.



Figura 4. Campaña de recogida de microplástico en superficie frente a la costa norte de La Graciosa, dentro del proyecto de investigación Microtrófic.

Con el tiempo y la presión creciente de la polución por microplásticos, la playa de Famara se ha convertido en el lugar de convergencia de las cada vez más numerosas iniciativas ciudadanas: Famara Limpia, COUP, Clandestino surf, Surf and Clean, etc.

Simultáneamente, el grupo EOMAR del Instituto ECOAQUA de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) lleva a cabo proyectos de investigación que intentan encontrar respuesta a varios interrogantes relacionados con la contaminación por microplásticos. El proyecto MICROTROFIC financiado por la ULPGC a Alicia Herrera (ULPGC 2015-04) y el proyecto BIOMAR (CEI-39-20162105-01), financiado por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación Sociedad de la Información y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER en el ámbito del CEI Canarias concedido a May Gómez, tienen como objetivos principales determinar la cantidad de microplástico que se deposita en la costa, dónde se acumulan, la cantidad que flota en las aguas de Canarias, y finalmente, si existe algún efecto en los organismos marinos. Este estudio está en su primera fase, y desde septiembre de 2015 se están colectando muestras en tres puntos de acumulación de microplásticos: Playa Lambra (La Graciosa), Famara (Lanzarote) y Las Canteras (Gran Canaria). Por otra parte, se han realizado cinco campañas de recolección de microplásticos en la superficie del mar frente a estas tres islas, utilizando una red “manta”, que recibe ese nombre debido a su semejanza con una manta raya (*Manta birostris*) (Fig. 4).

Los resultados preliminares muestran que todas las playas estudiadas presentan contaminación, sin

Desde el año 2009 se vienen realizando muestreos en las costas de Canarias, concentrando los esfuerzos en la playa de Famara, que se ha considerado como el observatorio de referencia de la red de Observatorios Participativos COASTAL.

embargo existe una gran variabilidad en las concentraciones de microplásticos a lo largo del año. Las concentraciones más altas encontradas se han relacionado con fuertes tormentas, como la que azotó las islas el 30 de octubre de 2015, lo que provocó una gran acumulación de fragmentos plásticos en Famara y Playa Lambra, con valores de más de 80 gramos por litro de arena.

Los primeros estudios para determinar la contaminación por microplásticos en organismos marinos tampoco han sido muy alentadores. Los datos muestran que el 33% de las bogas (*Boops boops*) y caballas (*Scomber colias*) capturadas en aguas de Canarias contenían fragmentos de plástico en sus estómagos. Por otro lado, investigadores del Instituto ECOAQUA (ULPGC) en colaboración con la ONG ADS Biodiversidad están estudiando la interacción de los plásticos y microplásticos en depredadores superiores de aguas de Canarias, centrando sus estudios en los ejemplares juveniles de tortuga boba (*Caretta caretta*) que utilizan estas aguas como zona de alimentación. Los datos obtenidos en los últimos 20 años en los Centros de Recuperación de Fauna Silvestre (CRFS) de los Cabildos insulares (Gran Canaria, Tenerife, Fuerteventura, Lanzarote y La Palma), muestran claramente la fuerte interacción existente entre las tortugas marinas y la basura marina que flota en la superficie de nuestros mares. Más del 50% de los ingresos de tortugas marinas en dichos centros se deben a enmallamientos con basura marina –redes, cuerdas, nylon, plásticos, sacos de rafia, bolsas, etc.- (Fig. 1).

Si bien esta interacción con basura marina es la más evidente, la ingestión de plásticos y microplásti-



Depositos de plásticos en una playa, acumulados en sucesivas mareas.

cos suponen otro problema añadido a la supervivencia de las tortugas marinas. Actualmente, se están desarrollando estudios en Gran Canaria y Fuerteventura para determinar la ingesta de macro y microplásticos por tortugas marinas, mediante la recolección de heces de los animales vivos que ingresan en los CRFS, así como el análisis exhaustivo del contenido del sistema digestivo de los animales que varan muertos en ambas islas. Resultados preliminares, presentados en 2016 por Patricia Ostiategui y Ana Liria-Loza en el simposio anual de biología y conservación de tortugas marinas, muestran la presencia de microplásticos en individuos presentes en aguas de Canarias, así como la variabilidad asociada al tipo de comida o al grado de contaminación de sus presas o alimento.

El siguiente paso en la investigación de microplásticos consiste en determinar las concentraciones de POPs en los propios microplásticos, así como su incorporación en la cadena trófica y su transferencia a los tejidos de los organismos marinos que los consumen. Los primeros resultados de concentración de POPs en las muestras de Famara fueron presentados en MICRO 2016. Para comprobar la transferencia de POPs de microplásticos a peces se realizarán análisis en muestras de tejido en los organismos colectados que contenían plástico en el estómago. En el caso de las tortugas marinas, y debido a la dificultad de obtener muestras por su situación de especie en peligro de extinción (IUCN, 2015), es necesario obtener muestras en animales vivos sin causarles ningún perjuicio. Por ello, se llevarán a cabo estudios basados en los realizados previamente por Fossi y colaboradores con rorcual común (*Balaenoptera physalus*) en el Mediterráneo⁶, que describen que la presencia de POPs procedentes de microplásticos ingeridos generan una serie de metabolitos (DEHP y MEHP) presentes en grasa y sangre, que pueden ser detectados mediante análisis de sangre. En tortugas se realizarán análisis de sangre para detectar variacio-

nes en la presencia de estos metabolitos en los individuos que presentaron distintas cantidades y tipos de plásticos o microplásticos ingeridos.

Búsqueda de soluciones a esta problemática

Diferentes equipos tanto de Canarias, como del territorio peninsular e internacional están trabajando arduamente en esta problemática. La primera conferencia internacional sobre microplásticos, MICRO 2016, reunió en Lanzarote a los principales especialistas sobre esta cuestión, concluyendo con la elaboración de “la Declaración de Lanzarote”, documento de síntesis firmada por 46 científicos, en nombre de los más de 600 participantes y de las 200 ponencias y comunicaciones de la Conferencia.

El nivel que ha alcanzado la contaminación por plástico en el planeta exige medidas urgentes al respecto. Hasta ahora, gran parte de las campañas apuntaban a concienciar a la población respecto a no tirar basura en el entorno natural, o en la regla de las 4 erres: Reducir, Reutilizar, Reciclar y Rechazar. Si bien se ha logrado un gran avance en la conciencia ecológica de la ciudadanía, esto no parece traducirse en una mejora en las cantidades globales de desechos plásticos. Esto nos lleva a preguntarnos si, a pesar de las campañas publicitarias de “greenwashing” (o lavado de imagen) de muchas empresas, este modelo económico basado en una sociedad de consumo nos incita a consumir plástico de forma desmedida e irresponsable con el medioambiente. En muchos artículos no se ofrece a la población una alternativa al consumo de plástico y, en este sentido, no se están tomando medidas reales y efectivas. Un claro ejemplo son las bolsas de plástico, con un consumo medio en la Unión Europea (UE) de 198 bolsas por persona al año, que representan un grave problema medioambiental ya que pueden permanecer en el ambiente más de 150 años.

Debido a la preocupación que ha generado este tema, la UE elaboró la Directiva (UE) 2015/720 donde se insta a los países miembros a que “tomen medidas para reducir de manera significativa el consumo de bolsas de plástico ligeras”. Sin embargo, si prestamos atención veremos que sólo menciona “bolsas de plástico ligeras”, lo que nos lleva a la complicada denominación que se da a las bolsas plásticas: ligeras (espesor menor a 50 micras), degradables, biodegradables, reciclables, compostables. Estos nombres nos hacen pensar que no afectan de forma alguna al medioambiente, pero la reali-

dad es que la mayor parte de las bolsas etiquetadas como 100% biodegradables no lo son en las condiciones que se dan en los vertederos. De las reciclables, sólo el 10% llega al contenedor amarillo, mientras las degradables llevan aditivos que hacen que se rompan en fragmentos diminutos que continúan en el ambiente y que podrían ser tóxicos. Este tipo de utilización del lenguaje genera en el consumidor la sensación de no estar contribuyendo a la contaminación por plástico, por lo que continúa utilizando plástico de un solo uso, ajeno a las consecuencias. Finalmente, poco se habla de reducir la producción de plástico de un solo uso que, por lo mencionado anteriormente, parece ser la única solución real a este problema.

Por el contrario, según PlasicEurope, la demanda de plástico para empaquetado está en aumento y supone un 39,5 % del total¹. Haciendo un cálculo rápido, si la producción global de plástico es de 311 millones de toneladas anuales, se producen aproximadamente 123 millones de toneladas de plástico para usar y tirar. Millones de toneladas que, a pesar de los esfuerzos que están haciendo en materia de reciclaje, terminan en su mayor parte en el vertedero, llegando así a su destino final, el océano. Se hace pues muy necesaria la colaboración y la cooperación a todas las escalas entre los diferentes sectores implicados, para mejorar el conocimiento, para realizar campañas de educación ciudadana y para cambiar las políticas medioambientales.

Bibliografía

- (1) PlasticsEurope. 2014. Plastics, the Facts 2014-2015. 1-32.
- (2) Eriksen, M.; Lebreton, L. C. M.; Carson, H. S.; Thiel, M.; Moore, C. J.; Borerro, J. C.; Galgani, F.; Ryan, P. G.; Reisser, 2014. *J. PLoS One* 2014, 1-15.
- (3) Cózar, A.; Echevarría, F.; González-Gordillo, J. I.; Irigoien, X.; Ubeda, B.; Hernández-León, S.; Palma, A. T.; Navarro, S.; García-de-Lomas, J.; Ruiz, A.; et al. 2014. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 111, 10239-10244.
- (4) Wilcox, C.; Van Sebille, E.; Hardesty, B. D. 2015. *Proc. Natl. Acad. Sci.*
- (5) Baztan, J.; Carrasco, A.; Chouinard, O.; Cleaud, M.; Gabaldon, J. E.; Huck, T.; Jaffrès, L.; Jorgensen, B.; Miguez, A.; Paillard, C.; et al. 2014 *Mar. Pollut. Bull.*, 80 (1-2), 302-311.
- (6) Fossi, M. C.; Panti, C.; Guerranti, C.; Coppola, D.; Giannetti, M.; Marsili, L.; Minutoli, R. 2012. Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Mar. Pollut. Bull.*, 64 (11), 2374-2379.



El blanqueamiento del coral pone en riesgo su futuro

Un paraíso al borde del colapso

Gonzalo Pérez-Rosales Blanch

CRIOBE, USR 3278 CNRS-EPHE, LABEX Corail, University of Perpignan, 66860, Perpignan, Francia.

Los arrecifes coralinos probablemente sean unos de los ecosistemas más importantes, ricos y diversos de nuestro planeta. A pesar de que representan menos del 2% de la superficie de los océanos, se estima que sustentan alrededor del 25% de la biodiversidad marina (sin contar lo que aún no conocemos de las profundidades). No solamente por su espectacular belleza y por la vida que albergan, sino porque se trata, claramente, de unos ecosistemas que el Planeta no puede perder. En 2011, se calculó que su valor económico a nivel mundial era superior a los 9,9 billones de dólares ($9,9 \times 10^{12}$)¹, por lo que su importancia socio-económica es más que evidente. Se estima que su beneficio anual está alrededor de los 30.000 millones de dólares (30×10^9)². Y no sólo eso, porque además de la fuente de ingresos que supone gracias a actividades recreativas, se

Figura 1. Diversidad morfológica y específica de corales en Rib Reef, durante la expedición a bordo del 'Ethereal sailboat' con el equipo de Exposure Labs y The Ocean Agency en la producción de 'Chasing Coral' por la Gran Barrera Australiana (elaboración propia).

calcula que los arrecifes coralinos sustentan la vida de aproximadamente 500 millones de personas que dependen directamente de sus servicios ecosistémicos, como son los recursos pesqueros, la protección costera, creación de superficie habitable y la fuente de nuevos productos utilizados en medicina.

Sin embargo, este paraíso está en peligro. A causa del ya indiscutible Calentamiento Climático el futuro de los arrecifes de coral está gravemente amenazado por el fenómeno del "blanqueamiento" o GCBE (de sus siglas en inglés Global Coral Bleaching Event), que según los expertos es el tercer evento global de estas características y que ha significado una pérdida superior al 50%. Los corales, a día de hoy (marzo de 2017), siguen sufriendo blanqueamiento en algunos lugares del mundo por tercer año consecutivo (2014-2017), y el futuro no es esperanzador.



No obstante, aún es pronto para conocer datos de mortalidad global del último episodio de blanqueamiento pero las proyecciones son aterradoras. A causa de ello, la comunidad científica manifestó su preocupación durante el último ‘*Simposio Internacional sobre Arrecifes de Coral*’, celebrado en junio 2016 en Hawai (EE.UU.). Numerosos estudios y proyecciones de futuro destacaron que, de no producirse una transición energética de combustibles fósiles a energías renovables lo antes posible, probablemente solo existan corales formadores de arrecifes –tal y como los conocemos ahora – en acuarios a mediados del presente siglo. Para algunos este dato no es sorprendente, pues numerosos científicos, como por ejemplo el profesor Ove Hoegh-Guldberg y el Dr. Charlie Veron, conocido en Australia como el “*padrino de los arrecifes de coral*”, ya llevaban años alertando sobre este fenómeno^{3,4}.

Los corales blanquean y mueren por la pérdida del alga *Symbiodinium*

Los corales formadores de arrecifes, del orden Scleractinia, están formados por una colonia de pólipos que pertenecen a la misma clase de las medusas, pero a diferencia de las mismas, no presentan fase medusa siendo organismos sésiles (excepto en su estado larvario). Estos corales viven en simbiosis con

Figura 2. Esquema informativo que muestra el proceso de blanqueamiento de un coral. Crédito: NOAA's Coral Reef Conservation Program.

una pequeña alga del tipo de las zooxantela (*Symbiodinium* sp.) que vive en su tejido y abastece al coral con hasta el 80% de sus carbohidratos y fuente de energía. Bajo condiciones favorables, estos corales son tremendamente eficaces en la formación de estructuras carbonatadas. De ahí que se les conozca como corales constructores de arrecifes. El conjunto de estos organismos es el que ha permitido la formación de las espectaculares barreras coralinas, atolones y arrecifes marginales. Con infinita variedad de colores, formas y especies, y su particular crecimiento en tres dimensiones (Fig. 1), destacar que la Gran Barrera Australiana es el único conjunto vivo de organismos visibles desde el espacio.

Los corales son especialmente eficaces bajo condiciones favorables, sin embargo, son tremendamente susceptibles al Cambio Climático. El calentamiento y la acidificación de los océanos están propiciando que las condiciones del hábitat sean un infierno para estos corales, dando lugar a su blanqueamiento y posterior mortalidad en masa. Una anomalía de temperatura de entre +0,5 y +2 °C, durante un periodo de 25 a 30 días, produce que los corales sufran blanqueamiento y, normalmente, mueran. Este blanqueamiento se



Figura 3. Fluorescencia del coral en Nueva Caledonia (Autor: The Ocean Agency / XL Catlin Seaview Survey / Richard Vevers).

produce por la rotura de la simbiosis entre el coral y el alga, debido a un excesivo metabolismo de las zooxantelas que maximizan su fotosíntesis, produciendo así un exceso de oxígeno que los corales (hospedadores en esta relación simbiótica) no pueden soportar, al resultarles tóxico, por lo que acaban expulsando el alga (holobionte) (Fig. 2). Las primeras zooxantelas en ser expulsadas son las realizan la fotosíntesis con longitudes de onda de menor frecuencia dentro del espectro de la luz, de ahí que los corales muestren su fluorescencia y expongan sus colores más brillantes (ultravioletas) y belleza mientras blanquean (Figs. 3, 4 y 6). Cuando estas algas que fotosintetizan a baja longitud de onda (en la banda del violeta y el azul) siguen produciendo oxígeno hasta el punto de que los corales no resisten, estas últimas son expulsadas como el resto de microalgas y es cuando el coral se vuelve totalmente blanco. Con ello, el coral no muere, pero sí pierde su mayor fuente de energía. Si las temperaturas no descienden y permiten el regreso de esta microalga pronto, los corales empiezan a morir por un proceso de malnutrición. Un coral se da por muerto cuando las cianobacterias y macroalgas empiezan a crecer sobre su esqueleto (proceso conocido como fouling o de ensuciamiento) (Fig. 5).

Un reconocimiento aéreo, liderado por el profesor Terry Hughes (director del Centro de Excelencia de Estudios de Arrecifes de Coral, de la Universidad James Cook, Australia), demostró que sólo un 7% de la Gran Barrera australiana se libró del blanqueamiento durante el verano de 2016⁵. Todavía no se conoce con exactitud el porcentaje de mortalidad, pero se habla de cifras de entre el 26% y el 76% en la parte norte⁶, la zona más afectada, aunque la Gran Barrera no ha sido la única que ha sufrido este proceso de blanqueamiento. Otras regiones como Nueva Caledonia, Okinawa, Hawaii, Maldivas e Islas del Caribe se han visto afectadas de forma similar.

El blanqueamiento debido al Calentamiento Global se agrava por el efecto de "El Niño"

Los escépticos al cambio climático defienden que el blanqueamiento coralino no ha sido debido al calentamiento global, sino al efecto del fenómeno de "El Niño" (El Niño -Oscilación del Sur; ENSO de sus siglas inglesas). Pero la realidad es que, de acuerdo a los estudios científicos publicados hasta ahora, la causa real de este blanqueamiento ha sido el calentamiento global con el agravante de la presencia de El Niño. El mismo Terry Hughes y otros científicos



Figura 4. Fluorescencia del coral en Okinawa, Japón (Autor: The Ocean Agency / XL Catlin Seaview Survey / Stephanie Roach).

coinciden en que si fuera sólo debido al Niño, los corales alrededor del mundo hubieran sufrido blanqueamiento a lo largo de la historia, lo cual no ha sido el caso. Durante un seminario entre las grandes universidades de Australia, Terry Hughes destacó que *“es un fenómeno demasiado evidente para no haber sido reportado antes de 1998, que fue el primero seguido del 2006 y el actual que empezó en 2014”*, por lo que se conoce que es un fenómeno reciente sólo explicable debido al calentamiento global.

Actualmente, en 2017, la Gran Barrera Australiana y otras localidades del hemisferio sur están volviendo a sufrir blanqueamiento por el incremento significativo de temperatura del océano. El problema es que estos episodios son cada vez más frecuentes, reduciendo el tiempo de resiliencia para que estos corales se recuperen entre episodios de blanqueamiento. Y si a esto se le suma, la contaminación oceánica, la sobrepesca —que favorece el éxito de las algas en la competencia alga-coral por el descenso de la presencia de peces herbívoros— y la acidificación oceánica, que reduce la formación de estructuras carbonatadas, no es difícil deducir que, de no cambiar las cosas, los ecosistemas coralinos, tal y como los conocemos ahora, pueden no existir para 2050.

La única solución real: cambio en el modelo energético

Numerosos científicos están trabajando en posibles soluciones para evitar que estos corales se extingan. Entre otras, existe la introducción de técnicas de modificación genética con la intención de crear corales térmicamente más resistentes para repoblar las zonas afectadas, el intentar mitigar los efectos de la contaminación marina o el establecer nuevas reservas marinas protegidas libres de pesca. Los problemas son que: (1) repoblar una extensión como la Gran Barrera australiana o el Triángulo de coral (Indonesia, Malasia, Papúa Nueva Guinea, Filipinas, Islas Salomón y Timor Oriental) es como repoblar una superficie del tamaño de Italia o Brasil, respectivamente, lo cual económicamente no es viable; y (2) que áreas de corales vírgenes protegidos, sin efecto de sobrepesca y contaminación, también han sido afectadas por el actual episodio de blanqueamiento.

Consecuentemente, la única solución posible para salvar los corales es revertir el actual Cambio Climático y marcarse como objetivo reducir a casi cero las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, pero aún así sus efectos se dejarían sentir durante al menos un siglo más, debido a sus elevados tiempos

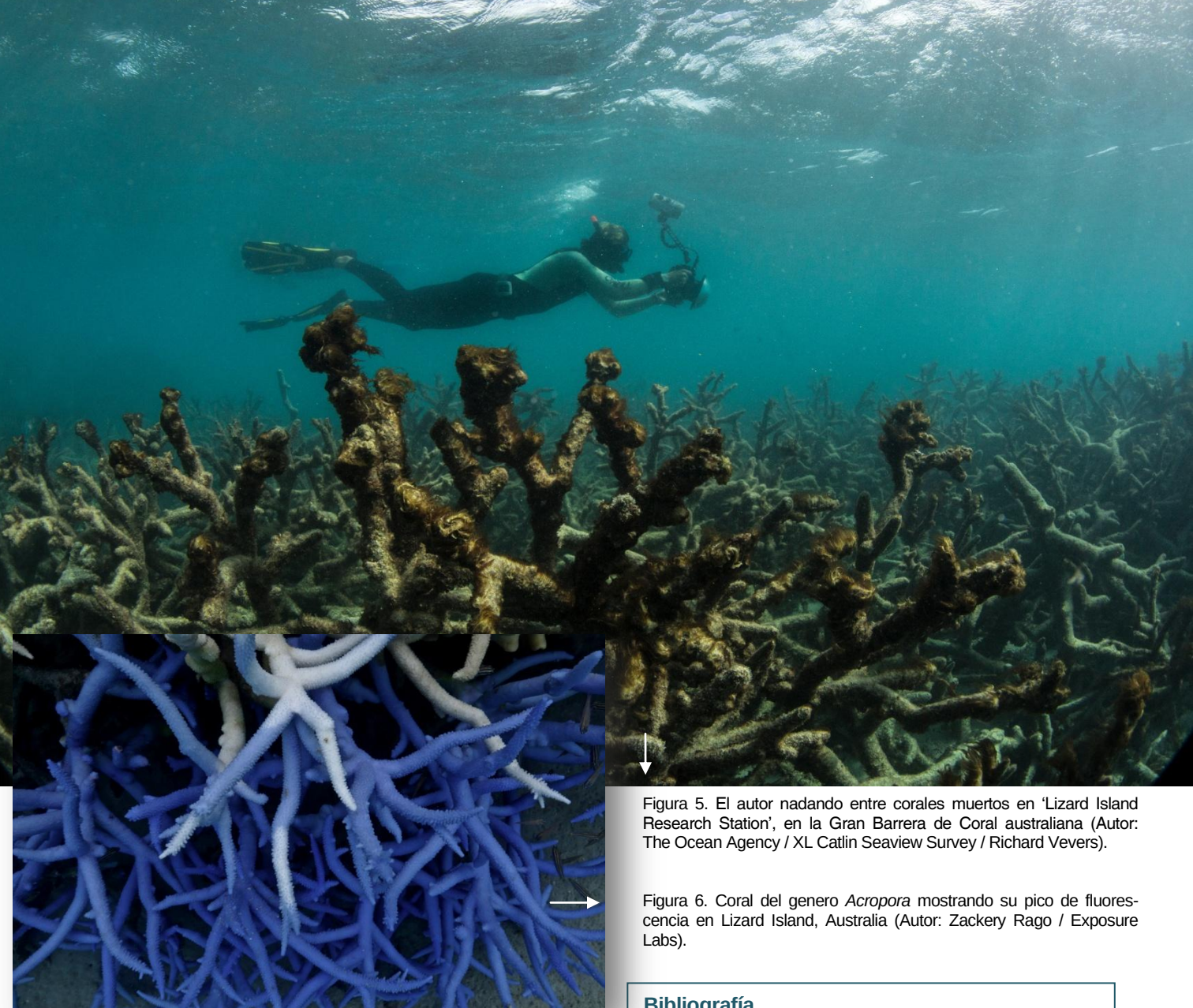


Figura 5. El autor nadando entre corales muertos en 'Lizard Island Research Station', en la Gran Barrera de Coral australiana (Autor: The Ocean Agency / XL Catlin Seaview Survey / Richard Vevers).

Figura 6. Coral del genero *Acropora* mostrando su pico de fluorescencia en Lizard Island, Australia (Autor: Zackery Rago / Exposure Labs).

de residencia en la atmósfera. Hay que favorecer un nuevo modelo económico hacia el uso generalizado de energías renovables. Durante el último Panel Inter-gubernamental sobre Cambio Climático (COP21), los corales fueron definidos como el foco de atención para crear la conciencia de que los efectos del Cambio Climático está más que presente y que el momento de actuar es ahora o nunca.

Para acabar con una noticia esperanzadora, un nuevo proyecto conocido como '50reefs' ha sido lanzado recientemente con la intención de encontrar qué arrecifes son los más adecuados y con mayor probabilidad de sobrevivir a los cambios que está experimentando el clima terrestre, para protegerlos al 100% y esperar que estos puedan servir de refugio y núcleo de repoblación una vez que el clima se estabilice.

Bibliografía

- (1) Costanza, R., R. de Groot, P. Sutton, S. van der Ploeg, S.J. Anderson, I. Kubiszewski, S. Farber y R.K. Turner. 2014. *Global Environ. Change*, 26:152–158.
- (2) Conservation International. 2008. *Economic Values of Coral Reefs, Mangroves, and Seagrasses: A Global Compilation*. Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International, Arlington, VA, USA.
- (3) Hoegh-Guldberg, O. 1999. *Mar. Freshw. Res.* 50:839–866.
- (4) Veron, J.E.N. 2008. *A Reef in Time: The Great Barrier Reef from Beginning to End*. The Bleknap Press of Harvard University Press. London.
- (5) ARC Centre of Excellence. *Coral Reef Studies*. <https://www.coralcoe.org.au/media-releases/only-7-of-the-great-barrier-reef-has-avoided-coral-bleaching> (16/03/2017)
- (6) ARC Centre of Excellence. *Coral Reef Studies*. <https://www.coralcoe.org.au/media-releases/life-and-death-after-great-barrier-reef-bleaching> (16/03/2017)

Efemérides

El viaje científico de Alejandro Malaspina por el Océano Pacífico

Figura 1. Corbetas Descubierta y Atrevida, llamadas así en honor a las del capitán James Cook "HMS Discovery" y "HMS Resolution", fondeadas en Cádiz. Museo Naval, Madrid.

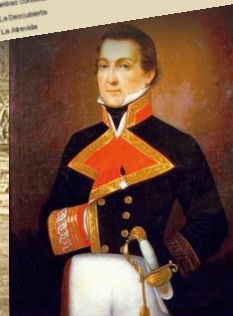
Amir Cruz Makki y Airam Sarmiento Lezcano
Sociedad Atlántica de Oceanógrafos. Islas Canarias.

Aunque la historia del viaje de las corbetas *Descubierta* y *Atrevida* no es muy conocida, sus logros han sido recientemente rescatados para la ciencia, y en *Okeanos* celebramos los 228 años del inicio de una de las expediciones científicas más apasionantes e interesantes promovidas en España y que, a día de hoy, sirve de referente para la realización de muchas otras como el Proyecto Científico Malaespina (2010-2011) para evaluar el impacto del cambio global en el océano.

La expedición de investigación comandada por Alejandro Malaspina y José Bustamante y Guerra, a bordo de las corbetas *Descubierta* y *Atrevida* (Fig. 1), da comienzo el 30 de julio de 1789 tras zarpar del Puerto de Cádiz. El propósito era incrementar los conocimientos en biología, botánica y geología, así como construir cartas hidrográficas de las zonas remotas de América y comprobar el estado de las colonias españolas a lo largo del Océano Pacífico.

Tras una parada en las Islas Canarias, las corbetas navegan juntas por la costa africana hasta Liberia y arriban en septiembre a Montevideo (Uruguay). Mientras la *Atrevida* estudia las islas Malvinas, la *Descubierta* se dirige al Estrecho de Magallanes, bordeando juntas el Cabo de Hornos hasta el Océano Pacífico. Ambas corbetas estudiaron por separado varias zonas de la costa oeste de Sudamérica hasta arribar a Acapulco (México) (Fig. 2) donde, al llegar, reciben el encargo de encontrar un paso entre el Océano Pacífico Norte y el Atlántico. Tras corroborar que este paso no existía (llegaron hasta Alaska para ello) y, tras cartografiar el estrecho de Juan de Fuca (entre Canadá y EE.UU.), continúan su viaje por todo el Pacífico alcanzando las Islas Marianas, Filipinas, Australia y Nueva Zelanda, desde donde regresan a El Callao (Perú). El 1 de junio de 1793 zarpan rumbo a Cádiz, llegando el 21 de septiembre de 1794.

Figura 2. Rutas seguidas por las corbetas *Descubierta* y *Atrevida* en su estudio de las costas del Atlántico Suroccidental y Pacífico.



(Izda.) Alejandro Malaspina (1754-1809). Navegante de origen italiano al servicio de la Armada Española durante el reinado de Carlos III y Carlos IV (Museo Naval de Madrid). (Dcha.) José de Bustamante y Guerra (1759-1825). Este marino español fue gobernador de Montevideo entre 1797 y 1804, y capitán general de Guatemala entre 1811 y 1818 (Museo Naval de Madrid).

En el desarrollo de la expedición participaron importantes científicos españoles del siglo XVIII, tales como los cartógrafos Felipe Bauza, Cevallos y Alcalá Galiano, el geógrafo José de Espinos y Tello, el hidrógrafo Gutiérrez de la Concha, naturalistas como Arcadio y Antonio Pineda, los botánicos Luis Née y Tadeo Haenke, los médicos Francisco Flores y Pedro M^a González y pintores como Juan del Pozo, Juan Ravenet y Tomás Suria. Entre todos ellos realizaron valiosos trabajos de botánica (16.000 plantas recolectadas), zoología, geología, sanidad, profilaxis y dietética, astronomía, hidrografía, meteorología, de variación magnética, etnología, demografía, con mayor detalle y profundidad que los realizados 42 años más tarde, en 1831, la expedición del *HMS Beagle* con el célebre Charles Darwin. También se realizó la cartografía de las costas de Argentina, Patagonia, Islas Malvinas, Chile, Perú, Ecuador, noroeste de América del Norte, Islas Marianas, Filipinas, Australia, Nueva Zelanda y Archipiélago de Vava'u (al norte de Tonga).

Tras la expedición, Alejandro Malaspina y José Bustamante fueron ascendidos a brigadier, pero Malaspina critica la mala situación y administración de las colonias y el primer ministro de Carlos IV, Manuel Godoy, lo encarcela y requisa todo el archivo de la expedición. En 1885 gran parte de la documentación de la expedición es publicada por Pedro Novo Colson, con el nombre de "*Viaje político-científico alrededor del mundo por las corbetas Descubierta y Atrevida al mando de los capitanes de navío D. Alejandro Malaspina y D. José de Bustamante y Guerra desde 1784 a 1794*".

Bibliografía

- (1) Galera Gómez, A. 2010. Las corbetas del Rey. El viaje alrededor del mundo de Alejandro Malaspina (1789-1794). España: Comunicación y Gestión Ambiental ALAIRE, S.L. ISBN: 978-84-923846-9-3.

La nitrificación como una de las estrategias de resiliencia de nuestro planeta

Alerta CO₂



Figura 1. Micrografía de Transmisión Electrónica de *Nitrososphaera ammonia-oxidans* SFB1, una bacteria amoníaco-oxidante aislada en sedimentos de baja salinidad del estuario de la Bahía de San Francisco (Extraída de C. Franco, <https://earth.berkeley.edu/~caf/>)

Mayte Tames-Espinosa y May Gómez

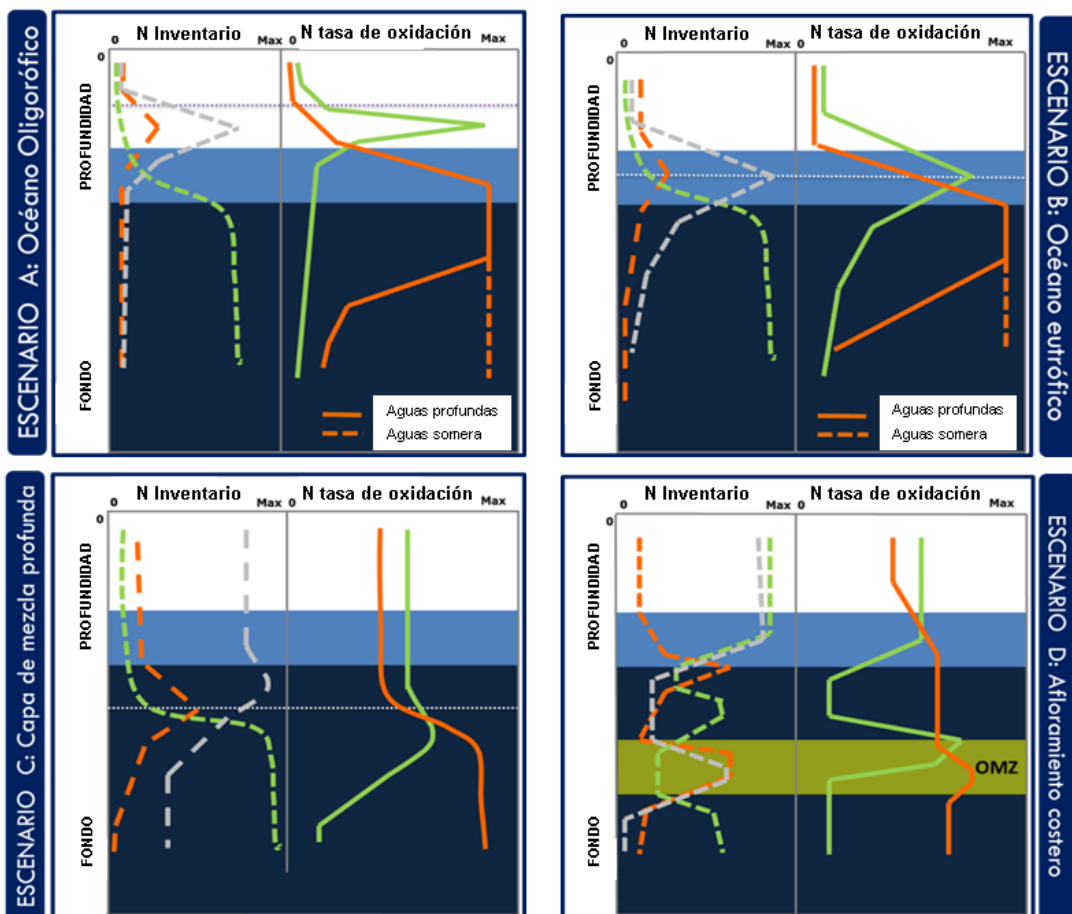
Grupo de Ecofisiología de Organismos Marinos (EOMAR), IU-ECOQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España

Vivimos en tiempos de cambio: cambios en la sociedad, en la cultura, en la economía... y en el medio que nos rodea. En la actualidad, no podemos negar el impacto que provocamos en nuestro entorno, siendo uno de sus efectos principales los acelerados cambios en el clima. Una de sus causas principales parece ser el efecto invernadero provocado por el aumento del CO₂ atmosférico. En este escenario, conocer los procesos que permiten su fijación desde el entorno resulta de especial interés para entender la capacidad de mitigación existente en el medio ambiente.

¿Cómo el océano participa en la capacidad de resiliencia del planeta en este ámbito? Existen organismos fotosintéticos y quimiosintéticos que tienen como fuente de carbono el CO₂, de tal manera que lo fijan creando materia orgánica. Parte de la ésta

llega a alcanzar el océano profundo, donde el carbono puede quedar almacenado durante miles de años. La principal diferencia entre estas dos clases de organismos es su fuente de energía: mientras que los organismos fotosintéticos la obtienen de la luz, los quimiosintéticos la consiguen por medio de reacciones químicas.

Los organismos fotosintéticos han sido intensamente estudiados a lo largo de la historia^{1,2}. Sin embargo, los hallazgos relacionados con los organismos quimiosintéticos, compuestos principalmente por bacterias (y las recientemente conocidas *archaea*) (Fig. 1), siguen sorprendiéndonos diariamente. Dentro de este grupo, merecen una mención especial los organismos nitrificantes, formados por una comunidad compuesta, por un lado, de organismos que obtienen la energía mediante la oxidación de amonio (NH₄⁺) a nitrito (NO₂⁻), y por otro, de aquellos que lo hacen mediante la oxidación de NO₂⁻ a nitrato (NO₃⁻).



Conocer los procesos que permiten su fijación desde el entorno resulta de especial interés para entender la capacidad de mitigación existente en el medio ambiente.

Pero, ¿por qué son importantes estos organismos?

Curiosamente, estos microorganismos tienen la capacidad de influir en la fijación del CO_2 de manera tanto directa (son organismos autótrofos) como indirecta, generando compuestos del nitrógeno (NO_2^- y NO_3^-) que son utilizados por el resto de la comunidad autotrófica como fuente de energía o nutrientes. Por otra parte, a diferencia de los organismos fotosintéticos, además de captar CO_2 , también consumen O_2 para la oxidación de los compuestos de nitrógeno. En las últimas décadas se ha profundizado en su estudio, y su actividad ha sido medida de muy diferentes maneras (análisis de la variación de la concentración de nutrientes en incubaciones, medición de estos nutrientes en el medio natural, medición a partir de la fijación de CO_2 , mediciones por medio de isótopos...), aportando un mayor conocimiento del proceso. Sin embargo, aún sigue siendo particularmente complicada su cuantificación a niveles globales.

El conocimiento de la comunidad nitrificante es muy difícil dado que está formado por organismos especialmente pequeños: no sólo no superan las $3\mu\text{m}$, sino que gran parte de la comunidad es menor de $1\mu\text{m}$ (*archaea*). Su existencia ha pasado desapercibida durante décadas, e incluso hoy en día, el cuantificar su influencia con exactitud sigue siendo un reto. Afortunadamente, el desarrollo de nuevas técnicas, como puede ser el análisis molecular (tanto de ADN como de ARN), está arrojando luz sobre estos grandes desconocidos, incidiendo en el hecho de que procesos como la nitrificación en el océano, y con ello la fijación de CO_2 asociada, han sido subestimados a lo largo del tiempo por la comunidad científica.

En este sentido, la nitrificación en el océano, como todos los procesos biológicos, se ve afectada principalmente por algunos factores ambientales. En particular la luz, la estratificación de la columna de

agua, la concentración de O_2 y la disponibilidad de nutrientes parecen ser los factores esenciales en su distribución³. En la Figura 2 se destaca la variabilidad de la distribución de este proceso en la columna de agua en océano abierto. En ella se pueden observar las diferencias existentes entre las zonas pobres en nutrientes (oligotróficas) y las zonas de afloramientos o ricas en nutrientes (eutróficas), así como la influencia de la combinación de estas condiciones y el resto de factores ambientales.

¿En las aguas canarias se da este proceso?

En Canarias, las condiciones del agua pueden variar mucho en función de la época del año, el régimen de vientos que esté dominando o incluso si nos encontramos al norte o al sur de las islas. Durante los meses de verano, por ejemplo, nos encontramos una situación en la que existen muy pocos nutrientes y, debido a la temperatura superficial, la columna de agua está muy estratificada. Así, de acuerdo a la figura 2, hay varios escenarios posibles. En el Escenario A podemos observar qué ocurre con la distribución de la comunidad nitrificante en estas circunstancias. La carencia de nutrientes deriva en que exista poca biomasa al limitar el crecimiento de la comunidad planctónica. Esto, a su vez, permite que la luz penetre más en la columna de agua, dando lugar a una capa eufótica más profunda, ya que su atenuación por la profundidad es más paulatina.

Debido a esta ampliación de la capa eufótica, y a la estratificación de la columna de agua, la disponibilidad de NH_4^+ alcanza su valor máximo en una zona donde aún hay cierta intensidad lumínica, permitiendo que la oxidación de NH_4^+ se produzca en presencia de luz. Asimismo, aunque los organismos oxidantes del NO_2^- son más sensibles a este factor, la atenuación paulatina de la luz permite su distribución en función de su intensidad alcanzando los valores máximos en la zona de penumbra. En estas circunstancias, específicas de zonas oligotróficas, esta comunidad se vuelve esencial, ya que se ha comprobado que son capaces de regenerar hasta el 100% de los nutrientes derivados del nitrógeno que necesitan los organismos fotosintéticos presentes en estas zonas. Esto hace que sean los responsables de mantener el abastecimiento de recursos que sostienen la escasa producción primaria que se genera en estas áreas⁴.

Y en las zonas con mucho aporte de nutrientes, ¿también son importantes?

Aunque esta situación no es común en las Islas Canarias, hay zonas especialmente influenciadas

por el hombre que, en verano, pueden derivar en situaciones como la descrita en el Escenario B (Fig. 2). En el Mar Báltico, por ejemplo, nos podemos encontrar con una columna de agua muy estratificada, con, además, altas concentraciones de nutrientes. La comunidad fitoplanctónica, concentrada en las capas más altas de la columna, da lugar a una alta producción primaria y, con ello, a un aumento drástico de la biomasa. La luz se atenúa rápidamente en la columna de agua, generando una capa eufótica muy poco profunda. En estas zonas, los máximos de NH_4^+ se encuentran ya en la zona oscura, y el proceso de su oxidación se concentra en la zona donde la intensidad de luz es menor del 0,01% de la superficial. La oxidación de NO_2^- comienza a darse también en esta zona, pero se realiza principalmente en ausencia de luz, en la zona afótica. En este caso su importancia reside en que, incluso donde no se produce la fijación de CO_2 por la comunidad fotosintética, sigue existiendo cierta capacidad de resiliencia por parte de esta comunidad. Sin embargo, el exceso de nutrientes de origen antropogénico y el consumo de O_2 , tanto por esta comunidad como por el resto de los organismos heterótrofos, hace que estas zonas tengan graves problemas de anoxia en profundidad.

No obstante, en los océanos también hay zonas donde los fuertes vientos evitan que la columna de agua se mantenga estratificada. Este factor, en combinación con la orografía costera, permite la ascensión de nutrientes desde capas más profundas, donde los organismos responsables de la remineralización de nutrientes (entre ellos los nitrificantes) han sintetizado compuestos esenciales para la comunidad fitoplanctónica superficial. Los escenarios C y D (Fig. 1) son dos ejemplos de estas circunstancias. Con una capa de mezcla muy profunda, cualquier punto por encima del comienzo de la termoclina permanente permite observar valores similares tanto de nutrientes, como de oxidación de NH_4^+ como de NO_2^- , independientemente de la intensidad de luz. Esto es debido a que la mezcla afecta tanto a nutrientes como a la comunidad existente desde una zona a otra de la columna de agua, no permitiendo su distribución heterogénea en función de la luz.

En el escenario D (Fig.1) los organismos se encuentran asociados a una zona de afloramiento permanente, caracterizadas por ser zonas de gran productividad, con importantes pesquerías, que suelen encontrarse en los márgenes continentales al este de los grandes océanos (por ejemplo: los afloramientos del Sahara, Namibia, Perú o California).

En estas zonas, pueden producirse en profundidad zonas de mínimo de oxígeno (OMZ, en sus siglas en inglés) debido a la gran proliferación de materia orgánica derivada de las floraciones (blooms) fitoplanctónicas, generados por el aporte continuo de nutrientes. Los organismos de esta comunidad específica se encuentran adaptados a estas condiciones de bajos niveles de O_2 , habiendo desarrollado rutas metabólicas algo diferentes para realizar tanto la oxidación del NH_4^+ como la del NO_2^- ⁵. La oxidación de NH_4^+ adquiere valores máximos al comienzo de esta zona, en la denominada oxiclina, mientras que la oxidación de NO_2^- se realiza dentro de la propia OMZ. Lamentablemente, durante el proceso emiten como subproducto el óxido nitroso (N_2O), un gas de efecto invernadero que también destruye la capa de ozono. La proliferación de estas zonas con OMZ es uno de los problemas ambientales que se están estudiando en la actualidad, sobre todo en zonas donde la eutrofización por el impacto antropogénico es la causa principal de las mismas (por ejemplo, en el Mar Báltico).

¿Qué papel jugamos nosotros?

En la actualidad, existen multitud de investigaciones relacionadas con la nitrificación que resaltan la necesidad de mejorar los modelos de flujos de carbono planteados hasta la fecha, incluyendo este importante proceso quimiosintético y su variabilidad en los océanos. El conocer con mayor exactitud este proceso, permite profundizar en la influencia del océano como sumidero de CO_2 y, por ende, en la capacidad de resiliencia de nuestro planeta. Sin embargo, tal y como se puede extraer de lo dicho anteriormente, el ser humano está influyendo a distintos niveles en esta capacidad, donde las emisiones de CO_2 es sólo uno de nuestros impactos. La proliferación de zonas de mínimo de oxígeno por un aporte masivo de nutrientes, está derivando en otros efectos contraproducentes, como por ejemplo la emisión de N_2O , por parte de la comunidad nitrificante. Es nuestra responsabilidad el ser conscientes del impacto que estamos produciendo en el medio natural, y el actuar en consecuencia. En este caso, un cambio en las fuentes energéticas que son actualmente la base de nuestra economía y la exigencia de una mejora continua en los procesos de depuración y gestión de vertidos, así como un consumo responsable, sería esencial para minimizar el impacto de nuestra sociedad. Ignorar nuestros efectos hace que llevemos al límite la capacidad de resiliencia de los ecosistemas... y desconocemos los nuevos escenarios a dónde nos pueden llevar.



Bibliografía

- (1) Ducklow, H.W., & S.C. Doney. 2013. Ann. Rev. Mar. Sci., 5, 525-533.
- (2) Williams, P.J.L.B., P.D. Quay, T.K. Westberry, & M.J. Behrenfeld 2013. Ann. Rev. Mar. Sci., 5, 535-549
- (3) Tames-Espinosa M., M. Gómez, & T. Packard. 2013. A new conceptual model of nitrification: A key factor in resolving the metabolic state of the ocean. Master Thesis Oceanog. ULPGC. <http://hdl.handle.net/10553/10885>
- (4) Clark, D.R., A.P. Rees, & I. Joint. 2008. Limnol. Oceanog., 53(1), 52.
- (5) Lam, P., & M.M.M. Kuypers. 2011. Ann. Rev. Mar. Sci., 3, 317-345.

Comportamiento de emergencia del nido en neonatos de tortuga boba (*Caretta caretta*)

Luis Felipe López Jurado, Ana Liria-Loza

y Nayra Hernández Acosta

Instituto Universitario EcoAqua. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España.

El largo nacimiento de las tortugas

Las características de algunos comportamientos de las tortugas marinas recién nacidas son muy difíciles de observar, puesto que tienen lugar en el interior de la masa de arena que cubre los nidos. Demmer¹ en un estudio sobre *Caretta caretta*, afirma que el ciclo de vida de las tortugas marinas después de su desarrollo embriológico puede dividirse, desde neonato hasta adulto, en tres estadios, cada uno de los cuales se caracteriza por mostrar una variedad de modelos conductuales. Al primero lo denomina “estadio de *facilitación social*” y es del que trataremos en este artículo. Este comportamiento se subdivide en tres patrones de comportamientos muy diferenciados que desde el punto de vista de los neonatos se denominan respectivamente: “nacimiento” o eclosión de los huevos, “ascensión” de los neonatos en sentido vertical hacia la superficie y, finalmente, “emergencia” o la salida de las tortuguitas del interior de la masa de arena. Estos tres patrones consecutivos de comportamiento muestran una pausa temporal en su cronología.

Tras el nacimiento o eclosión de los huevos, los neonatos muestran una *primera pausa temporal* al quedar inmóviles junto a las cáscaras durante entre 1,5 y 26,6 horas. Tras esta pausa, la mayor parte de las tortugas recién eclosionadas se dirigen hacia la superficie (ascensión). Carr y Hirth² y Bustard³, en nidos a punto de emergencia de los neonatos, observaron que durante el día, cuando los primeros neonatos llegan a la superficie y captan temperaturas demasiado altas, detienen su movimiento. Teniendo en cuenta el mecanismo de *facilitación social*, el empuje que sufren éstas primeras tortugas por parte de las que se encuentran más abajo, puede tener muchas y variadas características de intensidad, tiempo y dirección. Como consecuencia de ello la posición corporal de las tortuguitas recién llegadas a la superficie puede variar, desde la vertical hasta la horizontal.

Foto	Hora	Intervalo	Nº individuos	Comportamiento
Foto 1	20:40:37		1	
Foto 2	20:45:43	0:05:06	2	Pocas individuos (cabezas y narinas) e inmóviles
Foto 3	20:46:07	0:00:24	2	
Foto 4	20:49:04	0:02:57	3	
Foto 5	21:38:09	0:49:05	4	Aumenta el número de individuos pero todavía inmóviles
Foto 6	22:22:07	0:43:58	12	
Foto 7	22:24:06	0:01:59	12	
Foto 8	22:30:13	0:06:07	14	Frenesí de movimientos y emergencia del nido propiamente dicha
Foto 9	22:37:54	0:07:41	15	
Foto 10	22:41:00	0:03:06	>20	
Foto 11	22:44:00	0:03:00	>40	

Tabla 1: Tiempo de cada fotografía e intervalos entre cada una de ellas o entre cada movimiento. Número de individuos y descripción del comportamiento observado.

Inmóviles bajo la arena esperando a que refresque para ir al mar

En este preciso momento se observan sobresaliendo de la arena las cabezas, o medios cuerpos, de entre 2 a 6 tortuguitas, pero siempre inmóviles, como congeladas en esa posición, y sólo recuperan la movilidad al descender la temperatura ambiente. Otras veces, sin embargo, la potencia del empuje de las tortuguitas en posiciones más profundas provoca que algunas de las situadas más arriba terminen por salir totalmente del nido e inmediatamente se dirigen al mar, aunque inevitablemente mueren tras recorrer tan solo unos metros. Cuando se saca manualmente de la superficie del nido a varias tortuguitas de las que tienen la cabeza o medio cuerpo fuera de la arena, se comprueba que automáticamente las que se encuentran bajo ellas interpretan este “movimiento” como una emergencia hacia el mar, e inmediatamente se produce la salida en masa de todos los animales.

Todo lo anterior demuestra la existencia de una “*segunda pausa temporal*”, aunque Demmer¹ no menciona su existencia, sino que tan sólo describe una serie de movimientos espasmódicos que tienen lugar por debajo de la superficie de la arena y que son producidos por los neonatos recién llegados a este punto. Ambas pausas temporales podrían obedecer a la necesidad de detectar las condiciones ambientales existentes: (i) en la arena que rodea a los huevos y (ii) en la superficie, antes de salir de la arena para dirigirse al mar. Ésta última sería para nosotros el auténtico momento de la emergencia o salida del nido.

Secuencia de emergencia de un nido en Cofete (Fuerteventura)

Foto 1: Hora: 20.40.37



Foto 2: Hora: 20.45.43



Foto 3: Hora: 20.46.07



Foto 4: Hora 20:49:04



Intervalo 1-2: 00:05:06

Intervalo 2-3: 00:00:24

Intervalo 3-4: 00:02:57

Los neonatos de todas las especies de tortugas marinas emergen de sus nidos casi exclusivamente durante la noche. Es posible que esto se deba a la necesidad de evitar ser capturadas por los predadores terrestres mientras intentan llegar al mar. Hendrickson⁴, por su parte, afirma que las altas temperaturas que se alcanzan sobre la superficie de la arena durante el día son el factor más importante y decisivo para desencadenar este comportamiento. Son estas altas temperaturas ambientales, por encima de la arena que cubre el nido, las que motivan una letárgica o inmovilidad de las tortuguitas, que desaparece en cuanto la temperatura desciende. Además de en tortuga verde (*Chelonia mydas*), este comportamiento también ha sido observado en tortuga boba (*Caretta caretta*) y Carey (*Eretmochely simbricata*). En estas últimas, los neonatos de 6 cm de longitud van ascendiendo por la arena del nido con el cuerpo en posición vertical y, cuando llegan a 2 cm por debajo de la superficie, encuentran una temperatura algo menor de 29 °C (o 28,5 °C), por encima de la cual los neonatos no salen del nido.

En definitiva se puede sintetizar este patrón comportamental en: (i) que la señal para que emerjan los neonatos, que están detenidos a varios centímetros por debajo de la superficie, está controlada por un límite crítico de temperatura por encima del cual las tortuguitas no emergen; (ii) que a la puesta de sol el gradiente térmico se invierte y una hora, o más, después de que la temperatura haya descendido por debajo del límite, las tortuguitas comienzan a salir a la superficie; y (iii) que la caída de la temperatura es también la responsable de las emergencias que ocurren en días lluviosos, nubosos o fríos, durante el día.

Constatación de la emergencia en tortugas nacidas en Canarias

En el año 2006, y en el marco del Proyecto "Ampliación del Hábitat reproductor de la tortuga boba en la Macaronesia" (MAC I, UE, Canarias, Cabo Verde), se realizó una translocación experimental de huevos

Tras el nacimiento o eclosión de los huevos, los neonatos muestran una *primera pausa temporal* al quedar inmóviles junto a las cáscaras durante entre 1,5 y 26,6 horas.

de *Caretta caretta* recién puestos en la playa de Ervatão (isla de Boavista, Cabo Verde) a la playa de Cofete (isla de Fuerteventura, Canarias), en la que se enterraron grupos de 80-95 huevos en 3 nidos excavados por el equipo del profesor Luis Felipe López-Jurado.

El desarrollo de estos huevos fue seguido durante todo el proceso de incubación hasta el momento del nacimiento, a finales de noviembre (XX días de incubación), y la posterior emergencia de los neonatos. En estos nidos, el seguimiento de las emergencias se efectuó por observación directa y mediante series correlativas de fotografías. La serie de fotos comenzó a tomarse a partir del primer momento en el que se observó, sobre la superficie del nido, una parte del cuerpo de algún neonato (cabeza, región dorsal, etc.). A partir de esta primera foto, cada vez que se observaba visualmente algún movimiento en la superficie del nido, se tomaba una nueva foto. De este modo se consiguió, de un mismo nido, una serie de 16 fotografías correlativas que ilustran claramente el comportamiento de emergencia de los neonatos de *Caretta caretta* (Tabla 1, fotos 1 a 11).

El proceso de emergencia de los neonatos se ilustra gráficamente tal y como ha sido descrito (Fotos 1-11). Hasta la foto 5 se aprecian movimientos de emergencia que oscilan entre 24 segundos y 5 minutos aproximadamente. Por el contrario, las fotos 6 y 7 están separadas por intervalos de entre 49 y 44 minutos aproximadamente, lo que significa que los animales están inmóviles durante mucho tiempo.

Secuencia de emergencia de un nido en Cofete (Fuerteventura)

Foto 5: Hora: 21:38:09



Intervalo 4-5: 00:48:55 Intervalo 5-6: 00:43:58

Foto 6: Hora: 22:22:07



Intervalo 6-7: 00:31:59

Foto 7: Hora: 22:24:06



Intervalo 7-8: 00:06:07

Foto 8: Hora 22:30:13



Foto 6 (detalle)



La posición en la superficie del nido tanto de las cabezas como de las narinas o pares de orificios nasales, indican sin duda que el ascenso de los neonatos de *Caretta caretta* se produce con el cuerpo en vertical, al igual que describió Mrosovsky⁵ para tortuga verde y carey.

Posiblemente el factor determinante para que la emergencia del nido tenga lugar es la temperatura superficial de la arena, por eso el mayor tiempo transcurrido entre dos fotos es indicativo de la inmovilidad de los neonatos ya que detectan una temperatura muy alta que no les permitiría llegar al agua con vida. Al principio de esta secuencia el número de animales que se aprecian en la superficie de la arena es bajo (1-3 individuos), lo que significa que aún no se ha establecido un número suficiente de neonatos inmóviles como para bloquear los movimientos de empuje por parte de las que están más abajo. Sin embargo, con el paso del tiempo, este número va aumentando (hasta 14-15 individuos) y se ralentiza el proceso de emergencia.

Entre las fotos 8, 9 y 10, bien adentrada la noche, los intervalos entre instantáneas oscilan entre 2 y 8 minutos aproximadamente, por lo que a partir de la foto 9 se aprecian claramente la aceleración de los movimientos de emergencia que terminarán con todos los neonatos fuera de la arena.

La posición en la superficie del nido tanto de las cabezas como de las narinas o pares de orificios nasales, indican sin duda que el ascenso de los neonatos de *Caretta caretta* se produce con el cuerpo en vertical, al igual que describió Mrosovsky⁵ para tortuga verde y carey. De este modo si el empuje hacia arriba de las tortuguitas situadas a mayor profundidad no es demasiado intenso, la primera parte del cuerpo que llega a la superficie, y

Secuencia de emergencia de un nido en Cofete (Fuerteventura)

Foto 9: Hora: 22:37:54



Intervalo 8-9: 00:07.43

Foto 10: Hora: 22.41



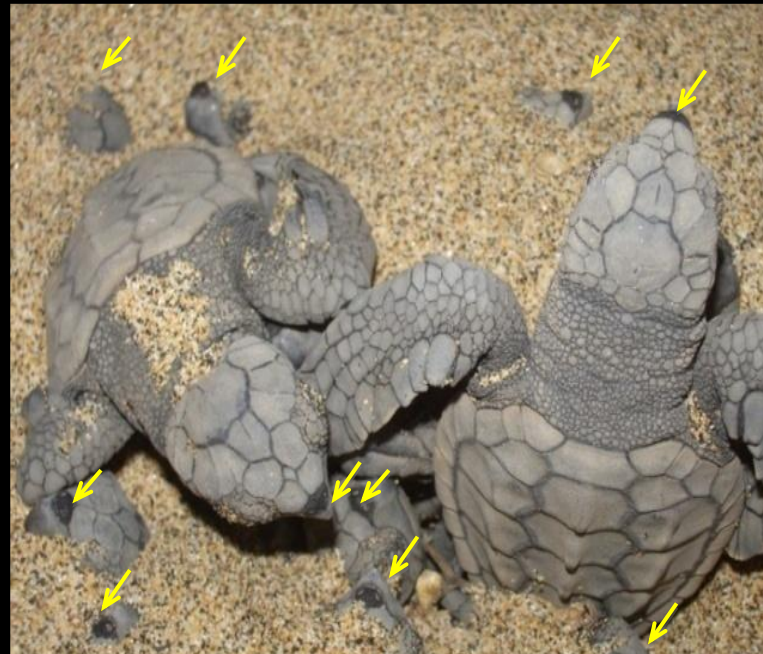
Intervalo 9-10: 00:03.06

Foto 11: Hora: 22.44



Intervalo 10-11: 00:03.00

Foto 7 y 8 (detalles)



hace contacto con el exterior son las narinas. Por consiguiente, la hipótesis de que los neonatos captan la temperatura superficial de la arena mediante alguna estructura sensorial que se localiza en la cabeza y más específicamente en la zona de color negro de las narinas, parece correcta.

En la foto 6 (detalle) se observa claramente la inmovilidad de los neonatos una vez que los orificios nasales llegan a la superficie de la arena y en el detalle de las fotos 7-8 vemos la misma situación, aunque con mayor número de tortugas. Por esto, sospechamos que las estructuras que captan la temperatura del aire y de la arena superficial deben estar localizadas en los orificios nasales,

siendo este órgano sensorial la clave para que la emergencia en un nido de tortugas marinas se produzca o no. Un análisis anatómico de la estructura de las narinas permitiría identificar la existencia o no de dicho órgano.

Bibliografía

- (1) Demmer, R. 1981. The Hatching and Emergence of Loggerhead Turtle (*Caretta caretta*) Hatchlings. *Masters Thesis*. University of Central Florida.
- (2) Carr, A., y H. Hirth. 1961. *Animal Behaviour*, 9(1):68-70.
- (3) Bustard, H.R. 1967. *Nature*, 214(5085):317-317.
- (4) Hendrickson, J.R. 1958. *Proc. Zool. Soc. London*, 130(4):455-535.
- (5) Mrosovsky, N. 1968. *Nature*, 220(5174):1338-1339.

Excavación paleontológica en Órzola (Lanzarote)



Figura 1. Imagen de satélite de Lanzarote, donde se indican las localidades del norte de la isla citadas en el texto (fuente: NASA).

Figura 2. Vista de los trabajos en Valle Chico, Órzola (norte de Lanzarote, Islas Canarias).

Juan Francisco Betancort Lozano
Sociedad Atlántica de Oceanógrafos, España.

Canarias, un laboratorio de la evolución

La situación geográfica de las Islas Canarias les confiere el papel de testigo privilegiado de la evolución del clima terrestre. Su naturaleza de islas oceánicas volcánicas, expuestas a estructuras oceanográficas de escala global como es la Corriente de Canaria, y fenómenos más locales como el afloramiento costero de la costa occidental de África, en una latitud que les permite actuar de puente natural entre el norte de África, el Mediterráneo, sur de Europa y el Caribe, es lo que determina no sólo los ecosistemas actuales sino también los pasados. Y son estas características las que permiten que los procesos de evolución y adaptación de las especies animales y vegetales estén especialmente bien representados en Canarias, tanto en ambientes marinos como terrestres, igualmente en animales que en plantas. De este modo, el número de endemismos y paleo-endemismos en relación con la biodiversidad insular, permite cuantificar como punto caliente de biodiversidad, a escala global, a las Islas Canarias. Así, es posible definir una serie de indicadores fósiles o paleo-indicadores que no solo nos permitirán inferir condiciones paleoclimáticas sino paleoceanográficas.

Uno de estos paleoindicadores más notables son los niveles sedimentarios terrestres en la costa norte de Lanzarote, con una fauna tan especial como pueden ser la presencia de aves gigantes no voladoras, tortugas terrestres, serpientes, y donde, desde hace 4 años, un equipo del Instituto Catalán de Paleontología, liderado por el Dr. Antonio Sánchez Marco, en colaboración con investigadores de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Centre Nationale de la Recherche Scientifique de Francia, y con el apoyo del Cabildo de la isla, está llevando a cabo una interesante excavación.

El tiempo congelado en sedimentos

La historia de estos niveles no es reciente, ya dentro del imaginario popular existía un reconocimiento de estos estratos de arenas con huevos fósiles. Trabajos anteriores^{1,2} han interpretado los restos existentes en estos depósitos como aves gigantes no voladoras, denominadas ratites, del tipo del moa, avestruz, kiwi, etc. Sin embargo, otros investigadores los han interpretado estos fósiles como pertenecientes a aves marinas gigantes³, del orden *Odontopterygiformes*, similares a albatros.



Figura 3: Vista de los yacimientos en Fuente Gusa, con Punta Fariños al fondo (norte de Lanzarote, Canarias).

Estos yacimientos se localizan en la costa norte de Lanzarote, entre las coladas volcánicas que conforman el macizo de Famara (Fig. 1). Los principales puntos de trabajo son Valle Grande, Valle Chico y Fuente de Gusa. En Valle chico (Fig. 2) existe un antiguo horno de cal, donde se quemaban esas arenas fosilíferas para obtener cal, y en Fuente de Gusa (Fig. 3) destaca un naciente de agua que durante mucho tiempo fue usado por los habitantes de la comarca, y especialmente de La Graciosa, para abastecerse. Hoy en día sólo pertenece a las cabras salvajes que por ahí moran.

Los trabajos de excavación se vienen realizando en verano, desde el 2013, con una duración de entre 15 y 20 días y una participación que en ocasiones ha superado los 20 voluntarios.

La geología de la zona es compleja. Los materiales del macizo de Famara han sido considerados como de los más antiguos de Lanzarote y, por extensión, entre los más antiguos de Canarias. Trabajos recientes desarrollados al albur de este proyecto⁴ han permitido no sólo caracterizar estos depósitos como pertenecientes a un ambiente dunar, con abundantes flujos de agua posiblemente asociados a precipitaciones, en sincronía con emisiones volcánicas de piroclastos, sino también datar las coladas que están bajo el depósito (de 4,3 ma) y sobre el mismo (de 3,8 ma). Es decir, los restos fósiles que aquí se encuentran pertenecieron a una fauna que llegó y se desarrolló en Lanzarote en un intervalo de 500.000 años. Estas edades suponen nuevos datos en la formación y evolución de las islas, ya que asigna un rango de edades menores de lo que inicialmente se sospechaba para estos depósitos.

Huevos de avestruz en Lanzarote

En septiembre de 2016 se publicó una primera interpretación y análisis de los huevos⁵ fósiles encontrados en el yacimiento, confirmando que estos

pertenecen a aves gigantes no voladoras. En base al estudio de los isótopos estables de oxígeno y carbono presentes en las cáscaras de los huevos fosilizados, se ha determinado que estas aves eran eminentemente herbívoras y de hábitos terrestres, lo que es una pieza más en el puzzle de la evolución del clima de Canarias.

La gran pregunta siempre será como llegaron esos organismos a Canarias. Para organismos terrestres, esa pregunta alcanza un cota de misterio donde se mezcla la casualidad, la oceanografía y el clima. El modelo tradicional, o aceptado, de colonización natural de las islas se sustenta en las aves. Las aves voladoras fueron los principales vectores responsables de la propagación de semillas e insectos. Sin embargo, los animales de mayor tamaño llegarían a las islas mediante balsas naturales (generalmente árboles arrastrados por riadas) que las corrientes y el azar guían hasta islas. Desgraciadamente, las evidencias encontradas no nos permite concluir con total certeza cómo llegó esta macrofauna a Canarias, ya que son muchísimas las incógnitas que quedan por resolver y en cada campaña aparecen nuevos restos y se generan nuevas preguntas. Con cada campaña y cada trabajo se da un paso adelante, pero dos hacia atrás, porque un nuevo fósil o un nuevo aspecto de los yacimientos ponen en duda las conclusiones anteriores. Además, hay que tener en cuenta que la dimensión social de estos materiales cada vez es mayor. Se está consiguiendo que la población conozca estos bienes y los reconozca como parte del patrimonio, que se acerquen a ellos con respeto y entendiendo que deben ser los guardianes del mismo y quienes deben mostrarlo al mundo, ya que son fundamentales para entender la evolución de la historia natural del planeta entero.

Bibliografía

- (1) Rothe, P. 1966. *Soc. Sci. Fenn. Comm. Phys. Math.*, 31(13):1e80.
- (2) Sauer, E.G.F., P. Rothe. 1972. *Science*, 176:43-45.
- (3) García-Talavera, F. 1990. *Rev. Acad. Canaria Cien.*, 2:71-79.
- (4) Lomoschitz, A., A. Sánchez Marco, M.J. Huertas, J.F. Betancort, A. Isern, E. Sanz, J. Meco. 2016. *J. Afr. Earth Sci.*, 123:338-349
- (5) Lazzerrini, N., C. Lécuyer, R. Amiot, D. Angst, E. Buffetaut, F. Fourrel, V. Daux, J.F. Betancort et al. 2016. *Sci. Nature*, 103:81. DOI 10.1007/s00114-016-1404-x

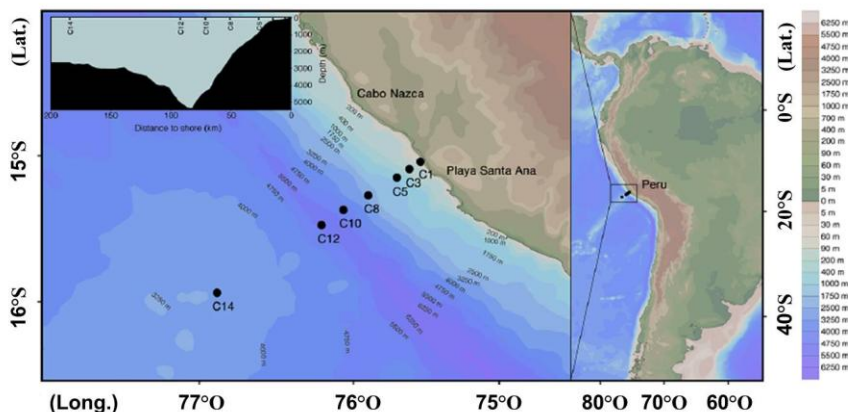


Figura 1 Mapa de estaciones muestreadas durante la campaña oceanográfica JASON-76.



Figura 2. El Barco de Investigación R/V Eastward de la Universidad de Duke (Foto de NOAA Monitor Collection).

La respiración del plancton en el afloramiento peruano

Ted Packard¹, Natalia Osma¹, Igor Fernández-Urruzola¹, Louis A. Codispoti², John P. Christensen³, May Gómez¹

¹ Grupo de Ecofisiología de Organismos Marinos (EOMAR), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España

² Laboratorio Horn Point. Universidad de Maryland. EE.UU.

³ Green Eyes LLC, Easton. EE.UU.

La respiración del afloramiento peruano

En el año 2015, el grupo de investigación de ecofisiología de los organismos marinos (EOMAR) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, publicó un artículo científico en la revista *Biogeosciences* (DOI: 10.5194/bg-12-2641-2015), donde se estudió la respiración del zooplancton en el afloramiento peruano. Se estimaron los flujos de carbono, la eficiencia de la retención de nutrientes y la producción de energía por la comunidad heterotrófica. Este estudio se llevó a cabo dentro del programa de investigación para el análisis del ecosistema de afloramiento costero (CUEA de sus siglas en inglés), localizado a 15°S (Pisco, Perú). Esta zona se caracteriza por ser un sistema de afloramiento fuerte, intenso, permanente y, sobre todo, bien estudiado (Fig. 1).

El muestreo se llevó a cabo a lo largo de la línea C (Fig. 1) que se extendía hacia el mar desde la costa, en la estación C1, justo al sur de Cabo Nazca (Pisco). Se llevaron a cabo diversas secciones hidrográficas al inicio de la expedición que se volvieron a repetir tras 10 días de navegación. Las coordenadas del punto final fueron de 15°3,2'S, 75°26,0' O a 15°55,8' S, 75°31,4' O.

La campaña oceanográfica se realizó a bordo del buque científico *R/V Eastward* (Fig. 2), entre el 9 y 25 de Septiembre de 1976. A pesar de la gran cantidad de estudios realizados en la zona, la mayor parte de campañas oceanográficas se habían efectuado siempre entre los meses de marzo a mayo, en el otoño austral. Sin embargo, la expedición JASON-76 fue única ya que se muestreo en la primavera austral (agosto - noviembre), cuando los vientos dominantes debían estar en su máxima intensidad. De esta forma, los resultados se podrían comparar con los obtenidos en el Hemisferio Norte, como por ejemplo en el afloramiento africano.

La respiración, objeto de estudio en esta investigación, es tan omnipresente en el océano como los microorganismos que la causan. Esta respiración está controlada por las enzimas que constituyen el sistema de transportes de electrones (ETS de sus siglas en inglés) y es responsable del consumo del oxígeno oceánico. La respiración de la comunidad planctónica en la columna de agua es pues, un factor clave para poder conocer la productividad global de los océanos a través de modelos del ciclo de carbono a gran escala. La relación conceptual entre respiración y flujos de carbono es clara, pero su conexión matemática no fue objeto de estudio hasta 1982¹. En 2004, Packard y Christensen² utilizaron, por otro lado, las medidas de ETS para construir modelos de producción respiratoria de CO₂ (R_{CO2}) y flujos de carbono (F_C). De hecho, este estudio es la base que ha servido para que, en la actualidad, se pueda estimar la respiración del micro-

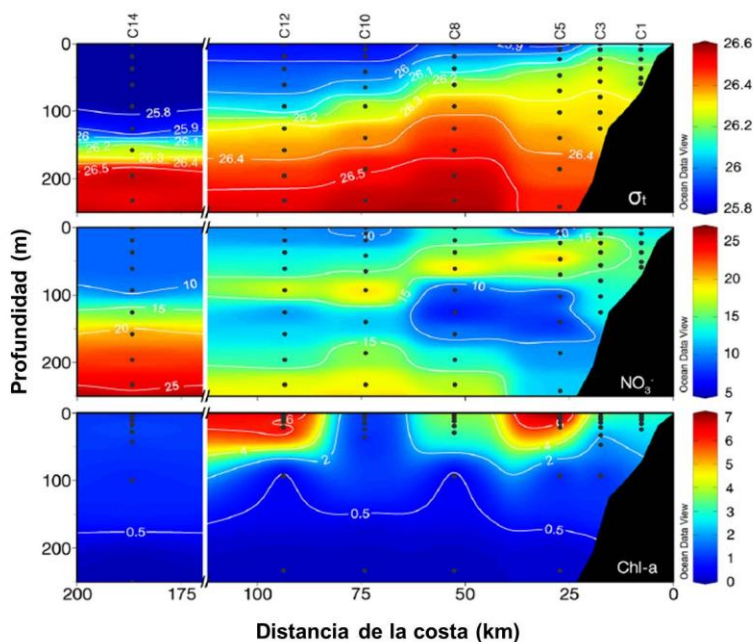


Figura 3 Secciones en profundidad de la densidad potencial (σ_t), nitratos (NO_3^-) y clorofila (Chl-a) en la sección C de la Figura 1.

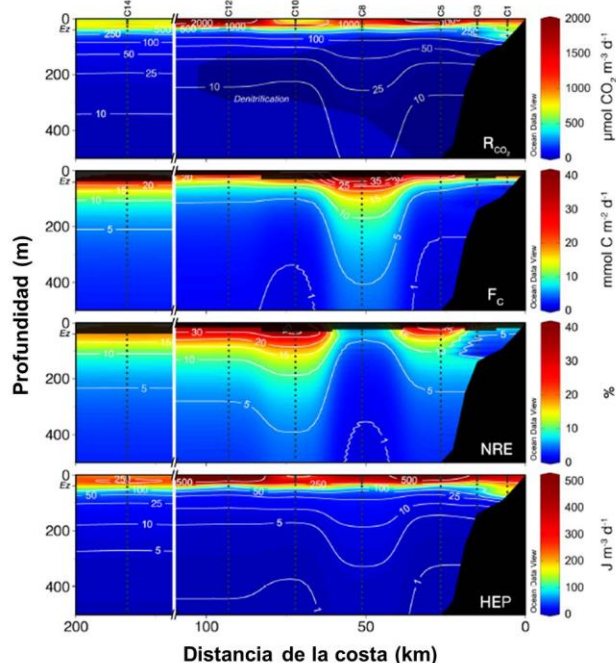


Figura 4 Distribución horizontal del consumo de CO_2 (R_{CO_2}), Flujo de Carbono (F_c), Eficiencia de Retención de Nutrientes (NRE) y Producción de Energía Heterotrófica (HEP) en la sección C de la Figura 1.

plancton en el afloramiento peruano. Este microplac-ton dada su abundancia, es quien controla la biomasa y el metabolismo en la columna de agua del océano.

En general, la zona eufótica (zona donde penetra la luz) somera debido a la alta biomasa fitoplanctónica tiene un alto potencial para el metabolismo mientras que las condiciones opuestas están asociadas a zonas afóticas más profundas. El consumo de oxígeno (R_{O_2}) en la superficie de la zona estudiada disminuyó desde el centro del afloramiento hacia las zonas más alejadas. De hecho, el consumo de oxígeno cambió de forma muy importante en los sucesivos días de muestreo. Los valores más altos de respiración se obtuvieron en la estación 35 (Fig. 1), justo coincidiendo con el valor máximo de clorofila y productividad neta (Fig. 3). Esto se debe a la proliferación masiva de diatomeas, principalmente de la especie *Chaetoceros lorenzianus*. Es importante destacar que esta alta variabilidad temporal solo se ha publicado anteriormente por Fernández-Urruzola y colaboradores³ y Osma y colaboradores⁴. Ya por debajo de la zona más superficial, el consumo de oxígeno por el microplac-ton normalmente aumenta hasta un máximo sub-superficial dentro de la zona eufótica, disminuyendo posteriormente hasta el océano profundo, más oscuro.

La producción de CO_2 (Fig. 4), por su lado, mostró valores muy bajos, del orden de $3 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ en el centro del afloramiento. Además, en las zonas de desnitrificación (perdida de nutrientes) los niveles fueron aún menores, en escala micromolar. La producción de CO_2 presentó una fuerte correla-

ción con la respiración además de su asociación con la remineralización en los primeros 50 metros de profundidad de la columna de agua.

Para una correcta interpretación de los numero-sos estudios y medidas realizadas en este trabajo, es importante conocer que la producción de CO_2 , en la columna de agua, determina el flujo de carbono de la materia orgánica más lábil (más fácil de degradar) dada la oxidación y el hundimiento del material orgánico particulado, como también la mineralización de nitratos y fosfatos.

La sección más alejada de la costa muestra que el consumo de CO_2 determina la variabilidad de la respiración oceánica con la profundidad y la locali-zación de la zona de afloramiento (Fig. 4). Además, los cálculos de flujo de carbono subrayan la impor-tancia de la respiración para estimar la variabilidad espacial de estos flujos. De hecho, la eficiencia de retención de nutrientes (NRE de sus siglas en inglés) revela una relación opuesta con el flujo de carbono y con su variabilidad en la columna de agua (Fig. 4). Esta capacidad de retención de nu-trientes por la columna de agua no se hubiese po-dido detectar sin los perfiles originales de la activi-dad del ETS. Pero además, este ETS no sólo se usa para calcular los flujos de carbono, la retención de nutrientes y la producción de energía heterotró-fica (HEP de sus siglas en inglés), sino que tam-bién se puede usar para la determinación de la producción de calor de origen biológico⁵, y la edad y velocidad de la corriente de las aguas más pro-

fundas⁶. En zonas anóxicas, donde la concentración de oxígeno disuelto es muy baja, si se conocen las propiedades químicas del agua, las medidas de ETS permiten calcular la velocidad de desnitrificación, de producción de nitritos, de óxido nitroso y de sulfuro. Incluso, podría utilizarse para estimar tasas de reducción de hierro y magnesio, dos metales esenciales para la vida de los microorganismos marinos⁷.

En definitiva, este estudio demuestra que los flujos de carbono orgánico constituyen una medida esencial para estimar el carbono global de los océanos. En este caso, utilizando modelos de respiración planctónica, se presenta una forma original para estimar los flujos de carbono, la respiración bentónica y el secuestro profundo del carbono. Con este trabajo se ha demostrado, la importancia de la respiración planctónica para determinar la capacidad de la comunidad en retener nutrientes en la columna de agua, siendo pues la respiración un factor determinante en el control de la retención de nutrientes y del flujo de carbono.

Agradecimientos

Este trabajo científico desarrollado en la zona del afloramiento de Perú (DOI: 10.5194/bg-12-2641-2015) fue financiado por NSF (USA) OCE 75-23718A01 (T.T.P.), JASON-76. El Gobierno Vasco (N.O. e I. F-U), MEC (España) Proyecto BIOMBA, CTM2012-32729 / MAR (M.G.), y el CEI (Canarias): Campus Atlántico Tricontinental (TTP) financió el análisis de los datos. Gracias a Aridane G. González por crear una versión abreviada del trabajo original.

Bibliografía

- (1) Jenkins, W.J. 1982. *Nature*, 300:246–248.
- (2) Packard, T. y J. Christensen. 2004. *J. Mar. Res.*, 62:93–115.
- (3) Fernández-Urruzola, I., N. Osma, T. Packard, M. Gómez y L. Postel. 2014. *J. Mar. Syst.*, 140:138–149.
- (4) Osma, N., I. Fernández-Urruzola, T. Packard, L. Postel, M. Gómez y F. Pollehne. 2014. *J. Mar. Syst.*, 140:150–162.
- (5) Pamatmat, M., G. Graf, W. Bengtsson y C. Novak. 1981. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 4:135–143.
- (6) Packard, T. 1985. En: *Mapping strategies in chemical oceanography*. Zirino, A. (ed). *Adv. Chem., Am. Chem. Soc.*, Washington DC, 178–209.
- (7) Lane, N., J. Allen y W. Martin. 2010. *BioEssays*, 32:271–280.



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

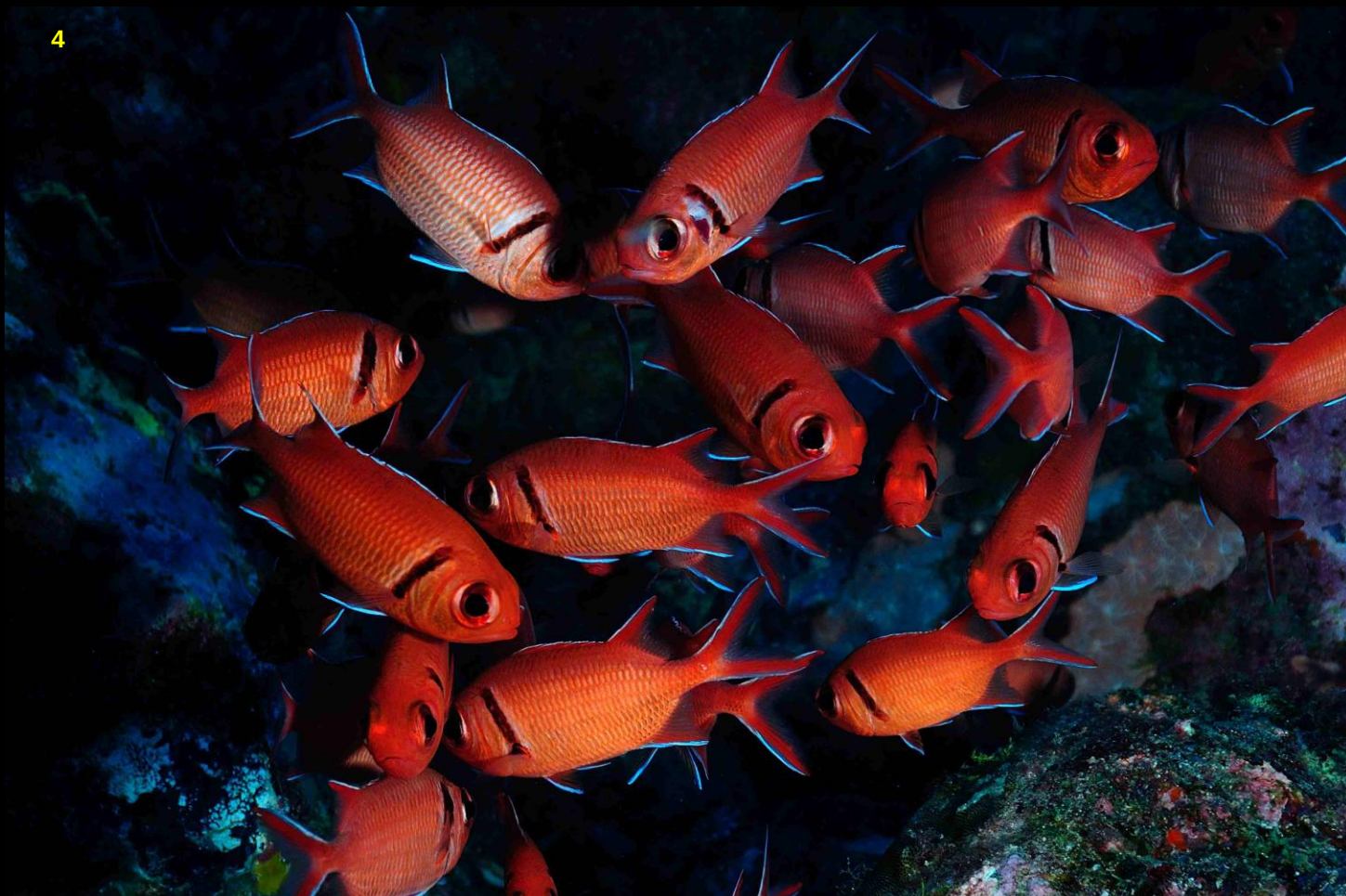


Ya puedes descargar gratis los
números 1, 2, 3 y 4 de nuestra revista
desde la página web de la editorial:
www.mercurioeditorial.com

Okeanos de fotos

Aketza Herrero, licenciado en Ciencias del Mar, apasionado de la fotografía submarina y enamorado de los fondos marinos de Canarias, lleva poco más de 5 años documentando las diferentes especies canarias mediante equipo autónomo de buceo. Su equipo es: una Nikon D-90 en carcasa Nauticam, dos flashes Inon Z-240, Sigma 105 mm para macro, Tokina 10-17 para ambientes y Tokina 17-70 para todo un poco.







Fotos:

1. Cangrejo arlequín (*Platypodiella picta*).
2. Cangrejo ermitaño.
3. Cardumen de cirujanos (*Acanthurus monroviae*).
4. Cardumen de Mae de caqui (*Myripristis jacobus*).
5. Nudibranquios (*Felimida edmundsi*).
6. Morena.
7. Chafarrocas sobre gorgonia.



Proyectos por la sostenibilidad

Aketza Herrero Barrencua

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

Reserva de Biosfera Ilha de Príncipe

Con el fin de proteger y desarrollar de manera sostenible la isla de Príncipe, el Gobierno regional está actualmente llevando a cabo diversas acciones medioambientales en la Reserva de la Biosfera de Príncipe, entre las que destacan: recogida y tratamiento de plásticos, evaluación de áreas de manglar y desarrollo en turismo sostenible. El objetivo principal de este proyecto, es la capacitación de guías turísticos para poder desempeñar adecuadamente una labor profesional como educadores e intérpretes ambientales, formando a los alumnos en la preparación y realización de actividades de educación ambiental, en el desarrollo de materiales para la interpretación ambiental y en la elaboración de programas de educación ambiental. La oferta en este ámbito se completa con la adecuación de establecimientos en agroturismos y con la creación de una red de senderos turísticos transitables a pie.

Agua y reciclaje

Uno de los proyectos promovidos por el Gobierno regional de Príncipe que más satisfacciones (y premios) está originando es, sin duda, el "Water & Re-

cycle", donde se intercambian 50 botellas de plástico por una botella de aluminio, premiando el reciclaje comunitario. En total se han recogido más de 600.000 botellas en varias campañas (6 toneladas de plástico recicladas) y se han entregado más de 9000 botellas de la Biosfera de 7 colores diferentes. Este proyecto también ha instalado estratégicamente (colegios, hospital, centro cultural y edificios públicos) 15 fuentes de agua potable por ósmosis inversa para fomentar entre la población la reducción de envases de plástico mediante la reutilización de las botellas de aluminio, inculcando entre la sociedad de Príncipe, el reciclaje y la sostenibilidad.

Manglares

Otro proyecto importante que actualmente está acometiendo la Reserva da Biosfera Ilha do Príncipe (con el patrocinio de la Fundação Príncipe Trust) versa sobre los manglares. Entre los meses de septiembre y diciembre de 2016, se han estudiado los manglares de la isla, delimitando, cartografiando e inventariando las especies vegetales principales de estos hábitats. También se ha llevado a cabo el estudio de las características físico-químicas del agua en estas zonas, así como la identificación faunística de especies marinas asociadas a los manglares y hábitats costeros.



Los manglares son la vegetación dominante de más del 70% de las costas tropicales y subtropicales de todo el mundo. Se estima que los ecosistemas de manglares cubren 150.000 km² en todo el mundo, de los cuales África tiene unos 35.000 km²¹. Constituyen bosques complejos con alta biomasa de madera y complejidad estructural. Una característica importante de los manglares es su capacidad para desarrollar adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas, que les permiten colonizar sustratos salinos, inundados e inestables. Se encuentran en todos los países de la costa occidental del continente africano, desde Mauritania en el norte hasta Angola en el sur, pasando por Príncipe

Los manglares se dan por lo general en zonas intermareales (zonas de influencia entre pleamar y bajamar) de costas protegidas o moderadamente expuestas, en golfos, ensenadas, marismas y estuarios o desembocaduras de ríos, con fondos blandos (de arenas, limos o arcillas, nunca rocosos), que reciben periódicamente un aporte continuo de agua dulce por escorrentía. Las raíces de estos árboles estabilizan el sustrato fangoso y arenoso, proporcionando la base de asentamiento y colonización para muchas especies de plantas y animales. Por encima del agua, los manglares y el estrato arbóreo son un hábitat importante

para una amplia variedad de especies. Estos incluyen: aves, insectos, mamíferos y reptiles. Debajo del agua, las raíces de manglar están cubiertas por epibiontes como: tunicados, esponjas, algas y bivalvos. El sustrato blando en los manglares forma hábitat para varias especies infaunales y epifaunales, mientras que el espacio entre las raíces proporciona refugio y alimento para la fauna móvil como: gambas, cangrejos y peces. El deshecho orgánico de los manglares se transforma en detritus, que sustenta principalmente el manglar. El plancton, las algas epífitas y el microfitobentos también constituyen una base importante para la red alimentaria del manglar. Debido a la alta abundancia de alimento y refugio, y la baja presión de depredación, los manglares forman un hábitat ideal para una gran variedad de especies animales, durante parte o la totalidad de sus ciclos de vida.

Los manglares se caracterizan por una alta producción primaria y desempeñan papeles vitales en la transferencia de nutrientes (especialmente en el transporte de carbono terrestre hacia el mar) y sirven como fuentes o sumideros en el ciclo global de dichas sustancias. También son importantes de cara al cambio climático, ya que al ser fijadores de CO₂, inmovilizan grandes cantidades de sedimentos ricos



en materia orgánica, atrapando contaminantes como: metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos persistentes.

Por otro lado, desempeñan una función primordial en la protección de las costas contra la erosión eólica y marina: el dosel denso y alto del bosque de manglar es una barrera efectiva contra la erosión eólica, y sus raíces inmovilizan y estabilizan grandes cantidades de sedimentos de manera que actúan frente a la erosión producida por el hidrodinamismo marino, protegiendo los litorales de los fenómenos climáticos adversos, como tsunamis o huracanes.

En breve se comenzará con la segunda fase del proyecto en el que los objetivos serán la preservación y desarrollo turístico sostenible de los manglares, mediante acciones de reforestación, control responsable y gestión integral por parte de la población local.

Bibliografía

(1) Diop E. S., Gordon, C., Semesi, A.K., Soumaré, A., Diallo, N., Guissé, A., Diouf, M., y Ayivor, J.S. 2002. Mangroves of Africa. Mangrove Ecosystems, Part of the series Environmental Science pp 63-121



Aketza Herrero Barencua

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

Príncipe es una de las dos islas que dan nombre a la República Democrática de São Tomé y Príncipe, uno de los países más jóvenes y pequeños de África. Se ubica en el Golfo de Guinea (Atlántico ecuatorial) a unos 440 km al sur y 220 km al oeste, respectivamente, de las costas de Nigeria y Gabón, muy cerca de la línea ecuatorial. Tiene un tamaño de 19,3 km de largo y 10,6 km de ancho, con 136 km² de superficie. Su población (8000 personas aproximadamente) reside en la zona norte de la isla, asentados cerca de la costa y viviendo principalmente de los recursos naturales que brinda la tierra y el mar. La mitad sur de la isla conforma el Parque Natural Obo. Es uno de los países más desconocidos a nivel mundial y, sin embargo, alberga multitud de animales y plantas en grave peligro de extinción en una de las pocas reservas mundiales de bosques tropicales. En Julio de 2017 se va a celebrar los 5 primeros años de su declaración como Reserva Mundial de la Biosfera por



la UNESCO, dedicándose el gobierno regional a mejorar las acciones de desarrollo sostenible y a promover el bienestar de su gente bajo un enfoque ecosistémico. Sus bosques tropicales y manglares albergan una alta biodiversidad de especies endémicas, algunas en peligro de extinción, tanto vegetales como animales¹. El mar que rodea la isla es refugio y zona de cría para gran cantidad de aves, varias especies de tortugas marinas y ballenas, sin embargo, todavía se conoce muy poco de su biodiversidad marina.

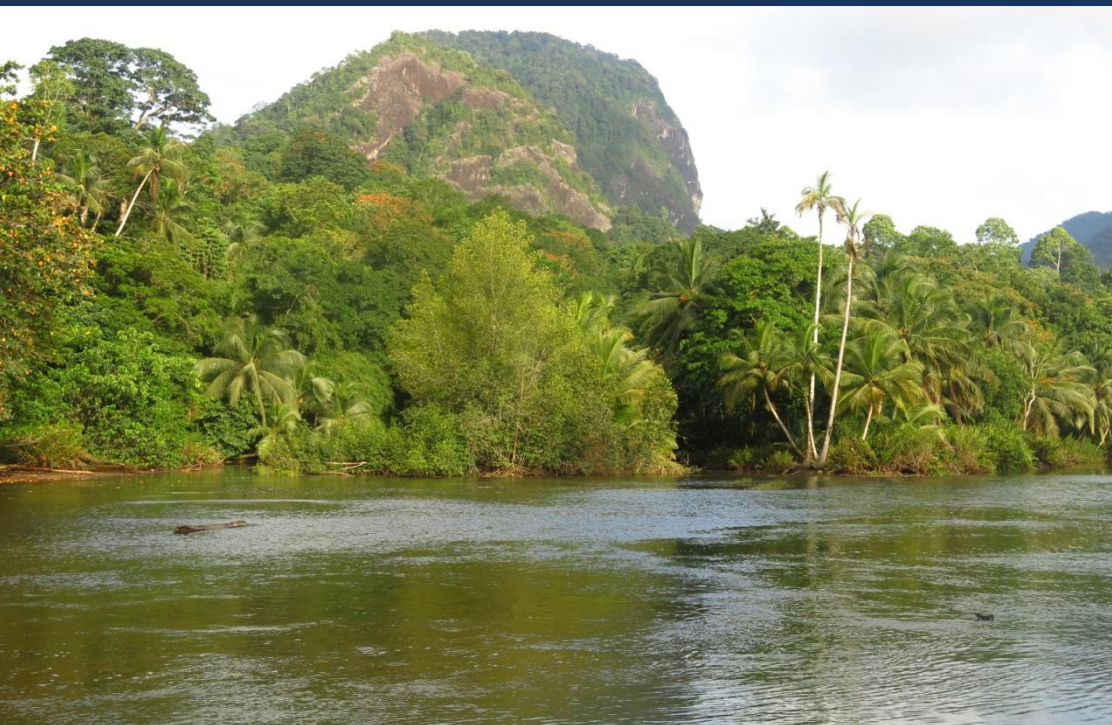
Cooperación por la conservación

En el marco de cooperación entre la Reserva da Biosfera Ilha do Príncipe y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (IU-ECOQUA), en agosto de 2016 se acordaron desarrollar dos acciones principales: por un lado, facilitar el intercambio de investigadores y recursos para mejorar el conocimiento científico de las especies marinas y hábitats y, por otro lado, desarrollar acciones conjuntas, como expediciones de investigación marina con personal científico (incluidos estudiantes de postgrado y técni-

cos), fomentando un sólido conocimiento de la vida marina. De esta manera surge, en noviembre de 2016, la primera expedición científica BIO-Príncipe 2016 (con el patrocinio de la Fundación Príncipe Trust), con el objetivo principal de desarrollar la investigación marina y el uso responsable de los recursos marinos, censando y catalogando la riqueza de los hábitats, y especies marinas vegetales y animales que habitan sus costas. Es la primera evaluación de biodiversidad de la vida marina costera y en áreas submarinas de la isla del Príncipe, centrada principalmente en las macroalgas, peces, cnidarios y moluscos, ya que son grupos taxonómicos altamente representados en aguas tropicales y, en general, juegan un papel estructural importante en los ecosistemas costeros de aguas poco profundas.

La evaluación de la biota marina de los ecosistemas costeros se ha llevado a cabo en siete zonas intermareales con snorkel, y en 20 puntos de hábitats submareales mediante buceo autónomo, realizándose 44 transectos bentónicos. Todos los peces, invertebrados y especies de macroalgas encontradas fueron registrados y, en algunos casos, se tomaron muestras para su posterior análisis. Otro objetivo fundamental de esta expedición científica es la caracterización de los hábitats marinos de Príncipe, para lo cual se ha utilizado el sonar de barrido lateral, validando los resultados mediante censos visuales con equipo de buceo autónomo y grabaciones con cámaras submarinas.

Durante la campaña de caracterización de hábitats en esta primera expedición marina, los sondeos de sonar de barrido, se han centrado en 4 áreas, distribuidas en la parte norte, sur, oeste y este de la isla prestando especial atención a los fondos marinos de gla-gla (nombre local de los rodolitos), debido a su potencial papel como un punto caliente de biodiversidad y lugar de almacenamiento de carbono. Los rodolitos son uno de los hábitats marinos más productivos del mundo² y además contribuyen a controlar el pH del agua de mar y la disminución de la concentración de CO₂. Se han cartografiado un total de 97 km lineales (equivalente a una superficie de 10 km²), dividido por transectos que varían entre 600 a 900 m de longitud, dependiendo de la costa y la profundidad. Esto ha permitido identificar y agrupar los hábitats marinos en tres grandes categorías: arenosos, rocosos y biogénicos. En general, los fondos arenosos cubren la mayor parte de las áreas estudiadas, y a medida que nos acercamos a costa, afloran formaciones rocosas aisladas entre los arenales, que constituyen un potencial sustrato para la colonización de numerosas especies de invertebrados (gorgonias, esponjas, corales, etc.) y, asociados a estas, especies de peces demersales y bentónicos.



Un tercer objetivo ha sido determinar, por primera vez en el oeste de África ecuatorial, la presencia de plásticos como parte de la basura marina en la costa de la Isla del Príncipe, evaluando la cantidad de microplásticos en playas y zonas costeras protegidas, como una estimación de la presión humana directa e indirecta en ecosistemas de aguas poco profundas.

Un punto caliente en biodiversidad

Como resultado de esta primera campaña, se han censado un total de 12.753 peces, correspondientes a 8 taxones identificados hasta género y 65 taxones hasta nivel de especie. Además, se han identificado y capturado varias especies no observadas hasta la fecha en el Golfo de Guinea. La baja presencia de depredadores superiores refleja que las aguas costeras de la isla de Príncipe están sujetas a una intensidad de pesca exhaustiva, como así lo atestigua el comportamiento esquivo y huidizo de las especies comerciales más grandes y preciadas.

Respecto a los invertebrados bentónicos, se han censado hasta 30 especies de moluscos opisthobranchios, y actualmente se siguen analizando las muestras con el fin de realizar un catálogo de gasterópodos. También se han censado diversas especies de crustáceos decápodos (cangrejos y camarones), equinodermos (estrellas, erizos y pepinos de mar), cnidarios (anémonas, corales y gorgonias) y varios platelmintos. Las muestras de invertebrados bentónicos presenta un gran número de gasterópodos, nudibranchios, cnidarios y especies de equinodermos.

Algunas ya están identificadas, pero en muchas de ellas, el proceso de identificación aún no está finalizado y para ello se está realizando un esfuerzo de investigación complementando el enfoque taxonómico clásico mediante métodos morfológicos tradicionales con el uso de nuevas técnicas moleculares.

Sobre las especies vegetales, comentar que los conjuntos de macroalgas están dominados por comunidades de rodolitos, con numerosas especies epífitas. De las 41 especies de macroalgas censadas, la mitad corresponden a algas rojas (rodofitas) y el resto son algas pardas (faeofitas) y verdes (clorofitas). La baja tasa de crecimiento de los especímenes de rodolitos que forman este hábitat, lo convierten en un recurso no renovable, ya que son afectados por impactos humanos locales, como la eutrofización y actividades de pesca demersal, y también por los cambios globales como la acidificación y el calentamiento global^{3,4}. Por tanto este hábitat es único y excepcional a nivel ecológico, por lo que es esencial conocer el estado en el que se encuentra para que el Gobierno establezca prioridades de cara a su conservación.

Los datos científicos obtenidos mediante la evaluación de la biodiversidad marina, junto con el sonar de barrido lateral y la evaluación de microplásticos marinos serán usados en futuras acciones de conservación así como para la definición de una red de Áreas Marinas Protegidas en la Isla de Príncipe. Las diversas interacciones observadas y medidas entre el ser humano y las costas y mar



Foro Océanos 2017 Canarias y el Cambio Climático

La Sociedad Atlántica de Oceanógrafos (SAO), en colaboración con la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) y la Obra Social La Caixa, organizan el Foro Océanos 2017: Canarias ante el Impacto del Cambio Climático en el Océano, que tendrá lugar los días 5 y 6 de Septiembre de 2017 en la Facultad de Ciencias del Mar de la propia ULPGC. El Foro Océanos tiene como objeto analizar e identificar todos los aspectos que disminuyan la capacidad de resiliencia de nuestros mares, por lo que se buscará establecer soluciones prácticas que ayuden a amortiguar el impacto del cambio climático en los ecosistemas marinos de las islas. Todo en un ámbito local, dentro de un contexto global, orientado a aumentar la resiliencia del sistema marino, como primer paso a su conservación y sostenibilidad. No hay que olvidar que indudablemente, el océano es el motor económico de Canarias.

El Foro Océanos se centrará en cinco grandes mesas técnicas de trabajo:

Area	Coordinador	Contacto
Biodiversidad Marina	Dr. David Jiménez Alvarado	biodiversidad@foroceanos.org
Pesca y Acuicultura	Dr. José J. Castro Hdez.	pesca@foroceanos.org
Contaminación	Dr. Aridane G. González	contaminacion@foroceanos.org
Gestión del uso del espacio costero	Dr. Yeray Pérez Gzlez.	costas@foroceanos.org
Educación ambiental e I+D+i	MsC. Amir Cruz Makki	educacion@foroceanos.org

de la Isla del Príncipe hacen necesario el desarrollo de políticas innovadoras de enfoque ecosistémico con el fin de mejorar el bienestar de la población local y, al mismo tiempo, proteger su patrimonio y acervo cultural.

La Expedición Científica BIO-Príncipe 2016 ha sido un éxito de investigación debido en parte, al gran esfuerzo y a la ayuda proporcionada por personas locales como Estrela Matilde y Yodiney do Santos, de la Reserva da Biosfera Ilha do Príncipe, quienes con una actitud muy positiva, gestionaron y resolvieron de manera impecable todos los problemas logísticos acaecidos. Nuestra más sincera gratitud a ambos. Por último, agradecer al personal de Bom Bom Resort y al Hotel Roça Belo Monte por el apoyo y las facilidades brindadas para el laboratorio, centro de buceo y las embarcaciones.

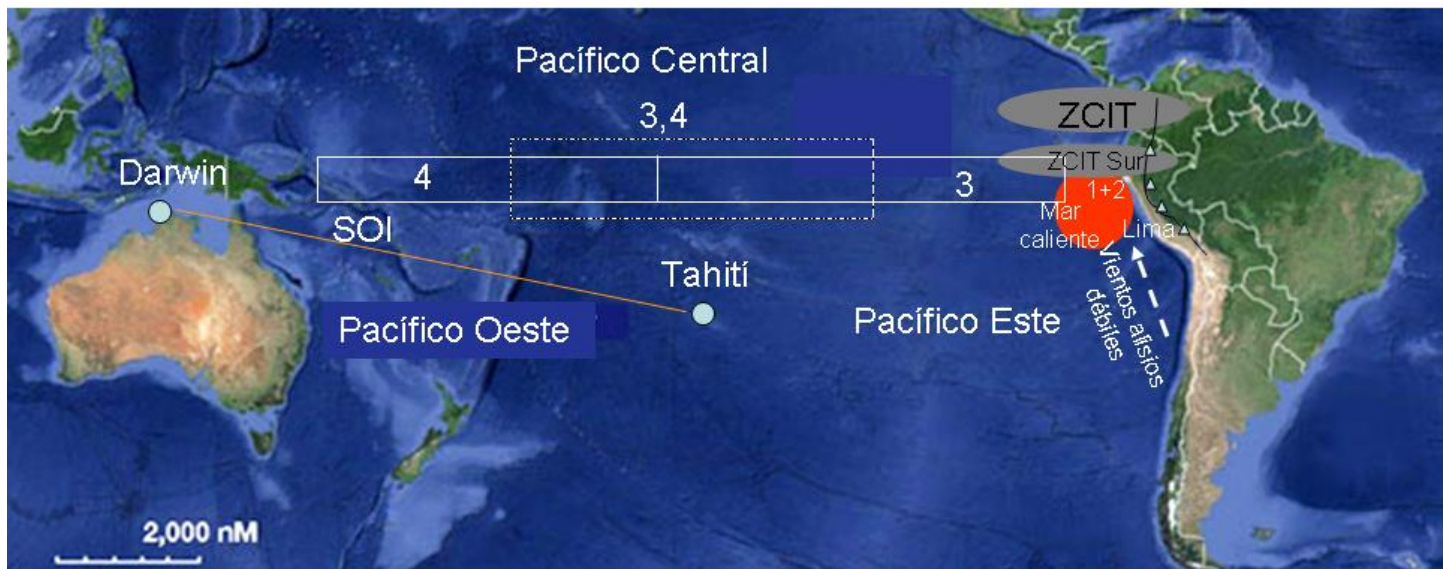
Bibliografía

- (1) Gillespie R.G y Clague, D.A. 2009. Encyclopedia of Islands. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California. 1110 pp.
- (2) Barberá, C., de Mesa, A., Ordines, F., Moranta, J., Ramón, M., López, J. L. y Massutí, E. 2009. Caracterización del Ecosistema Demersal y Bentónico del Canal de Menorca (Islas Baleares) y su Explotación Pesquera. Instituto Español de Oceanografía, p. 220.
- (3) Grall, J. y Chauvaud., L. 2002. Global Change Biol., 8(9):313-330.
- (4) Bordehore, C., Ramos-Esplá, A. A. y Riosmena, R. 2003. Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst. 13:43-54.

Estas mesas las formaran todos los agentes sociales (investigadores, políticos, técnicos, empresas, pescadores, asociaciones, universidad) que pueden, en su medida, contribuir tanto en la identificación de los problemas como en llevar a cabo las acciones para ponerles solución a nivel local.

El objetivo final del Foro Océanos 2017 es la redacción de un documento, a modo de compromiso, donde se definan las líneas de actuación y que se denominará "Compromiso por Canarias y su Océano".

Pueden obtener más información en la web: www.foroceanos.org y seguirnos en Facebook @foroceanos.



Un vacío en el Pacífico llamado El Niño Costero

Pedro Rau

Laboratorio Géosciences Environnement Toulouse GET, Francia

El verano austral del 2017 quedará marcado como uno de los más nefastos de la historia peruana, por los estragos que han tenido las lluvias e inundaciones asociadas al fenómeno recientemente bautizado como “El Niño Costero”, en las costas del Pacífico sudamericano y, en especial, sobre Perú. Hace poco, en febrero 2017, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y demás agencias internacionales adoptaron, por primera vez, el término “El Niño Costero”, con motivo de las comunicaciones técnicas del Instituto Geofísico del Perú (IGP), entidad encargada del estudio científico del Fenómeno El Niño en dicho país, para explicar las anomalías extremas de temperatura superficial del mar que se registraban desde enero 2017 frente a sus costas.

¿Acaso se trata de un fenómeno nuevo?

¿Por qué fue imposible su predicción?

Para ello es necesario remontarnos a la historicidad de El Niño (en su denominación más técnica “El Niño Oscilación del Sur”, o ENSO por sus siglas en inglés) y definitivamente nos toparemos con la historia peruana que, sin entrar en detalles, siempre estuvo asociada a eventos de lluvias e inundaciones muy fuertes, por no decir “apocalípticas” sobre la parte occidental de los Andes, una de las regiones más secas del planeta. En 1892, se difundió la primera documentación de la corriente costera “El Niño”, definida por aquel entonces como una contracorriente marítima¹ y donde se intentaba explicar las lluvias torrenciales acaecidas en 1891. Sin embargo, con el

desarrollo de la ciencia y tecnología en el siglo XX y XXI, el ENSO adquirió una notoriedad mundial, ahora ligada al calentamiento del Pacífico Tropical y a condiciones océano-atmosféricas específicas, hasta el nivel de catalogarlo como uno de los termómetros del planeta año a año, complicándose su estudio y su comprensión.

El Niño del Este, Niño Canónico, Niño Central, Niño Modoki y sus variantes en forma de La Niña^{2,3} y ahora El Niño Costero (también existe La Niña costera), son los diferentes “segundos nombres” para el ENSO y cada uno de ellos tiene una repercusión diferente en cada rincón del océano Pacífico. No en vano, El Niño del Pacífico Central, es el más monitoreado y el más estudiado por su impacto a nivel mundial, sin embargo el lejano Pacífico Este, aun continúa siendo un vacío por rellenar en términos de predicción.

Los eventos de El Niño mencionados anteriormente fluctúan entre sí, en espacio y tiempo, y sus efectos sobre las lluvias e inundaciones se traslapan debido a la teleconexión atmosférica (término empleado en ciencias atmosféricas para relacionar anomalías climáticas en diferentes lugares separados en una escala de miles de kilómetros), definiendo escenarios muy complejos de predicción en países como Perú, que no le basta uno o dos índices ENSO para su predicción. Por ejemplo, la alerta del mega Niño (llamado Niño Godzilla) en el Pacífico Central del año 2015 no impactó en términos de inundaciones, pero sí con algunas sequías; y los clásicos “Niños Este” extremos de 1983 y 1998 sí que la impactaron al igual que ahora.

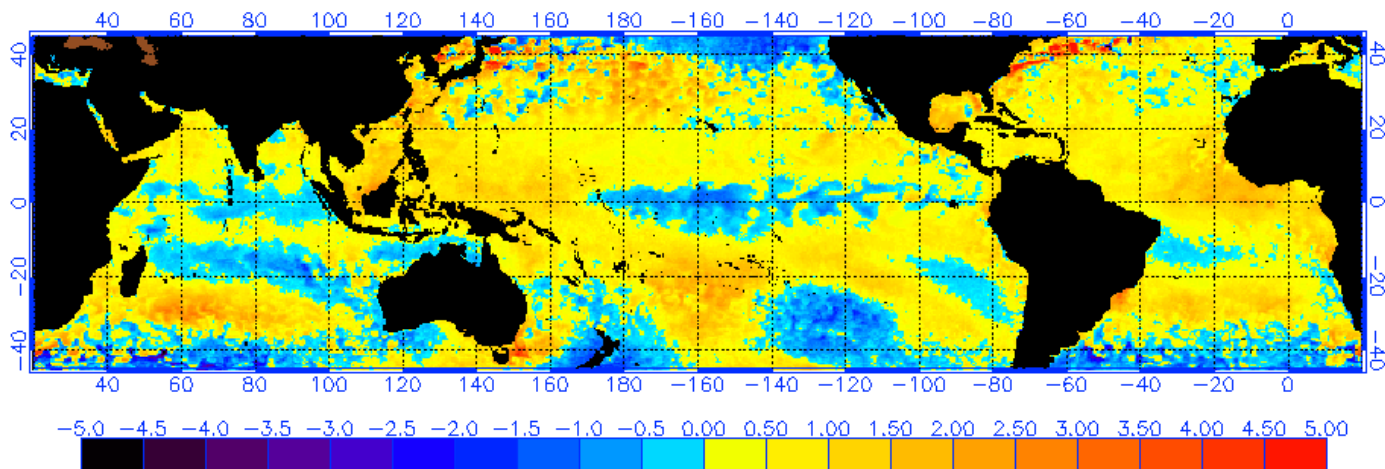


Figura 1. Regiones del Pacífico Tropical para el monitoreo de El Niño (NIÑO4, NIÑO3.4, NIÑO3, NIÑO1+2). Definición del índice SOI (Índice de Oscilación del Sur) entre la diferencia de presiones atmosféricas entre Darwin (Australia) y Tahití (Niño neutro a marzo 2017). Configuración de las condiciones atmosféricas anómalas en el Pacífico Este que explican El Niño Costero 2017. La cordillera de los Andes (su cima en líneas punteadas) dificulta el control de las inundaciones en ríos de elevada pendiente en dirección hacia el Pacífico (Fuente: Modificado de Ministerio del Ambiente-IGP Perú y Landsea y Knaff¹²).

Ante este escenario complejo, en el año 2012, se define en Perú a “El Niño Costero”⁴ en forma de índice operacional, llamado “Índice Costero El Niño” (ICEN), que se corresponde con una suavización estadística del índice internacional NIÑO1+2 (ver Fig. 1) para explicar los eventos El Niño en la región costera de Perú. Es curioso saber que ya han acontecido Niños Costeros de categoría fuerte (año 2015/2016) sin tener el impacto del 2017. Añadir aquí que el actual Niño Costero 2017 fue de categoría moderada a marzo 2017.

Desgraciadamente, lo que viene aconteciendo es la peligrosa combinación de condiciones atmosféricas que mantienen este calentamiento raro en el Pacífico Oriental. Es decir, la anómala disminución de los vientos alisios, que en condiciones normales mantienen viva la corriente fría de Humboldt (de sur a norte), que originan la aparición de una segunda banda en la Zona de Convergencia Intertropical (cinturón de nubes y lluvias que circunda al planeta) más al sur de lo normal (Fig. 1). Y decimos raro porque si El Niño se caracteriza por el calentamiento del mar bajo condiciones oceánicas y atmosféricas, con un margen de tres meses para su predicción, este Niño Costero 2017 se desarrolló sólo en cuestión de semanas (Fig. 2) y fue evolucionando hasta localizarse principalmente en el norte de Perú y sur de Ecuador.

Sin embargo el fuerte impacto de las lluvias e inundaciones responde principalmente a características hidroclimáticas de la región⁵. Este fenómeno coincidió con el periodo de lluvias (de diciembre a abril todos los años), exacerbando las precipitaciones en

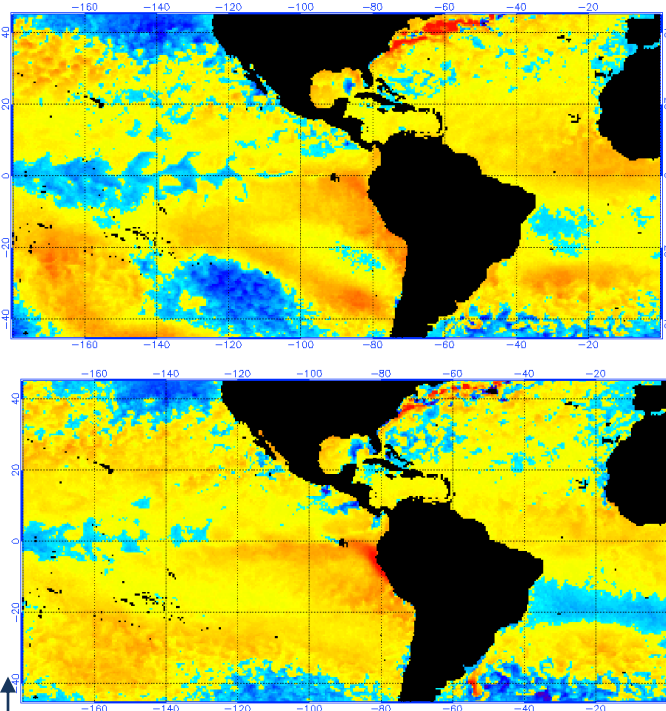


Figura 2. Anomalías de temperatura superficial del mar en grados centígrados. Condiciones normales de verano austral el 9 de enero 2017 (imagen superior). Calentamiento anómalo frente a la costa sudamericana el 26 de enero 2017 (en color naranja en la imagen inferior izquierda) y su persistencia y confinamiento hacia el norte de las costas de Perú y sur de Ecuador el 23 de marzo 2017 (en color rojo intenso en la imagen inferior derecha) con anomalías promedios máximos de 5°C. (Fuente: NOAA/NESDIS 50-km de resolución, EEUU).

las tierras bajas de la parte occidental de los Andes (conocido como desierto peruano), muy sensible a las anomalías de la temperatura superficial del mar para el desencadenamiento de lluvias. Por ejemplo, se requeriría una anomalía de 9 °C frente a las costas de la ciudad de Lima para causar precipitaciones extremas, algo improbable pero no imposible⁶, pero que es más común en el norte peruano y sur ecuatoriano durante los años Niños, donde sólo se requiere una anomalía de 2 °C (en marzo 2017, se registraron anomalías máximas diarias de hasta 10 °C en esta zona). Como consecuencia, se producen preci-

pitaciones diluviales que confluyen casi instantáneamente hacia centenares de quebradas secas, o wadis, y el desborde de los ríos de alta pendiente provenientes de los Andes, inundando y destruyendo lo que encuentran en su recorrido. A modo de comparación, el Niño Costero fuerte del 2015/2016 mencionado, alcanza su máxima intensidad fuera de la época de lluvias y no se presentaron las condiciones atmosféricas anómalas ya descritas, lo cual no causó destrucción.

Si generalmente se asocia al ENSO con sus índices de predicción, tales como la temperatura superficial del mar u índices océano-atmosféricos como el Índice de Oscilación del Sur (Fig. 1), Índice ENSO Multivariado, Ondas Kelvin, Oscilación Madden y Julian, resulta curioso que esta relación no necesariamente es la misma entre el ENSO y las lluvias y caudales. Esto refleja la complejidad de la conexión "océano-atmósfera-continente" que se intenta representar en los modelos numéricos climáticos. Recientes estudios revelan la oscilación de la relación ENSO y lluvias en esta región, la influencia del ENSO en el clima europeo o la relación entre ENSO y calentamiento global, quedando mucho trabajo de investigación en perspectiva. Actualmente estos mecanismos representan un reto en su comprensión debido a que los modelos climáticos muestran un gran sesgo en el Pacífico Este, generalmente asociado a un sobrecalentamiento y proyectando finalmente una gran incertidumbre sobre la futura evolución de las lluvias en esta parte del globo.

Estudios en elaboración sugieren que El Niño Costero 2017 podría tener similitudes en su configuración océano-atmosférica con los Niños de 1925 y 1891¹, eventos relativamente lejanos en el tiempo que nos hace reflexionar antes de relacionarlo como una probable consecuencia del cambio climático, que difícilmente podría ser validado en un solo evento localizado como el que se viene presentando. Hasta la fecha, la comunidad internacional de científicos y técnicos tienen consenso sobre el desconocimiento del origen del Niño Costero 2017, dejando en claro su imposible predicción por el momento. Esto representa un desafío para la comunidad científica internacional, a la revalorización de trabajos en conjunto a nivel regional y global, y es a su vez una reflexión sobre el desconocimiento de nuestro planeta a escalas de tiempo y espacio que requieren una mayor documentación.

Bibliografía

- (1) Carranza, L. 1892. Bol. Soc. Geograf. Lima, 1(9): 344-345.
- (2) Trenberth, K., D. Stepaniak. 2001. J. Clim., 14:1697-1701.
- (3) Takahashi, K., A. Montecinos., K. Goubanova., B. Dewitte. 2011. Geophys. Res. Let., 38, L10704.
- (4) ENFEN. 2012. Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú, Nota Técnica.
- (5) Rau, P., Bourrel, L., Labat, D., et al. 2017. Int. J. Climat., 37(1):143-158.
- (6) Woodman, R., K. Takahashi, 2014. Bol. Téc. Inst. Geof. Perú, 1(6):4-7.
- (7) Landsea, C.W., Knaff, J.A. 2000. Bul. Am. Met. Soc., 81:2107-2119.

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



¿NECESITAS TECNOLOGÍA INTELIGENTE Y PERSONALIZADA?

DESARROLLANDO SISTEMAS ADAPTADOS A TUS NECESIDADES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA Y EL CONTROL EN RESIDENCIAS E INDUSTRIAS



QUIENES SOMOS

Creamos soluciones tecnológicas adaptadas a las necesidades de los usuarios y clientes en concepto de control inteligente en recintos, gestión de tareas automatizadas y eficiencia energética.

I+D+I

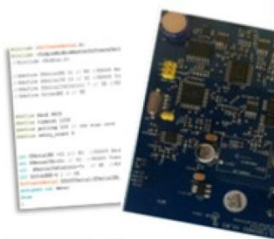
Disponemos de un equipo de desarrollo multidisciplinar. Esto nos permite desarrollar, fabricar y producir dispositivos con características únicas a la vez que multifuncionales.

Datos de contacto

Teléfono: 928402141

E-mail: info@jam-idea.com

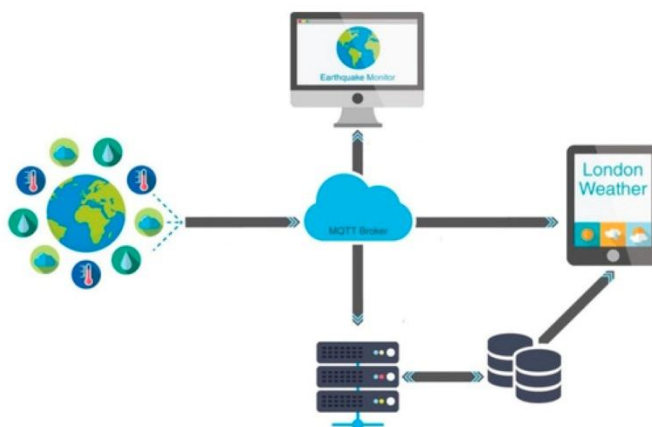
Las Palmas de Gran Canaria.



SISTEMAS INTELIGENTES

- Redes nodales
- Red Centralizada/Distribuida
- Módulos personalizados
- Arquitectura interconectada
- Bajo consumo (Ahorro)
- Wifi, RF, BT, MQTT
- Gestión Teléfono/PC
- Interfaz intuitiva
- Seguridad
- Compatibilidad

TELE-GESTIÓN GRACIAS A MQTT



SONDAS Y SENSORES

Temperatura y Humedad: en condiciones extremas y de precisión

Presencia y proximidad: PIR, u-ondas, cámaras y matriz termopila

Presión y fuerza: resoluciones desde 0.03hPa-0.25m

Caudal y detección líquidos:

Acelerómetro/Giróscopo/Magnetómetro: vel, acel, giros en XYZ

GPS: seguimiento y geolocalización

Intensidad lumínica y Rayos UV: luz y R-UV ambiental o focal

Gases: detección propano, butano, H2, Humo, calidad aire...

Salud Humana y Biometría: cardíaco, oximetría, huellas.

Figura 1. Ángel Guerra y Luis Laría durante la disección de una hembra de 130Kg en Luearca. Ejemplar capturado por una pareja de arrastreros en el caladero de Carrandi (Asturias).

Cocina curiosa

¿A qué sabe el calamar gigante?

Ángel Guerra¹, Clyde F.E. Roper²
y Michel Segonzac³

¹ Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC). Eduardo Cabello nº 6, 36208 Vigo. ² National Museum of Natural History. Washington DC, EE.UU. ³ Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, Francia.

Hoy sabemos que el calamar gigante (*Architeuthis dux*) es una única especie con distribución mundial¹. También que viven en las proximidades de los cañones submarinos. A lo largo de los años se han registrado varamientos y capturas en muchos lugares del mundo, pero principalmente en Terranova (Canadá), Asturias (Norte de España), Japón y Nueva Zelanda. Esos registros tienen principalmente dos orígenes: ejemplares pescados por grandes barcos arrastreros e individuos varados en las costas.

Los análisis realizados en los cadáveres mostraron dos aspectos que nos interesan desde el punto de vista culinario: 1ª) los tejidos musculares de estos cefalópodos están llenos de vacuolas; y 2ª) en esas vacuolas se acumulan sustancias ricas en iones amonio, que hacen que el animal pueda flotar entre aguas sin realizar grandes esfuerzos por mantenerse.

A pesar de haber avanzado en los conocimientos sobre la biología y ecología del calamar gigante, todavía quedan muchas incógnitas por contestar. Por ejemplo, hasta ahora nadie ha publicado nada sobre su sabor. En este artículo se exponen varias experiencias inéditas sobre este particular.

Asturias (Norte de España)

La primera información procede de España, concretamente de Asturias. En estas tierras del Norte de la Península Ibérica al calamar gigante se le conoce como “peludín”. Esto hace referencia a que su piel se pela fácilmente y forma flecos alargados al rozarse con las redes de pesca, o con las rocas y arena de las zonas donde varan. Luis Laría y Ángel Guerra contrastaron diversas fuentes, y obtuvieron información de que durante la Guerra Civil española (1936-1939), la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), y los años de postguerra (hasta 1956, aproximadamente), los calamares gigantes que se podían traer a tierra frescos eran condimentado y comidos por las familias de pescadores asturianos. Quizá esto también ocurría en Cantabria y Galicia, pero se carece de datos fidedignos para atestiguarlo. Aquellas fueron épocas de mucha hambre en España. La conclusión de esa experiencia culinaria fue que, bien secos, a la parrilla o cocidos y servidos con aceite de oliva, la carne era comestible, aunque tenía sabor amargo y era salada.

Las historias recogidas en Asturias, de los viejos del lugar, constataron que todo el mundo que lo comió afirmaba que era una carne de muy mala calidad, que estaba bastante amargo, y que su textura no era buena. Intrigado, en 2002, Ángel Guerra envió un buen trozo congelado de un calamar gigante capturado fresco al cocinero vasco Andoni Aduriz,



Desde el punto de vista culinario, los tejidos musculares de estos cefalópodos están llenos de vacuolas y en ellas se acumulan sustancias ricas en iones amonio.

Figura 2. Calamar gigante (*Architeuthis dux*) vivo. Proximidades del puerto de Bares (Galicia) 7 de octubre de 2016 (Foto de Javier Onicol).

del restaurante Mugaritz, con dos estrellas Michelin. Andoni tenía varias ideas: secarlo, liofilizarlo, cocerlo, hacerlo a la brasa, etc. Sin embargo, un desafortunado y aparatoso incendio quemó parte del restaurante y el fuego destruyó la cocina y la despensa donde estaba guardado el trozo de *Architeuthis*. Después de aquella fallida experiencia no se intentó ningún experimento más.

Terranova (Canadá)

La segunda experiencia de la que se tiene constancia ocurrió en San Juan de Terranova, en la primavera de 1973. El canadiense Frederick Aldrich había invitado a Clyde F.E. Roper, de los Estados Unidos, y Malcolm R. Clarke, del Reino Unido, para servir como miembros del tribunal de la tesis doctoral de C.C. Lu. Como recuerda Roper², la defensa del trabajo avanzó bastante bien y sin sobresaltos. Lu contestó todas las preguntas y recibió la calificación más alta. Probablemente hubo una recepción de algún tipo después de la lectura del acta, pero el acontecimiento festivo principal estaba con Mairi (la esposa de Lu) y en su casa. Ocurrió esa misma tarde, en una velada memorable en la que brillaron los valores culinarios de Mairi y Lu. La comida fue maravillosa. Se sirvieron platos típicos de Terranova y también de la cocina taiwanesa. Obviamente, no podían faltar

numerosos y variados platos de pota canadiense (*Illex illecebrosus*), presa favorita de miles de peces, aves y mamíferos marinos del mar de Terranova.

Los aborígenes de esa tierra habían evitado inviablemente comer potas de esa especie durante siglos, pues consideraban que solo servían como cebo, sobre todo para pescar bacalao. Sin embargo, *Illex illecebrosus* entró en su dieta cuando Aldrich demostró su calidad durante sus entrevistas, hogareñas y relajadas, mantenidas con la gente más antigua de la industria pesquera tradicional y local.

Otro rayo de luz de la tarde vino con buen ron oscuro de Terranova. Bien comidos y bebidos, Clyde mencionó, como de pasada: – «me pregunto cómo sabrá la carne de *Architeuthis*?» Lu respondió inmediatamente: –«no sé, pero tengo unos trozos en el congelador». –¡«Vamos a probarlo!»!, dijo inmediatamente Clyde. Entonces Lu sacó un pedazo de carne del congelador, Clyde lo cortó en trozos pequeños y lo dejó descongelar, mientras el grupo seguía charlando. Clyde decidió que el mejor modo de preparar aquella carne era cocinarla por el método más sencillo: cortada en trozos muy pequeños y ligeramente salteada (cruda y frita a fuego vivo) en aceite de oliva. Clyde estuvo tentado de añadir ajo, pero decidió que la prueba inicial no debería estar influida por el fuerte sabor de este magnífico ingrediente.



Figura 3. Bares (Galicia), 7 de octubre de 2016 (Foto de Javier Onicol).



Figura 4. Hembra de 10 metros de longitud total, extendida en el puerto de Luarca.

El olor del *Architeuthis* que se estaba cocinando no se parecía exactamente al de un calamar común (*Loligo* spp) o al de la potas (*Illex* spp), pero en aquel momento los protagonistas de esta historia no prestaron mucha atención a ese detalle. Después de un movimiento final en la sartén, Clyde sacó los trozos y los ofreció a los invitados supuestamente entusiasmados. Clyde se lo ofreció primero a Fred, quien declinó el ofrecimiento correctamente. Malcolm dijo: — «No muchas gracias, primero terminaré mi bebida». Finalmente, llegó el turno a Lu: — « ¡NO! ¡Esta era una idea tuya y, por lo tanto, tienes que probarlo tú primero!». Entonces Clyde cogió un tenedor, pinchó un trozo de calamar gigante y se lo llevó a la boca. ¡En cuestión de microsegundos arrojó el trozo de la boca y lo depositó en su mano abierta! ¡Todos los ojos se fijaron en él y brillaron maravillados de sorpresa! Cuando se acabaron las risas, Malcolm preguntó, —«Pero, ¿que está mal?». Después de lavarse la boca, Clyde corrió a echar un trago de ron, y dijo: — «En primer lugar, es tan correoso como un neumático viejo; y en segundo, es tan amargo que me ha hecho fruncir el ceño».

Cuando el entusiasmo se calmó, los contertulios comenzaron a preguntarse por qué la carne era tan amarga. Lu aseguró que el trozo procedía de un individuo absolutamente "fresco y bien congelado". No obstante, los demás quisieron saber cuánto tiempo había estado el bicho muerto antes de varar en tierra, a lo que no hubo respuesta.

A la mañana siguientes, con las cabezas más claras, fueron al laboratorio y analizaron el tejido. Descubrieron que tenía una gran cantidad de iones de amonio (amoníaco) en las vacuolas de sus músculos. De esa manera, solucionaron el misterio de por qué un bicho tan grande y de grandes profundidades flotaba hasta la superficie al morir. Los iones de amonio, que son el producto final más abundante del metabolismo

proteico de los cefalópodos, son mucho más ligeros que el agua de mar, y una vez que el calamar gigante, permanentemente nadador, muere en las profundidades hacen de flotadores y los individuos moribundos, tarde o temprano, ascienden a la superficie, donde son devorados por depredadores oceánicos o, en caso contrario, conducidos a tierra por las corrientes y el viento, causando mucho asombro y temor entre gente normal, que mora en la orilla, y la alegría y el aprecio de los curiosos teutólogos (biólogos de los cefalópodos).

Francia

A raíz de la redacción del libro "*Géants des profondeurs*"³ se abrió otra puerta. Michel Segonzac, coautor de ese libro con Ángel Guerra, decidió investigar a qué sabe un calamar gigante. A primeros de febrero de 2016, Guerra envió a Segonzac un trozo de 90 gramos procedente de un ejemplar hembra de 130 kg, pescado por una pareja de barcos arrastreros en Asturias, fresco y en muy buenas condiciones. Los resultados de las experiencias culinarias de Michel son los siguientes:

- Cocinado al vapor en olla a presión durante 10 minutos: el sabor es muy bueno, no es fuerte; la carne se funde en la boca, y no es muy salado.
- En el agua hirviendo, 20 minutos: igual pero no demasiado salado, justo lo que hace falta.
- A la plancha con una película fina de aceite de oliva: lo mismo, pero demasiado salado.
- Conclusión: lo mejor es hervirlo en agua porque queda con una concentración de sal apropiada. En todo caso, Segonzac afirma que no encontró un olor y un gusto de orina, ni tampoco un sabor excesivamente amargo, de esperar por los iones amonio, tal y como había referido Roper.



Figura 5. Pico de loro (mandíbulas) del calamar gigante.

Japón

El pueblo japonés está entre los de mayor consumo de cefalópodos. Disfrutan con los pulpos, los calamares y las sepias condimentados de numerosas maneras o curdos. En las costas japonesas los varamientos de calamar gigante son relativamente frecuentes⁴. Así, en los años 2014 y 2015 se registraron 57 individuos varados.

Con esos precedentes, el calamar gigante también se consideró como un potencial producto alimenticio, pero la realidad es que ha sido muy raro utilizarlo en la industria pesquera comercial y la industria alimenticia. Cuenta Tsunemi Kubodera, el investigador japonés que filmó por primera vez un calamar gigante vivo en su hábitat natural en julio de 2012, que una empresa de la industria alimenticia de productos marino trató de hacer un calamar tradicional secado (Surume en japonés), a partir de un calamar gigante fresco hallado vivo en una red de enmalle. La empresa ofreció un pequeño pedazo de ese surume a la gente que asistía a un famoso festival de alimentos marinos. Lo que ocurrió es que el surume de calamar gigante fue relativamente bien acogido por la gente, pero su gusto no fue considerado tan bueno como el del surume hecho con la pota japonesa (*Todarodes pacificus*).

De todos modos, el calamar gigante es comestible y la tecnología de la industria alimenticia actual podría eliminar los inconvenientes de su sabor algo amargo y el exceso de sal.

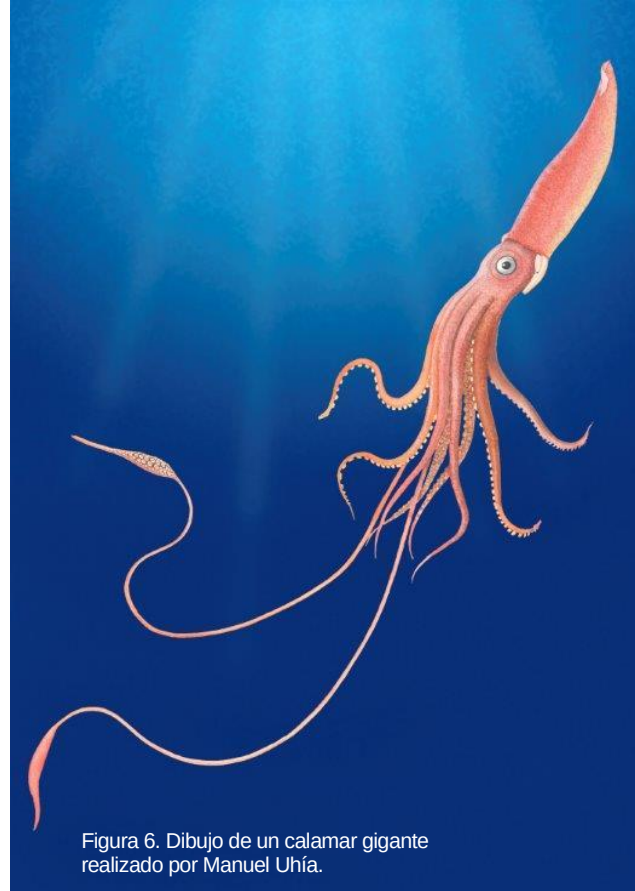


Figura 6. Dibujo de un calamar gigante realizado por Manuel Uhía.

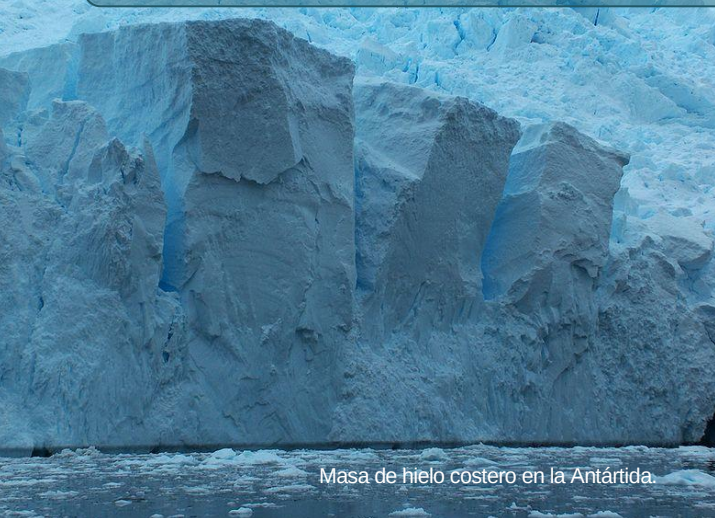
Precaución

Aunque el calamar gigante fresco sea comestible, hay varios motivos por los que su explotación comercial debe desaconsejarse⁵, entre otros: 1º) es una especie rara y emblemática de los fondos marinos, base alimenticia de numerosas especies; 2º) se desconoce el tamaño de sus poblaciones; 3º) sería muy poco rentable tratarla como especie objetivo de una pesquería, pues no forma bancos, los individuos adultos están muy dispersos en la columna de agua, y viven entre los 250 y 1.500 metros de profundidad.

Bibliografía

- (1) Guerra, A. y González, A.F. 2009. ¿Qué sabemos del calamar gigante? Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Libros La Catarata. Colección ¿Qué sabemos de?, Madrid.
- (2) Cerullo, M.M. and Roper, C.F.E. 2012. Giant Squid: Searching for a Sea Monster. Capstone Press, North Mankato, Minnesota, USA.
- (3) Guerra, A. et Segonzac, M. 2014. Géants des profondeurs. Editions QUAÉ, Ifremer, Paris.
- (4) Kubodera, T., Toshifumi W., Higuchi, M. and Yatabe, A. 2016. Marine Biodiversity, DOI: 10.1007/s12526-016-0618-7.
- (5) Guerra, A., González, A.F., Pascual, S., and Dawe, E.G. 2011. Biological Conservation, 144: 1989-1997.

Noticias de avances en Ciencias Marinas



Masa de hielo costero en la Antártida.



Imágenes de Resolución Moderada (MODIS) a bordo del satélite Terra de la NASA capturó esta imagen a color natural de un remolino del océano al sur de África, el 26 de diciembre de 2011.

En las últimas décadas se ha acelerado el endulzamiento del agua profunda Antártica en el Océano Índico meridional

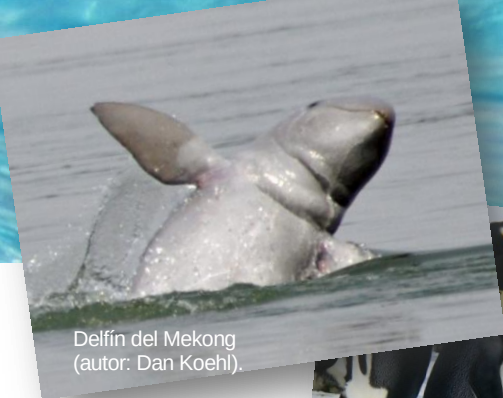
Las aguas profundas del Océano Austral no sólo transportan la señal de los cambios que está experimentando el clima en la Antártida, donde esta agua se forma, sino que también contribuyen a ese cambio a través de la absorción de calor y el aumento del nivel del mar. Según Menezes y colaboradores (Science, 3(1) e1601426, 2017) las campañas hidrográficas realizadas en el sector índico del Océano Austral revelan que el agua profunda antártica es más dulce ($0,004 \pm 0,001$ Kg/g por decenio), más caliente ($0,06 \pm 0,01$ °C por década) y menos densa ($0,011 \pm 0,002$ Kg/m³ por década). El marcado endulzamiento puede estar relacionado con el importante proceso de deshielo del glaciar ocurrido en 2010 en la costa George VI/Adélie, la principal región de origen de las aguas de fondo de la Cuenca Austral-Antártica.

Ciclones submarinos en la costa del sur de África

La Corriente de Agulhas, en la costa sur de África, es uno de los flujos oceánicos más rápidos del mundo y es probable que sea responsable de las enormes olas que han hundido varios superpetroleros sin dejar rastro. M. Krug, S. Swart y J. Gular (Geophys. Res. Lett, 44:346-354, 2017), utilizando drones autónomos subacuáticos (Seagliders), han descrito la existencia de remolinos submarinos de aproximadamente 15 kilómetros de diámetro que circulan a la velocidad de una persona caminando. Estos ciclones submarinos en la Corriente de Agulhas generan una contracorriente hacia el noreste que es aprovechada por las sardinas y anchoas en sus migraciones de desove.

Los delfines del Mekong en peligro de extinción por la construcción presas

Las presas construidas a lo largo del río Mekong producen un impacto importante en ocho de las especies de peces de agua dulce más grandes del mundo, todas en riesgo de extinción, además de sobre la población del delfín de agua dulce *Orcaella brevirostris*, también clasificada como en peligro crítico. En 2010 se estimaba que quedaban 85 individuos de este delfín. Esta población de delfines, que en el pasado se



Delfín del Mekong
(autor: Dan Koehl).



Colonia de pingüinos emperador en la Antártida.

extendía por todo en el sistema fluvial del Mekong, ahora se limita a una parte de la rama principal del río, entre las cataratas Khone-Phapheng, cerca de la frontera entre Laos y Camboya, y unos 200 kilómetros río abajo, en Camboya. La construcción de las presas Don Sahong, en Laos, y Lower Sesan, en Camboya, cambiarán aun más el flujo y la dinámica estacional del agua y los sedimentos que estructuran tanto los entornos aguas arriba como aguas abajo, lo que reducirá los nichos ecológicos disponibles para muchas especies, incluyendo a los delfines del Mekong. Además, obstaculizarán los movimientos migratorios y fragmentará la ya mermada población de delfines. La presa de Sambor, que se propone construir en el cauce principal del Mekong, en Camboya, también afectará al hábitat de esta especie y dividirá a los delfines en dos poblaciones aun más pequeñas, reduciendo significativamente las posibilidades de supervivencia de la especie.

El pingüino emperador en peligro por el Cambio Climático

El pingüino emperador es conocido por enfrentarse a los duros inviernos antárticos, pero se duda que pueda ser capaz de afrontar las consecuencias del cambio climático. En este sentido, Stéphanie Jenouvrier y colaboradores (Biol. Conserv. 212:63-73, 2017) sugieren que, para el año 2100, los pingüinos más grandes del mundo casi se extinguirán. El rápido calentamiento del aire y del mar podría hacer que su población se reduzca a sólo un 19% de la actual. Su modelo proyecta que durante las próximas dos décadas las poblaciones se mantendrán estables, e incluso podrían aumentar ligeramente a medida que los pingüinos migren hacia lugares más habitables, pero después de 2050 la población de estas aves entrará en colapso al desaparecer sus hábitats como consecuencia del cambio climático.

Pradera o sebadal de *Posidonia oceanica* (foto de Albert Kok).



Basura marina acumulada en la Bahía de Kanapou, en la isla de Kahoolawe (Hawái) (Foto del NOAA Marine Debris Programme, EE.UU.)



Los sebadales reducen la exposición de humanos, peces e invertebrados a bacterias patógenas

Se sabe que las praderas de fanerógama marinas o sebadales son ecosistemas costeros asociados con la producción natural de biocidas. Sin embargo, no se ha evaluado su capacidad para eliminar la contaminación microbiológica en el agua. Joleah Lamb y colaboradores (Science 355:731-733, 2017), tras secuenciar el gen del ARN ribosomal 16S, observaron que los sebadales reducen en un 50% la abundancia relativa de bacterias potencialmente patógenas y capaces de causar enfermedades en humanos y organismos marinos. Además, los muestreos en más de 8000 áreas coralinas permitieron constatar que los niveles de infecciones en los corales adyacentes a los sebadales se reducían a la mitad, en comparación con aquellos sin esta vecindad. Estos resultados destacan la importancia de los sebadales, no sólo como refugio para infinidad de especies marinas y en la reducción de la erosión de zonas costeras, sino también para la salud de los seres humanos y de otros organismos.

Los plásticos invaden los océanos

Gran parte de las millones de toneladas de basura que se generan diariamente acaban en el océano por accidente o por vertidos ilegales, alcanzando no sólo las playas, sino todas las cuencas oceánicas, desde la superficie hasta las grandes profundidades. Los lugares más contaminados, que albergan más de 10 mil millones de pedazos de basuras por kilómetro cuadrado, se localizan en playas y zonas costeras de toda la cuenca septentrional del Mediterráneo, estuario del río San Lorenzo (Canadá), Corea del Sur y Jordania (<http://litterbase.awi.de/>). La mayor parte de esa basura, cerca del 70%, son plásticos, y principalmente microplásticos (fragmentos menores de 5 milímetros). Existen evidencias de que más de 1200 especies acuáticas (mamíferos, peces, crustáceos y otros organismos) viven en estrecho contacto con estos plásticos, comiéndolos o viviendo entre ellos, y transfiriéndolos a lo largo de la cadena trófica.

Figura 1. Captura de erizo blanco obtenida en la pesquería artesanal que se desarrolla en la Región de Magallanes (Chile).

Variaciones del ciclo gonadal del erizo blanco en Magallanes, extremo sur de Chile

Eduardo Almonacid¹, Sylvia Oyarzún²
y Claudio Vargas³

1- Instituto de Fomento Pesquero, Punta Arenas, Chile.

2- Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

3- Dirección Zonal de Pesca, Punta Arenas, Chile.

El erizo blanco base económica de la pesca en Chile

La pesca del erizo blanco (*Loxechinus albus*, Molina 1782) en el sureste del Océano Pacífico se ha desarrollado progresivamente entre 1950 y 2002, pasando sus capturas de 1.600 a 60.166 toneladas, y Chile ha tenido una significativa participación en la misma, con más del 50% de las capturas en algunos años (Fig. 1). El motivo, es que este recurso es muy abundante en zonas expuestas a lo largo de toda su costa, asociado a la presencia de los bosques de quelpos. Así, en la Región de Magallanes (zona austral), el erizo blanco es el principal recurso pesquero. Sólo en el año 2011 representó el 41% de los desembarques, con un total de 13.000 toneladas y, actualmente, da

ocupación a una población de unos 1.200 submarinistas artesanales (Fig. 2), siendo una importante base económica para este país.

¿Qué sabemos acerca del erizo blanco?

Actualmente, la información relacionada con el ciclo reproductor del erizo blanco en Magallanes es confusa y poco precisa, debido a que no existen muchas oportunidades para realizar estudios detallados. La zona presenta muchos desafíos a la hora de realizar estudios prolongados en el tiempo, entre los que destacan las duras condiciones climáticas, con muchas precipitaciones y vientos que superan los 100 km/h, especialmente durante la primavera y verano austral. Otra característica distintiva es su gran extensión geográfica y el difícil acceso a muchas áreas rurales, debido a la conformación geográfica que no permite, en muchos casos, un flujo de comunicación estable y rápido (Fig. 3).



Figura 2. Pescador submarino recolectando erizo blanco entre los quélpos de la región de Magallanes (sur de Chile).



Figura 4. Gónadas (aparato reproductor) maduras de una hembra de erizo blanco capturado en aguas de la Región de Magallanes, al sur de Chile.

El patrón reproductor del erizo blanco en Chile varía a lo largo de la costa del país, con un desplazamiento temporal en el periodo de maduración y desove, que se prolonga varios meses desde finales del verano hasta comienzos de la primavera austral, iniciándose primero en el norte y concluyendo hacia fines de primavera en el centro-sur del país^{1,2}. Zamora y Stotz³ propusieron que las diferencias en la época de evacuación y desove a lo largo del país son atribuibles a las variaciones en la temperatura con la latitud, con los valores más bajos durante los días más cortos del año, seguidos por periodos de alta productividad primaria, lo cual implicaría una eventual sincronización entre ambos fenómenos. Así, los valores más bajos del desarrollo de las gónadas (Fig. 4) se dan en concordancia con el aumento de la temperatura, y probablemente el desove ocurre sincronizado con la mayor disponibilidad de alimento⁴.

En Magallanes (extremo sur de Chile) el erizo blanco presenta un patrón reproductor diferente, con periodos de desoves que varía de una zona a otra dependiendo de la disponibilidad y tipo de alimento. En esta región las poblaciones de erizo no están expuestas a la influencia de la corriente de Humboldt, lo cual afecta a la distribución de esta especie entre los 22° a 45° de latitud sur. Por el contrario, en torno a los 48° S la costa está influenciada por la corriente del Cabo de Hornos, con características oceanográficas muy diferentes⁵. El efecto de la corriente del Cabo de Hornos es una frontera biogeográfica importante para la distribución de macroinvertebrados bentónicos en el litoral del Pacífico sureste.

Recientemente, hemos observado que en el extremo austral de Chile el erizo blanco presenta una diferencia notable en la maduración y desove. Así, en el Canal Oeste, al norte de la Región de Magallanes, la maduración y desove de este erizo fue constante, a diferencia de lo observado en isla Malaspina, aunque ambas localidades se encuentran muy cercanas. Sin embargo, en el centro de la región, Cabo Phillips, el patrón reproductor es muy similar al descrito para otras zonas de Chile más al norte, con valores de índice gonadosomático más altos que los observados en Canal Oeste y Paso Adventure, ubicado al sur de la región (Fig. 5). Es decir, parece haber situaciones particulares para cada sector, de modo que la reproducción en las distintas zonas de la región es una respuesta adaptativa a las condiciones climáticas locales, aún en distancias del orden de los 500 metros. No obstante, estas variaciones también pueden ser una respuesta consecuencia de la situación de sobrepesca, de modo que los individuos intensifican la reproducción como adaptación a una significativa reducción de la población. La reducción de la población, debido a la intensa y constante extracción del recurso a lo largo de los años, favorece que las larvas encuentre una menor competencia trófica y por el espacio, de modo que los procesos de supervivencia se vean favorecidos, pero en zonas donde los bancos de erizo son menos densos.

Teniendo en cuenta lo anterior, las poblaciones ubicadas en Magallanes presentaron características que no siguen las tendencias observadas en las poblaciones distribuidas más al norte, centro y centro-sur

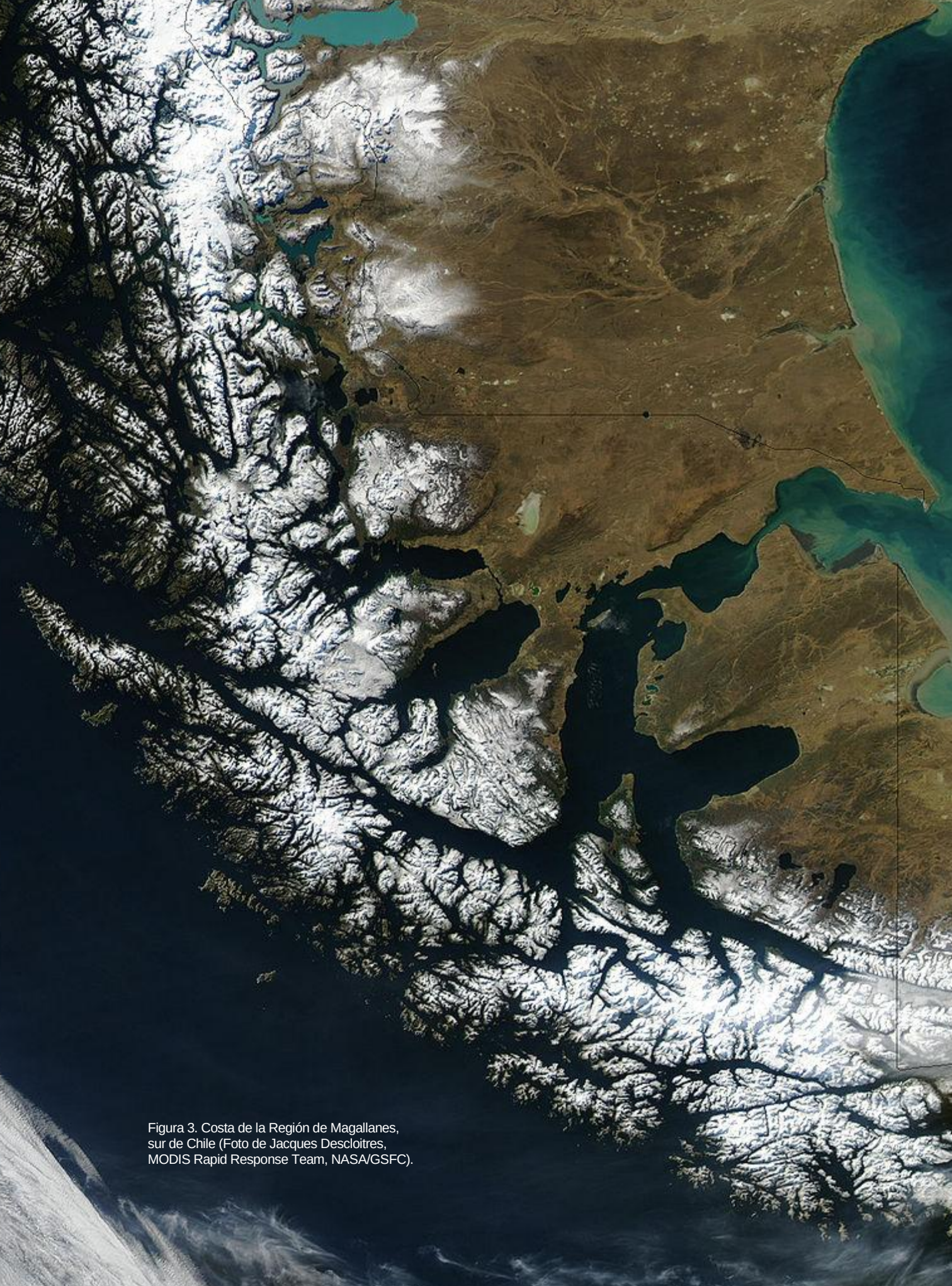


Figura 3. Costa de la Región de Magallanes, sur de Chile (Foto de Jacques Descloitres, MODIS Rapid Response Team, NASA/GSFC).

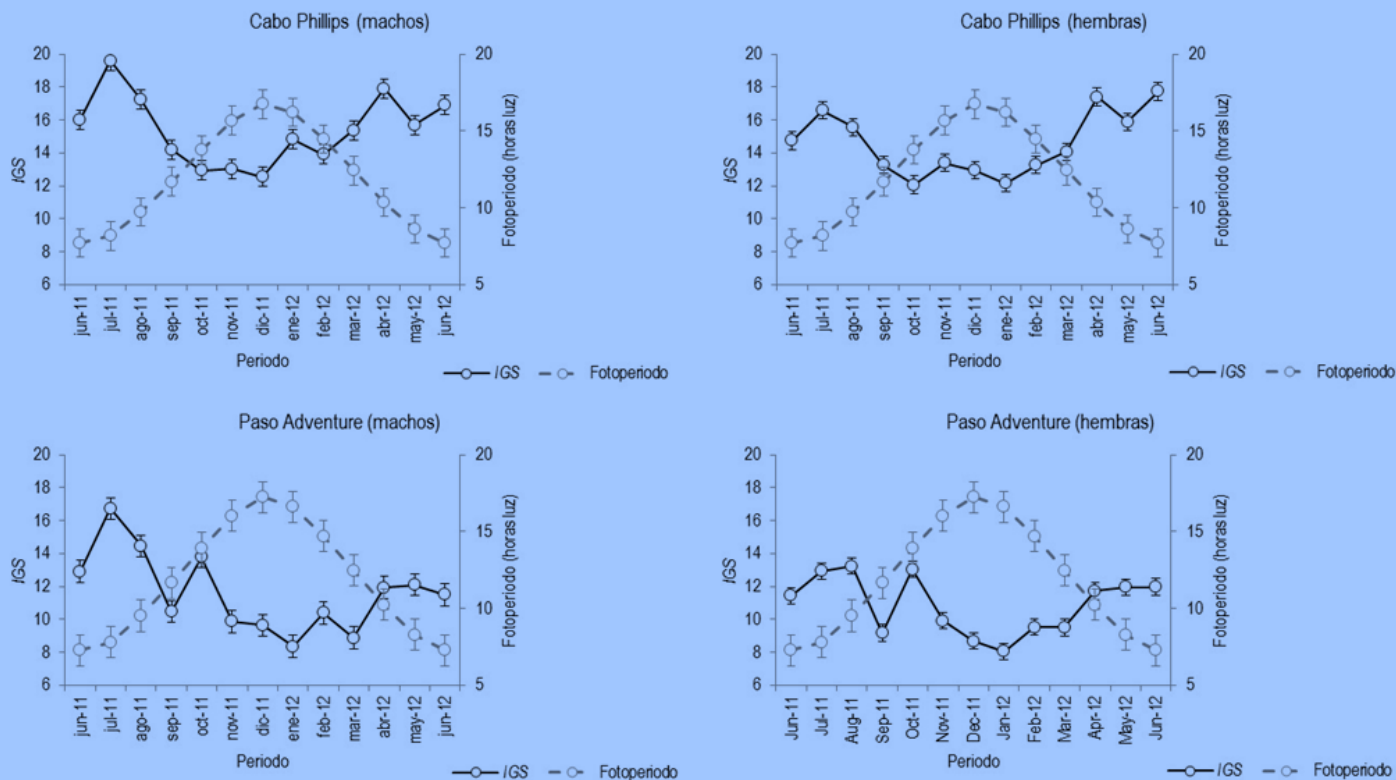


Figura 6. Relación entre el fotoperiodo y el desarrollo de la gónadas (índice Gonadosomático - IGS) de erizos machos y hembras en Cabo Phillips y Paso Adventure (Chile).

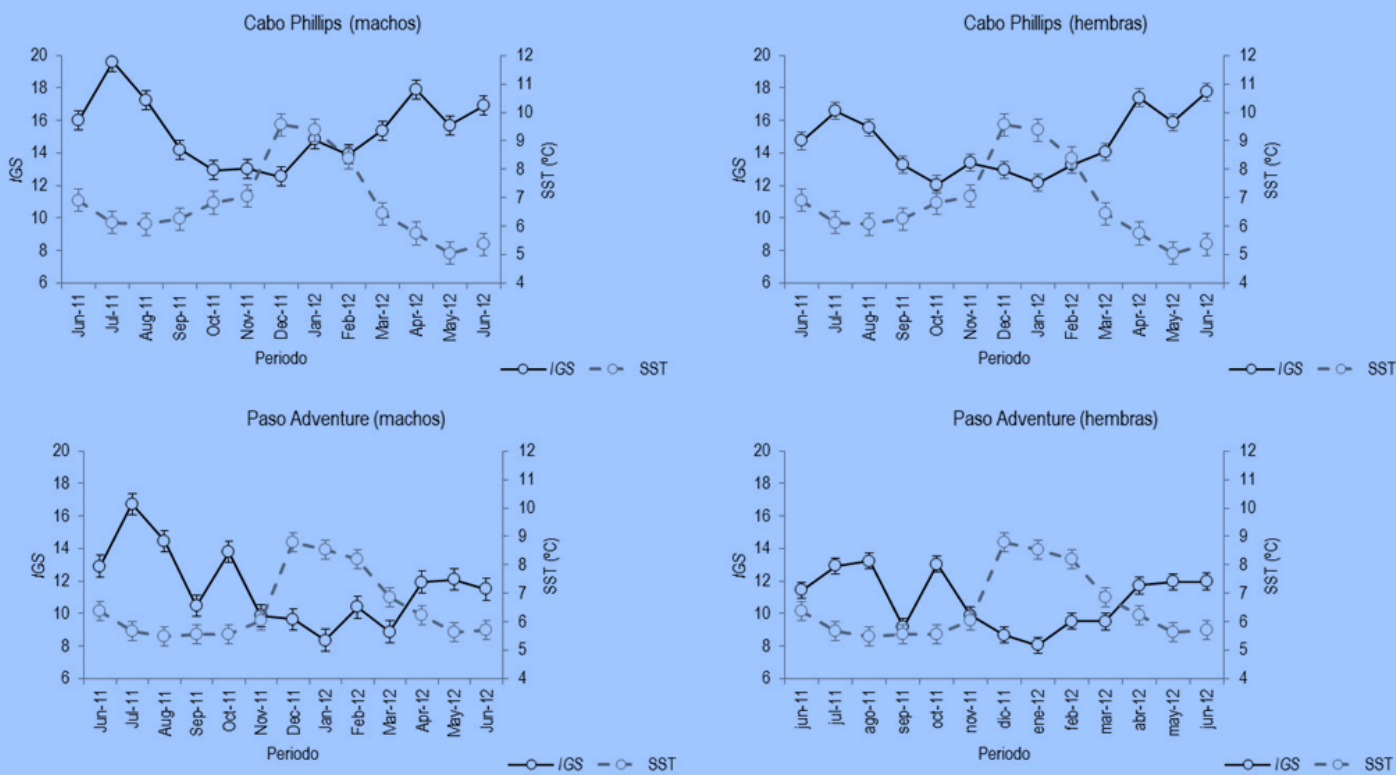
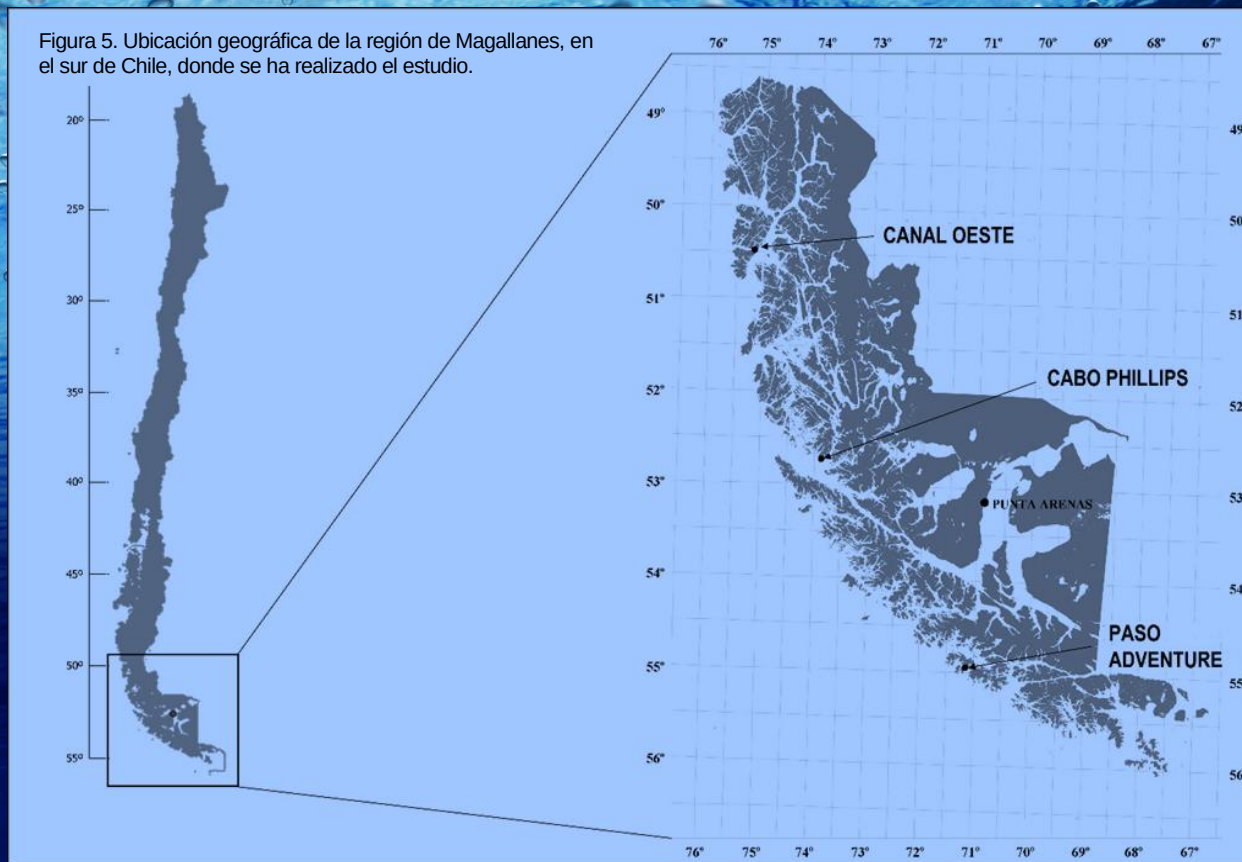


Figura 7. Relación entre la temperatura superficial del mar (SST) y el desarrollo gonadal (índice Gonadosomático- IGS) de machos y hembras de erizo blanco en Cabo Phillips y Paso Adventure (Chile).

Figura 5. Ubicación geográfica de la región de Magallanes, en el sur de Chile, donde se ha realizado el estudio.



del país, donde los ciclos reproductivos progresivamente se desplazan en el tiempo acorde a los cambios en la latitudinal, lo que se explica por la influencia de las diferencias en el régimen oceanográfico⁵. Así, en Canal Oeste el erizo mostró la situación más llamativa, presentando células en estado de máxima madurez a lo largo de todo el periodo estudiado (entre junio de 2011 y febrero de 2012), sin que la proporción de individuos en estado de evacuación o desovado mostrase ninguna tendencia a lo largo del tiempo. Sin embargo, durante este periodo se observaron alrededor de 36 eventos anómalos en la temperatura superficial del mar, provocando oscilaciones que indirectamente podrían afectar al comportamiento reproductivo del erizo.

Es evidente que la temperatura superficial del mar y el fotoperiodo juegan un papel muy importante en el ciclo reproductor de esta especie, efecto que se refleja claramente en las zonas de Cabo Phillips y Paso Adventure (Figs. 6 y 7), pero no así en Canal Oeste por la dinámica en las oscilaciones térmicas o, tal vez, por constituir una zona límite entre zonas con distintas características oceanográficas. Pese a lo anterior, en Cabo Phillips y Paso Adventure el desarrollo gonadal de los erizos muestra una relación directa tanto con el fotoperiodo, como con la temperatura superficial del mar, elementos a tener en cuenta en su administración y gestión pesquera cara a los posibles efectos del cambio climático global, y que requerirán una evaluación periódica.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Gobierno de Chile) la financiación del estudio, así como a D. Claudio Bernal, Dña. Nancy Barahona y D. Antonio Aranís por sus sugerencias, la colaboración del Dr. Unai Ganzedo, Felipe Medina, Jacqueline Parada, Johanna Levil y Juan Maripillán y a la tripulación de la L/M Rucach I.

Bibliografía

- (1) Guisado, Ch., Castilla, J.C. 1987. Historia de vida, reproducción y avances en el cultivo de erizo comestible chileno *Loxechinus albus* (Molina, 1780) (Echinoidea: Echinidae). pp. 59-68. En: P. Arana (ed) Jornadas en Pesquerías Chilenas, 7ª/Universidad Católica de Valparaíso. Manejo y Desarrollo Pesquero. Valparaíso: Universidad Católica de Valparaíso, 1987. 249 p.
- (2) Vázquez, J. 2007. Ecology of *Loxechinus albus*. Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. Editor John Miller Lawrence. 227-241.
- (3) Zamora, S., Stotz, W. 1992. Rev. Chil. Hist. Nat., 65:121-133.
- (4) Kino, S., Agatsuma, Y. 2007. Fish. Sci., 73:1265-1273.
- (5) Strub, P.T., Mesías, J.M., Montecinos, V., Rutlant, J., Salinas, S. 1998. Coastal ocean circulation off western South America. In Brink KH, Robinson A.R. (eds). The global coastal ocean, John Wiley & Sons Inc. New Cork. The sea 11: 273-313.

Un mar para comérselo

Vieja marinada

sobre tierra de cilantro y espirulina, puré de batata de jable y almedras, demiglasse de mariscos y emulsión de jalapeños

Abraham Ortega García
Chef y Asesor Gastronómico.

Vieja marinada. Limpiamos las Viejas de escamas y vísceras. Las deslomamos y la desespinaamos. Metemos los lomos en una bolsa de vacío junto con los demás ingredientes. Le damos 100% de vacío dejándolo marinar durante 20 minutos. Abrimos y sacamos los lomos, los ponemos en una bandeja y reservamos.

Puré de batata y almendras. Cocemos las batatas peladas con agua y sal. Por otro lado tostamos las almendras en una sartén con un poco de aceite. Una vez tostadas, las picamos con un cuchillo. Cuando la batata este cocida, la escurrimos y con la ayuda de una varilla la machacamos mientras incorporamos las almendras. Salpimentamos y reservamos.

Terroso de cilantro y espirulina. Blanqueamos los manojos de cilantro y los licuamos, reservando el jugo para más adelante. Mezclamos el resto de los ingredientes junto con el jugo del cilantro hasta obtener una masa homogénea. Dejamos reposar una hora en el congelador. Rallamos la masa sobre un papel de horno y hornearmos a 180 grados durante 20 minutos. Dejamos enfriar y rompemos la galleta hasta obtener el tamaño de tierra deseado.

Emulsión de jalapeños. Mezclar todos los ingredientes en la termomix y trituramos a máxima velocidad durante 5 minutos hasta obtener una salsa densa y brillante.

Demi-glace de mariscos. Cortamos todas las verduras en mirepoixe (en pequeños dados de 1,5 cm de sección) y las doramos con el aceite en un caldero, cuando estén pochadas, añadimos las galeras y las espinas y las doramos un poco, una vez dorada

Ingredientes para 10 personas

Vieja marinada

- 10 viejas de 400 g
- 50 ml de zumo de limón
- 50 ml de aceite de oliva virgen extra
- 10 hojas de cilantro

Puré de batata y almendras

- 500 g de batata amarilla
- 70 g de almendras tostadas
- 8 g de sal
- 3 g de pimienta

Terroso de cilantro y espirulina

- 150 g de harina
- 150 g de mantequilla en pomada
- 25 g de espirulina
- 2 manojos de cilantro
- 15 g de sal

Emulsión de jalapeños

- 50 g de jalapeños en vinagre
- 100 ml de TPT (partes iguales de azúcar y agua)
- 8 g de gelespesa

Demi-glace de mariscos

- 20 litros de agua
- 1 kg de galeras
- 1 kg de espinas de vieja y merluza
- 200 g de pimientos rojos
- 200 g de pimientos verdes
- 100 g de zanahoria
- 3 cabezas de ajo
- 500 ml de vino Pedro Ximenez
- 500 ml de soja
- 100 ml de aceite de oliva virgen extra
- 200 g de mantequilla

añadimos la soja y el Pedro Ximénez, reducimos un poco y añadimos el agua. Dejaremos reducir a fuego medio 4 horas hasta obtener una salsa densa. Al momento del servicio, ponemos mantequilla para ligarla.

Presentación. En el plato, pintamos con la demi-glace ligada, en el lado derecho lo mas próximo al centro posible, pondremos la tierra de cilantro formando una línea recta del grosor de un dedo y medio. Encima de la tierra ponemos tres quenelles de puré de batatas caliente. Marcamos en una plancha a fuego muy fuerte el lado de la piel de las Viejas y las cuadramos para sacar rectángulos. Ponemos uno por cada hueco entre quenelle y quenelle. En el lado opuesto del plato, presentaremos unos botones de emulsión de jalapeños. Decoramos con unas flores silvestres y unas hojas de cilantro.

Pensamiento del chef. A esta receta le tengo especial cariño, porque combina de manera muy elegante, uno de los mejores productos de Canarias, como es la deliciosa vieja (*Sparisoma cretense*), con uno de los productos del futuro, que cada vez más está en auge debido a sus cualidades nutricionales, la Spirulina (suplemento dietético a base de cianobacterias *Arthrospira* spp.) y lo que los cocineros consideramos el alma de una cocina, por su tiempo, sabor y dedicación, como es el demi-glace. En este caso de un marisco tan interesante como poco apreciado, la galera (*Squilla mantis*). A continuación, vamos a hablar brevemente sobre las cualidades de los tres elementos antes planteados:

Vieja (*Sparisoma cretense*). La vieja de Canarias (*Sparisoma cretense*) es un pez óseo perteneciente a la familia de los Escáridos (*Scaridae*), es decir, se trata de un pez loro. La mayoría de las especies de esta familia son muy coloreadas, con tonos llamativos que diferencian hembras de machos. El cuerpo es rechoncho, moderadamente comprimido, con hocico redondeado, escamas grandes y suaves al tacto. Los dientes están parcial o completamente fusionados formando un par de placas en pico de loro en cada mandíbula.

En Canarias, es muy habitual verlas en los menús de los restaurantes de todas sus costas, ya que tienen un excelente sabor a marisco debido a su alimentación. También es muy apreciada por su diversidad culinaria a la hora de preparar las diferentes recetas, perfectamente puede hacerse frita, hervida, al horno... En conclusión, es una joya de los mares canarios y un pescado que merece la pena probar.

Spirulina (*Arthrospira* spp.). La spirulina es una cianobacteria que tiene forma de espiral (de ahí su nombre) y es de color azul verdoso, por la presencia de clorofila que le da el color verde y de ficocianina, pigmento que le da el color azulado.

La spirulina es un superalimento que ofrece proteínas más digeribles que las de la carne de vacuno y contiene una sorprendente variedad de elementos nutritivos (vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales, proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, y una amplia gama de fitoquímicos).

La spirulina es especialmente eficaz en casos de anemia, desmineralización y agotamiento. Ayuda a recuperar la forma física, la energía y la vitalidad y a desintoxicar el organismo.

Galera (*Squilla mantis*). La galera es un crustáceo malacostráceo que se da en la zona del Mediterráneo. Es común en la costa valenciana, por lo que también se las denomina "carabela valenciana". A pesar de que su caparazón es ligeramente blando, es tan molesto como el de las cigalas, pero en su interior esconde una carne muy jugosa y sabrosa.

Lamentablemente ha sido un marisco infravalorado, muy utilizado para dar sabor a los caldos, lo que garantiza que están riquísimas, pero no se había extendido su consumo como protagonista de un plato, pues al tener poca proteína la carne mengua bastante. Cada vez son más los restaurantes, sobre todo los que se encuentran en la costa valenciana, que dan el valor que merecen las galeras. Basta con hacerlas a la brasa o a la plancha con un poquito de sal y un buen aceite de oliva.

Representación de dos criaturas antropomorfas (sirenas) que ilustra el libro "Historiae Naturalis De Piscibus Et Cetis" de Jan Jonston (1650).

Anthropomorphos.



José Juan Castro Hernández y
Luis Felipe López Jurado

Entre los mamíferos marinos, los sirenios (o sirenas, en antiguo griego) destacan, además de por su tamaño y peso (algunos ejemplares alcanzan los 4 m de longitud y los 1500 Kg), por sus lentos movimientos y nadar parsimonioso mientras se alimentan de plantas acuáticas en aguas dulces o saladas poco profundas. Son unos animales de cuerpo cilíndrico, lejanamente emparentados con los elefantes (poseen uñas en los bordes de las aletas pectorales), que habitan aguas costeras tropicales, estuarios y algunos grandes ríos. Desgraciadamente, este carácter dócil y lentos movimientos ha facilitado su caza, así como las muy frecuentes colisiones con las rápidas embarcaciones recreativa, lo que ha puesto a estas especies al borde de la extinción.

Su dieta exclusivamente herbívora ha hecho que también se les conozca como vacas marinas (así las describe Jan Jonston en 1650) y, al igual que los cetáceos, desarrollan toda su vida en medio acuático, incluyendo la reproducción y nacimiento de las crías.

El nombre de sirenios les viene por la confusión que provocarían en los, altamente sugestionados, marinos que llegaron a las aguas del Caribe a finales del siglo XV, que al ver las hembras nadar lentamente cerca de los barcos, acompañadas de sus crías, pensaban que eran las míticas sirenas de las que tanto habían oído hablar en infinidad de historias. En este sentido, Cristóbal Colón, el 8 de enero de 1493, escribía en su diario, mientras navegaba en aguas de Río del Oro (actual Haití), que "había visto con toda claridad tres sirenas que surgieron fuera de la mar, pero que no eran tan hermosas como se dice, porque sus caras tenían rasgos masculinos". Las hembras de

Las sirenas y los manatíes



(Izda.) Manatí antillano en el Merritt Island's National Wildlife Refuge de Florida (EE.UU.), cerca del Centro Espacial Kennedy (Fuente: NASA).
(Dcha.) Manatí amamantando a su cría (Autor: Galen Rathbun, 2002. Publicada por Division of Public Affairs, U.S. Fish & Wildlife Service, EE.UU.).



Ilustración distorsionada de un manatí (con pesuñas de caballo en las patas delanteras y hocico de foca) que acompaña a la descripción realizada por Francisco Hernández en su obra "*Novae Hispaniae Thesaurus*", editada en 1648.



los manatí, en época de crianza tienen tetas grandes y redondas, como los pechos de una mujer y, de hecho, parece ser que la palabra *manatí* significa "con tetas", en taino, lengua indígena de las Antillas. También, el nombre de dugongo (como se conoce a estos animales en el Océano Índico) se debe a la palabra *dugong*, del tagalo, que quiere decir "señora del mar". Sin embargo, el nombre científico del género (*Trichechus*) deriva de la palabra latina *Trichechus* que significa "peludo", acuñado originalmente por el célebre ictiólogo sueco Peter Artedi, en 1738, con objeto de distinguir estos "pescados" con pelo de los otros peces con escamas.

En la actualidad existen cuatro especies de sirenios en todo el mundo. El manatí antillano (*Trichechus manatus*) se distribuye por el Golfo de México y sudeste de los Estados Unidos, así como por la costa septentrional de Sudamérica. El manatí amazónico (*T. inunguis*) que se encuentra en el río Amazonas, mientras que el manatí africano (*T. senegalensis*) está presente a lo largo de la costa de África occidental, entre Senegal y el norte de Angola, así como en los sistemas fluviales de los principales ríos de esta región (e.g.: río Níger). Por otra parte, la única especie de dugongo (*Dugon dugon*) se encuentra exclusivamente en las aguas costeras del este de África, Mar Rojo, India, archipiélagos del Sudeste Asiático, sur de China y norte de Australia, incluyendo la Polinesia Francesa. Todas son especies de aguas tropicales, aunque una especie ya extinta, la vaca marina de Steller, vivía en las aguas subárticas del mar de Bering. Esta especie (*Hydrodamalis gigas*), que alcanzaba los 8 metros de longitud, se extinguió en el siglo XVIII, sólo 27 años después de su descubrimiento. Este colosal animal, que llegaba a pesar hasta 10 toneladas fue descubierto y descrito por primera vez por Georg W. Steller, durante una ex-

pedición rusa que se extravió en la isla de Arachka (actualmente isla de Bering), frente a la península de Kamchatka (este de Siberia, Rusia, en el Océano Pacífico Noroccidental), en 1741. Su informe hizo que los cazadores de focas y balleneros vieran en esta especie un negocio lucrativo, dando comienzo a su caza masiva hasta que en 1768 se extinguió. Es muy posible que a su extinción no sólo contribuyera la caza directa, sino también la intensiva caza de las poblaciones de nutrias, lo cual provocó una masiva proliferación de erizos y la casi desaparición de los campos de algas que servía de alimento para las vacas marinas.

La piel es gruesa y arrugada, de color gris. Las patas delanteras de estos animales se han transformado en aletas, mientras que las patas posteriores han desaparecido y la cola da lugar a una aleta caudal horizontal. Esta última varía entre manatíes y dugongos, de modo que los primeros tienen la aleta caudal en forma de remo o de pala, mientras en los dugongos esta tiene forma de media luna.

Los sirenios son herbívoros y se alimentan de diversos tipos de plantas, como hojas de mangle o algas, aunque existen evidencia de que ocasionalmente come peces que "roban" de las redes. Un manatí adulto puede comer normalmente hasta un 9% de su peso al día. Tiene un ciclo vital relativamente largo, ya que llegan a alcanzar los 80 años de edad (a los 4 años son adultos). Sin embargo, su fecundidad y natalidad es muy baja, puesto que las hembras paren una cría cada 2 ó 5 años. La cría durante los dos primeros años de vida depende totalmente de su madre. Suelen vivir en pequeños grupos y solamente las hembras se encargan del cuidado de las crías, a las que amamantan hasta que sus dientes estén bien formados para comer alimentos duros.

Un Mar de Ciencias 2017

En esta edición en cada categoría se premiaron los trabajos presentados por el CEIP Fernando III el Santo (La Laguna) y CEIP Doctor Juan Negrín (Telde) (1º y 2º en la categoría Jacques Cousteau), IES Barranco las Lajas (Tacoronte) e IES Villalba Hervás (La Orotava) (1º y 2º en la categoría Ramón Margalef), IES Firgas (1º y 2º en la categoría Charles Darwin), IES Lila (Telde) e IES Casas Nuevas (Telde) (1º y 2º en la categoría Alexander von Humbolt) y, finalmente, en la categoría Jacques Piccard el IES Prof. Antonio Cabrera Pérez (Telde).



Juan Francisco Betancort Lozano

El pasado 12 de Mayo se desarrolló en el Paraninfo de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) la fase final del concurso "Un Mar de Ciencias 2017". Este concurso pretende fomentar, entre los alumnos de educación primaria y secundaria, la conservación de la biodiversidad marina y el conocimiento de los océanos a través de las ciencias. Se premian los mejores trabajos de investigación realizados por estudiantes de primaria, secundaria y formación profesional de toda Canarias. En esta 3ª edición se han presentado trabajos relacionados con la biodi-

versidad de las aguas Canarias o la protección del medio marino realizados por estudiantes agrupados en 5 categorías: Jacques Cousteau (5º y 6º de Primaria), Ramón Margalef (1º y 2º de ESO), Charles Darwin (3º y 4º ESO), Alexander von Humbolt (1º y 2º Bachillerato) y Categoría Jacques Piccard (FP).

Promovido por la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos, el acto contó con la presencia del rector de la ULPGC Rafael Robaina, el director de la ACIISI Manuel Miranda y del presidente de la SAO, Vicente Benítez.

SED DE FUTURO: EL AGUA Y LA INFANCIA EN UN CLIMA CAMBIANTE



3º Edición del Programa de Prácticas de Ciencias

(Biología, Geología, Física y Química)
para alumnos de 4º de E.S.O. de Gran Canaria

Juan Francisco Betancort Lozano

Durante el mes de enero de 2017, se desarrolló la 3ª edición del Programa de Prácticas de Ciencias (Biología, Geología, Física y Química) para alumnos de 4º de E.S.O. de Gran Canaria, curso 2016-2017, financiado por la Consejería de Educación y Juventud del Cabildo Insular de Gran Canaria y promovido por la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos (SAO).

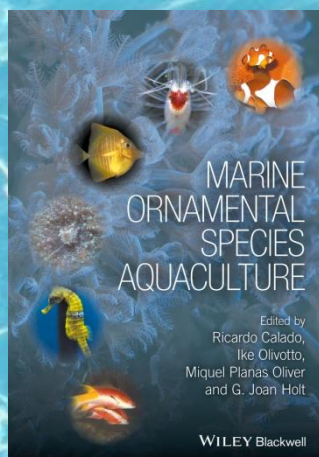
Con el objeto de promover las carreras y vocaciones científicas entre los más jóvenes, desde hace tres años estamos trabajando en un proyecto en el cual, alumnos de 4º de E.S.O. de Gran Canaria se sumergen por unas horas en los laboratorios de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), de mano de expertos en diversas disciplinas científicas relacionadas con el mar. Durante dos jornadas estos chicos y chicas realizaron experiencias en los laboratorios en las áreas de biología, geología, física y química, en un interesante equilibrio entre los aspectos formales del currículum docente y aspectos más divulgativos de las ciencias marinas.

Este año han pasado un total de 1085 estudiantes de 26 centros de educación secundaria de toda la isla de Gran Canaria. Es necesario comentar que con cada edición, este proyecto crece en interés y la demanda de nuevos centros por participar hace muy compleja la selección.

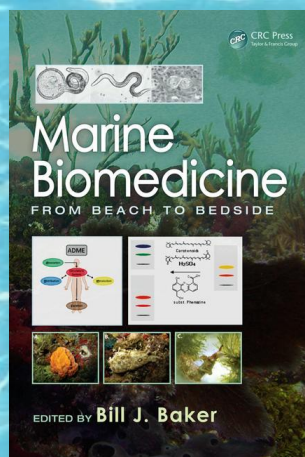


Los estudiantes que participaron en la primera edición de este Programa se enfrentaron este año a las pruebas de acceso a la universidad y estamos seguros que esta experiencia previa en los laboratorios de la ULPGC influirá de alguna manera a la hora de elegir sus futuras carreras. Desde la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos hemos constatado la trascendencia y alcance de esta actividad. La experiencia que estos chicos y chicas han disfrutado se traduce en elecciones a largo plazo, directamente relacionadas con la investigación, desarrollo e innovación en Canarias.

Reseñas bibliográficas



Marine ornamental species aquaculture
Ricardo Calado, Ike Olivotto,
Miquel Planas Oliver
Wiley-Blackwell, 2017
ISBN 978-0-470-67390-4



Marine Biomedicine: From Beach to Bedside
Bill J. Baker
CRC Press, Taylor and Francis Group., 2015
ISBN 978-1-466-58212-5

La acuicultura es una referencia clave para científicos y académicos en institutos de investigación y universidades, acuarios públicos y privados, así como para aficionados.

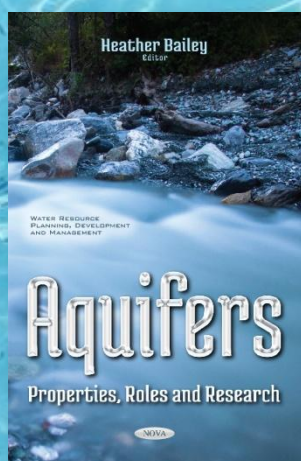
El comercio mundial de organismos acuáticos para acuarios domésticos y públicos, junto con equipos y accesorios asociados, se ha convertido en una industria multimillonaria. El cultivo de especies ornamentales marinas puede complementar o reemplazar el suministro de especies capturadas en la naturaleza y, potencialmente, ayudar a recuperar poblaciones naturales mediante la repoblación.

Este libro recoge información actualizada sobre la acuicultura de especies ornamentales marinas. Incluye las contribuciones de más de 50 destacados científicos y expertos en diferentes temas relevantes para la acuicultura de los grupos más emblemáticos de organismos comercializados para acuarios de arrecife, abordando todas las cuestiones relacionadas con la cría y el comercio.

Asimismo, el cultivo de estas especies ornamentales marinas se analiza desde una perspectiva orientada al negocio, destacando sus riesgos y oportunidades.

Este libro ofrece una visión general de lo que se está haciendo en la investigación de productos naturales marinos. Evalúa las implicaciones de los recientes avances en el futuro del campo de la biomedicina marina. Ilustrado a todo color para mejorar la comprensión del lector, el libro cubre cuatro secciones. La primera se refiere a la tecnología que ha sido recientemente llevada a cabo en el estudio de productos naturales marinos, incluyendo técnicas bioinformáticas. El segundo se centra en el descubrimiento de varios productos y su potencial biomédico.

En la tercera sección se presentan ejemplos de productos marinos probados clínicamente con éxito y discusiones sobre los enfoques de la clínica, mientras que en la última sección se analizan las perspectivas para el futuro de este campo, dentro de la biotecnología marina.

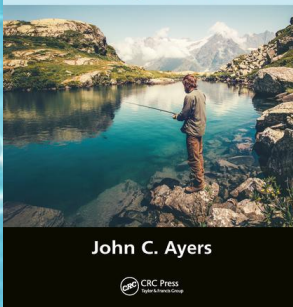


Aquifers. Properties, Roles and Research
Heather Bailey
Gazelle Book Serv. Ltd., 2017
ISBN 978-1-536-11069-2

Las aguas subterráneas son la fuente de suministro más importante de agua dulce en la tierra. Es un recurso natural renovable y finito, vital para la vida del hombre y un componente primordial del ecosistema. Sin embargo, son vulnerables a los impactos, tanto naturales como antropogénicos. Los acuíferos son formaciones geológicas que contienen agua en cantidad apreciable y permiten que circule a través de ella con facilidad. Este libro discute las propiedades de los mismos y da una nueva visión sobre la investigación de los acuíferos.

Sustainability

An Environmental Science Perspective



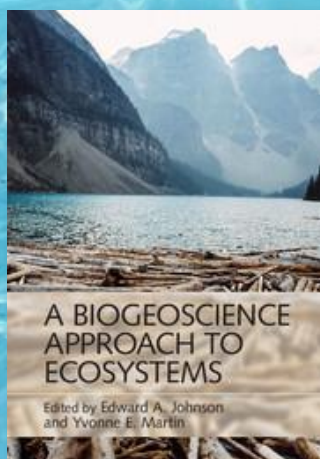
Sustainability: An Environmental Science Perspective
John C. Ayers
CRC Press, Taylor and Francis Group., 2017
ISBN 978-1-498-75265-7

Este libro presenta una visión general de la sostenibilidad del planeta, desde el punto de vista científico (cambio del clima, energía, alimento, contaminación de las aguas, etc.) y ofrece interesantes soluciones. Se muestra cómo estimar los impactos ambientales de las actividades humanas, lo que nos permite priorizar los problemas y aplicar soluciones. Se dan ejemplos sobre cómo utilizar de manera sostenible los recursos naturales, con una atención especial a la gestión sostenible de estos. También aborda la economía y la sociedad, ya que estos temas están completamente integrados en las prácticas de sostenibilidad, que se muestran a través de aplicaciones del mundo real.



Invasive Species: Risk Assessment and Management
 Andrew P. Robinson, Terry Walshe, Mark A. Burgman y Mike Nunn
 Cambridge University Press, 2017
 ISBN 978-0-521-14674-6

Con el cambio climático y la creciente globalización del comercio y los viajes, ha aumentado el riesgo de la presencia de plagas invasoras y patógenos en el medio natural. A este hecho, han respondido los gobiernos de todo el mundo mediante el fortalecimiento de la legislación relativa a la bioseguridad. Este libro presenta una revisión exhaustiva de las técnicas basadas en el riesgo que ayudan a los responsables de la formulación de políticas y a los reguladores a proteger los intereses nacionales de las plagas y patógenos. A partir de la información desarrollada por el Centro de Excelencia para el Análisis de Riesgo de Bioseguridad de la Universidad de Melbourne, este libro ofrece soluciones que reflejan el rigor científico junto con aplicaciones prácticas. Centrándose en la vigilancia, el modelado estocástico, la toma de decisiones y la comunicación de riesgos, los contenidos combinan las fortalezas de matemáticos, economistas, biólogos y estadísticos.



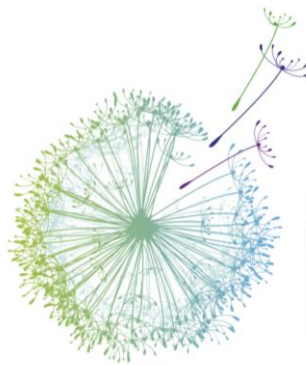
A Biogeoscience approach to ecosystems
 Edward A. Johnson e Ivonne E. Martin
 Cambridge University Press, 2016
 ISBN 978-1-107-04670-2

La biogeociencia es un campo interdisciplinario de rápido crecimiento que tiene como objetivo reunir procesos biológicos y geofísicos. Este libro plantea los ecosistemas centrándose en las conexiones integradoras entre los procesos ecológicos y la geosfera, la hidrosfera y la atmósfera. Cada capítulo ofrece estudios de investigadores que han contribuido a la creación de la biogeociencia, presentando las últimas investigaciones sobre las relaciones entre los procesos ecológicos, tales como las leyes de conservación y los procesos de calor y transporte, los procesos geofísicos, como geomorfología fluvial y eólica e hidrología. Este es un recurso ideal para investigadores y estudiantes en ecología y ciencias físicas, ya que plantea un nuevo enfoque para entender los ecosistemas.





A roadmap for
celebrating
together



2017
**AÑO INTERNACIONAL
DEL TURISMO SOSTENIBLE
PARA EL DESARROLLO**

