

OKEANOS

ISSN: 2444-4758



P.V.P. 4,95 €



S.O.S. marino

Los tiburones ángel, al borde del abismo

El Fenómeno de El Niño

Salmonella spp. en aguas de mar

La corriente de Canarias

Radiación Sincrotrón

El secuestro de carbono en el océano



Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

Nº 4 enero-junio 2017

Editorial

El estudio del mar sigue deparando sorpresas tanto en lo relativo a su funcionamiento como a las adaptaciones que muestran los organismos que en él habitan. Así, en la sección de noticias científicas recientes se describen algunos logros científicos que permiten conocer los mecanismos por los cuales los cefalópodos pueden ver en color a partir de un complejo ojo que no cuenta con las células sensoriales especializada en la detección del color, o como los peces espada pueden alcanzar velocidades superiores a los 100 Km/h en el agua, y como algunos peces se aproximan a la longevidad bíblica de Matusalén. Pero, desgraciadamente, también estos estudios científicos ponen en evidencia el impacto que algunas actividades humanas tienen sobre los océanos y las diversas especies que en ellos se desarrollan. Así, uno de los grandes inventos de la humanidad, comparable en su dimensión a la invención de la rueda, como son los plásticos, cuyo uso masivo apenas lleva 70 años, se está convirtiendo en un problema ecológico también comparable a las grandes plagas bíblicas. Los microplásticos, generados tras la rotura en muy pequeños trozos de objetos de plástico de uso cotidiano (e.g. bolsas, juguetes, nylon, recipientes de pvc, goma, etc.), se están convirtiendo en uno de esos grandes problemas ambientales cuya solución se antoja muy compleja y que se ha demostrado afecta a toda la cadena trófica de diversas formas, más allá de la simple ingestión. Estos microplásticos no sólo causan la muerte de aquellos animales que los ingieren y no pueden digerirlos, obstruyendo sus estómagos e intestinos, sino que además liberan sustancias tóxicas de diversa naturaleza que afectan al metabolismo basal, por ejemplo actuando como falsas hormonas, o simplemente bioacumulándose de forma exponencial a medida que pasan de un organismo a otro, a través de la predación, hasta que llegar a nuestras mesas. Ahora se ha visto que los microplásticos liberan sulfuro de dimetilo que actúa como un olor muy atractivo para los animales, lo que ayuda a que lo confundan con su alimento natural.

Otro gran reto que se abre ante nosotros es la solución de la contaminación del mar y la proliferación de determinadas bacterias y microorganismos que ponen en peligro nuestra salud y la calidad de las aguas que sirve de atractivo, o marca comercial, para la industria turística que moviliza a gran parte del País. El ocultarlo no es la solución y, por ello, en este número de *OKEANOS* se explican cuáles son esos riesgos para que sea la concienciación ciudadana el mecanismo que ponga en marcha la aplicación de las soluciones ya existentes (la depuración de las aguas antes de verterlas al mar). Otra forma de contaminación biológica es la introducción de especies foráneas, a veces de forma no intencionada, incluso bajo un principio de protección de la vida animal mal aplicado. El aumento de las tiendas de animales exóticos, donde se comercializan muchas especies de vivos colores y forma, particularmente peces, ha llevado a que muchas personas liberen en el medio natural estas especies una vez que ya no las pueden mantener en casa. Así, los alumnos del Instituto de Enseñanza Secundaria Prof. Antonio Cabrera Pérez, de Telde (Gran Canaria), han constatado como en las presas de la isla existe una ictiofauna exótica que está desplazando o eliminando a las especies autóctonas de algunos insectos y anfibios.

Algunos de los artículos que se encuentran también en este número 4 de *OKEANOS* nos permitirán entender la dinámica de determinadas partes del océano, como es el caso de la Corriente de Canarias, pero también el fenómeno climático del El Niño, cuyas consecuencias son de escala planetaria, y que afecta de forma importante a los ecosistemas marinos bajo el efecto de la Corriente de Humbolt. También se explica como existe un acople entre los mecanismos físicos de solubilidad y los diversos organismos que conforman la comunidad microbiana y el plancton, para retirar CO₂ del sistema y acumularlo en las capas profundas del océano, contribuyendo así a amortiguar el cambio climático asociado al incremento de este gas en la atmósfera.

Por otra parte, es el mismo hombre causante de múltiples desastres el que tiene la posibilidad de reducir el impacto de sus acciones con otras que se orientan a la protección de especies y a la recuperación de sus poblaciones. Así, aquí se presentan dos iniciativas muy interesantes, llevadas a cabo en las Islas Canarias o en su entorno geográfico, que se orientan a la protección y recuperación de especies emblemáticas como la foca monje y el tiburón ángel. Además, también la acuicultura puede ayudar a reducir la presión sobre determinadas especies, al tiempo que posibilita que se desarrolle una actividad económica y recreativa importante en su entorno, a través de los que se conoce como ecoturismo asociado a granjas marinas. No obstante, este sector ha de ser regulado de forma precisa para no sólo hacer que sea un sistema económico competitivo, sino que su actividad sea sostenible y respetuosa con el entorno marino en el que se desarrolla.

Sin más, bienvenidos a esta nueva singladura de *OKEANOS* con el deseo que esta nave del conocimiento nos permita, poco a poco, alcanzar otra realidad más respetuosa con el planeta y con nosotros mismos. Todos a bordo, ocupen sus puestos y suelte amarras.

Foto portada: Teodoro Lucas Corrales

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 (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 Makki (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

- 04** Los tiburones ángel, al borde del abismo.
David Jiménez Alvarado, Eva Meyers y Joanna Baker.
- 08** El fenómeno de El Niño.
Aridane G. González y David Jiménez Alvarado.
- 13** EFEMÉRIDES. El mundo sin luz.
Amir Cruz Makki y Airam Sarmiento Lezcano.
- 14** *Salmonella* spp. en aguas de mar. Relación con la contaminación marina.
Leopoldo O'Shanahan Roca.
- 17** AGENDA SAO
- 18** Reflexiones sobre un tema preocupante: el cambio climático.
Domingo Lloris.
- 22** La corriente de Canarias.
María Dolores Pérez Hernández.
- 27** UN MAR PARA COMERSELO. Ceviche de cherne.
Abraham Ortega García.
- 28** Especies acuáticas exóticas introducidas en Gran Canaria.
L. Molina, N. Benítez y A. Porta.
- 31** El Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología.
Juan Francisco Betancort Lozano.
- 32** Registro de focas en Canarias.
Nayra Hernández Acosta y Luis Felipe López Jurado.
- 36** ENTREVISTA. Josep Lluís Pelegrí Llopart.
- 42** Radiación Sincrotrón. ¿Qué es y qué aportar a la oceanografía?
Ávaro Muñoz Noval y Aridane G. González.
- 47** OKEANOS DE FOTOS.
Teodoro Lucas Corrales.
- 50** MONSTRUOS MARINOS (3). El rey de los arenques.
José J. Castro Hernández y Luis Felipe López Jurado.
- 52** La Carpa de Dispersión Profunda y la acústica pesquera.
Airam Sarmiento Lezcano.
- 56** El secuestro de carbono en el océano. Bomba física y bomba biológica.
Lala Armengol.
- 60** Ecoturismo asociado a granjas marinas en España.
J.M. Vergara, I. González, M.P. Rodríguez, A. Fernández, A. Jiménez, R. Bustillo, M.C. Mayorga y M.A. Pérez.
- 64** NOTICIAS DE AVANCES EN CIENCIAS MARINAS.
- 67** SAO. Reservas marinas, reserva de vida. Proyecto de ciencias para alumnos de 4º de Educación Secundaria Obligatoria.
Mercedes Rodríguez Pérez, Mª Montserrat Delgado Cabrera, Roberto Rodríguez Álvarez y Víctor Nebot Medina.
- 69** RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS.

Los tiburones ángel, al borde del abismo

David Jiménez Alvarado¹, Eva Meyers²,
Joanna Baker³

¹Instituto Universitario EcoAqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.

²Zoologisches Forschungsmuseum Alexander Koenig, Adenauerallee 160,

53113 Bonn, Alemania

³Zoological Society of London, Londres NW1 4RY, Reino Unido

El oscuro abismo de la extinción

Los tiburones ángel conforman la segunda familia de tiburones y rayas más amenazada del mundo¹. En el Atlántico oriental existen tres especies de estos tiburones bentónicos (*Squatina aculeata*, *S. oculata* y *S. squatina*), todas ellas en peligro crítico de extinción según la lista roja de especies amenazadas elaborada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). No obstante, en Canarias sólo está presente la especie *S. squatina*, popularmente conocida como angelote (Fig. 1), siendo este su último reducto.

Con el objetivo de conocer con mayor profundidad la biología de estos tiburones ángel y establecer estrategias efectivas de conservación, instituciones científicas de varios países están colaborando en el denominado "Angel Shark Project". Así, en el desarrollo del mismo participan además de La Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), La Zoological Society of London (ZSL) y el Zoological Research Museum Alexander Koenig en Bonn (ZFMK), Alemania (Fig. 2).

El objetivo principal de este proyecto es salvaguardar el futuro del angelote en las aguas Canarias, así como el de las tres especies a lo largo de las aguas de Europa y África, de donde prácticamente han desaparecido. Para cumplir con este objetivo se han desarrollado de forma simultánea, desde el año 2014, diferentes actividades y programas de ciencia ciudadana, que involucren a todos los sectores y administraciones públicas relacionadas con esta especie en nuestras aguas.

Entre las diferentes líneas de investigación y acción que se desarrollan en el marco del Angel Shark

Figura 2: Logotipo del Angel Shark Project, junto al de las tres instituciones que lo conforman, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (España), Sociedad Zoológica de Londres (Gran Bretaña) y el Museo Alexander Koenig de Bonn (Alemania).



Project, se lleva a cabo la recolección de datos para activar la conservación de esta especie, reducir la mortalidad y daños que puedan sufrir estos tiburones, a través de un aumento en la concienciación, cambios legislativos y desarrollar una red internacional de colaboradores orientada a la conservación de estos peces. En este marco, se ha desarrollado un taller



Figura 1: Hembra adulta de angelote fotografiado en aguas de Lanzarote (Foto: Carlos Suárez, Océanos de Fuego).

formativo orientado al marcaje de estos tiburones, el cual tuvo lugar en la Facultad de Ciencias del Mar de la ULPGC, con la colaboración de expertos del CE-FAS (Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science) con sede en el Reino Unido. Este taller permitió establecer la técnica de marcaje más eficaz y menos invasiva posible, que permitirá reconocer las áreas de distribución, agregación y comportamiento migratorio de las especies objeto de estudio. La me-

todología fue presentada y aprobada por el comité ético de la Sociedad Zoológica de Londres.

El marcaje se realiza sin capturar a los individuos para evitar producirles lesiones y niveles de estrés innecesarios. Para ello, aprovechando que estos tiburones tienden a posarse sobre el fondo y cubrirse con arena, para descansar y pasar desapercibidos ante sus presas, se preparó una especie de reja que los buceadores colocan sobre los angelotes en repo-



Figura 3. Sobre estas líneas, proceso de medición e inmovilización de un angelote adulto bajo el agua.
(Fotos: Michael Scholl, SaveOur Sea Foundation).

so de modo que los inmovilizan y así ponerles la marca. Todo el proceso de marcaje no dura más de 1 minuto, con un mínimo riesgo para los tiburones y los buceadores. Es la primera vez que se realiza el marcaje de estos tiburones directamente en el agua, en su medio, y sin capturar a los ejemplares, lo cual ha llamado la atención de científicos de otras partes del mundo y que tradicionalmente marcan a estos animales tras pescarlos, subirlos a bordo e inmovilizarlos.

La localización y marcaje

El equipo está formado por un mínimo de tres personas, las necesarias para realizar el marcaje bajo el agua. Estos animales son difíciles de ver para los buceadores que no estén acostumbrados, ya que pasan la mayor parte del tiempo enterrados bajo la arena. Por lo tanto, el localizarlos se presenta como una tarea complicada. De forma general se busca una silueta en el fondo marino, aunque en ciertas zonas del Archipiélago es necesario buscar partes emergidas del animal, como la cola, ya que ni con la silueta es posible verlos. Estas búsquedas se realizan en todo tipo de ambientes en aguas someras, con profundidades no superiores a los 30 metros, en inmersiones que generalmente duran una hora. El marcaje pueden realizarse en cualquier momento del día, pero durante la noche estos animales presentan una mayor actividad lo que dificulta la tarea.

Una vez avistado un angelote se procede a su marcaje, pero antes de inmovilizarlo, y procurando no

molestarlo, se mide la longitud total del individuo (Fig. 3) y se comprueba el sexo. Esto último es relativamente sencillo ya que los órganos sexuales de los machos o claspers sobresalen de su cuerpo, mientras que las hembras carecen de estos órganos. Seguidamente, el tiburón es inmovilizado con una estructura con red, a modo de jaula, para proceder a la colocación de las marcas de identificación. En esta especie se utilizan las marcas conocidas como T-bar Anchor Tag, que están numeradas y son fácilmente reconocibles por los buceadores a cierta distancia. En el Angel Shark Project se utilizan marcas de diferente color en cada una de las islas. Así, en Tenerife se usa el amarillo para tiburones adultos y marrón para las crías, en Gran Canaria utilizamos el rosado, en Fuerteventura el color naranja y en Lanzarote y la Graciosa el color verde. El último paso del proceso consiste en la toma de una muestra de tejido de la aleta que servirá para el estudio genético que dará más información sobre la ecología y biología, de estos individuos, así como el grado de conectividad entre poblaciones de las diferentes islas. Tras la toma de esta muestra, el tiburón es liberado.

El marcaje de los juveniles de angelote difiere un poco del marcaje de los adultos. El proceso es el mismo, buscarlos y marcarlos, pero esto se torna bastante más complicado ya que ver a las crías es mucho más difícil que encontrar a los adultos. Una vez localizados, se comienza con el mismo protocolo que en el caso anterior. Lo único que cambia es la forma de identificar



El marcaje de los juveniles de angelote difiere un poco del marcaje de los adultos. El proceso es el mismo, buscarlos y marcarlos, pero esto se torna bastante más complicado ya que ver a las crías es mucho más difícil que encontrar a los adultos.

Actualmente el Angel Shark Project está identificando cuales son las potenciales áreas de cría del angelote en todas las Islas Canarias.

Figura 4. Agelotes marcados: imagen superiorcentro- juvenil con marca en aleta pectoral (Foto: Michael J. Sealey); imagen superior derecha - detalle de marca en la primera aleta dorsal en un ejemplar adulto; imagen inferior derecha- ejemplar adulto con marca en la región posterior del cuerpo (Fotos: Michael Scholl, Save Our Seas Foundation).

el sexo del animal ya que en sus primeros estadios de vida es imposible saberlo sin voltearlos. La segunda diferencia es el lugar donde colocamos la marca visual, ya que en los adultos se coloca en la región caudal, entre las dos aletas dorsales, pero en los alevines la marca se coloca en la aleta pectoral izquierda (Fig. 4). La otra diferencia es el tamaño de la marca, ya que en los alevines el tamaño de esta es muy inferior a la que se pone a los adultos.

No obstante, la parte más importante del trabajo no radica en el marcaje de los ejemplares, sino en los re-avistamientos de los animales por parte de los buceadores o centros de buceo y su comunicación a través de la página web del proyecto (www.angelsharkproject.com). Esta parte de información por parte de los ciudadanos es fundamental para el éxito del proyecto, puesto que es lo que permitirá establecer patrones de distribución, áreas de cría, zonas reproductivas y patrones migratorios, datos fundamentales para poder establecer estrategias adecuadas de gestión y protección de la especie.

Actualmente el Angel Shark Project está identificando cuales son las potenciales áreas de cría del angelote en todas las Islas Canarias. En esta fase del proyecto ha sido trascendental la colaboración prestada por diferentes investigadores, lo que ha permitido establecer que la playa de Las Teresitas (Tenerife) es una de las áreas de cría más importantes del Archipiélago para el tiburón ángel. En esta playa, donde los pequeños tiburones conviven con miles de turistas, se

está obteniendo información muy valiosa sobre los periodos reproductivos y niveles de fecundidad de la especie, el comportamiento de los alevines, los procesos de reclutamiento y el crecimiento de los individuos.

En sólo dos años se han marcado 24 angelotes adultos y más de 200 juveniles en cuatro de las islas. Hemos obtenido varios re-avistamientos de crías a lo largo del año y re-avistamientos de dos adultos. Estos individuos fueron marcados durante la primera campaña y fueron vistos nuevamente exactamente en la misma zona un año después. Hemos constatado que nuestra metodología es muy efectiva y barata, además cumple todos los estándares éticos establecidos por el comité ético de la Sociedad Zoológica de Londres (ZSL).

Todo este trabajo, realizado dentro del marco del Angel Shark Project, se ha podido llevar a cabo gracias a la colaboración desinteresada de muchas personas y entidades, así como al apoyo económico de instituciones como la Save Our Seas Foundation, Disney Foundation, Deutsche Elasmobranchier Gesellschaft, y el soporte administrativo proporcionado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de España y el Gobierno de Canarias.

Bibliografía

- (1) Dulvy, Nicholas K., Sarah L. Fowler, John A. Musick, Rachel D. Cavanagh, Peter M. Kyne, Lucy R. Harrison, John K. Carlson *et al.* "Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays." *Elife* 3 (2014): e00590.



El Fenómeno de El Niño

Inundaciones en la baja California (México).
Foto: La Vanguardia.

Aridane G. González¹ y David Jiménez Alvarado²

¹ Universidad de Bretaña Occidental, IUEM, LEMAR. Francia

² Inst. Univ. Ecoaqua, Universidad de Las Palmas de GC. España

Recientemente se han vivido situaciones extremas en diversas zonas del planeta. La formación del huracán Patricia (2015), el más fuerte e intenso jamás registrado, el huracán Mathew (2016), con más de 800 muertos en Haití, han hecho que los científicos relacionen todos estos eventos con el fenómeno de El Niño, también conocido como Oscilación del Sur (ENSO). Las sociedades humanas no pueden vivir de espaldas a todos los cambios que el planeta está sufriendo. Nuestro modo de vida, la utilización desmesurada de los recursos naturales y la quema de combustibles fósiles, están provocando que la Tierra sufra cambios bruscos, con eventos naturales extremos cada vez más frecuentes, y un deterioro ambiental a una escala temporal a la que gran parte de los organismos vivos son incapaces de adaptarse.

El Niño

El nombre de El Niño fue adoptado por los pescadores de Ecuador y Perú para hacer referencia a los años en los que se producía un aumento de la temperatura oceánica en épocas cercanas a La Navidad, y que solía durar unos 7 meses. En general, se puede definir El Niño como un fenómeno donde se produce una anomalía térmica en el Océano Pacífico tropical-oriental (Fig. 1). La temperatura sube más de 0,5 °C respecto a la temperatura media de la misma región, con una duración promedio superior a 6 meses. Han existido diversos eventos históricos de El Niño y fueron especialmente intensos los ocurridos en 1982-83 y 1997-98. La realidad, es que este fenómeno no es sólo un efecto que ocurre sólo en la superficie del océano, sino que es un fenómeno natural a gran escala que resulta de la interacción océano-atmósfera y que siempre ocurre en la zona tropical-subtropical de los océanos Pacífico e Índico. Durante su desarrollo, disminuye la intensidad de los vientos y aumenta la temperatura superficial del mar en la zona este y central del Océano Pacífico Ecuatorial (Fig. 2).

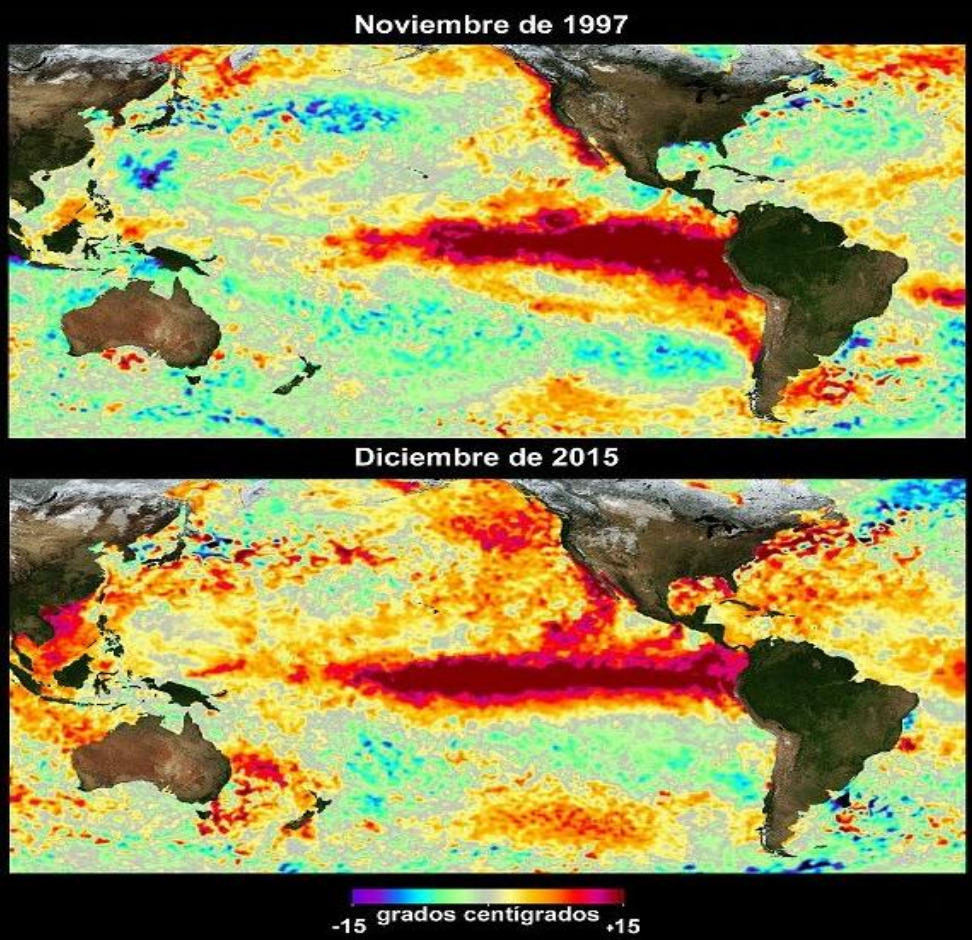


Figura 2. Anomalías en la temperatura de la superficie del océano entre los años 1997 y 2015 (Extraído de La NASA).

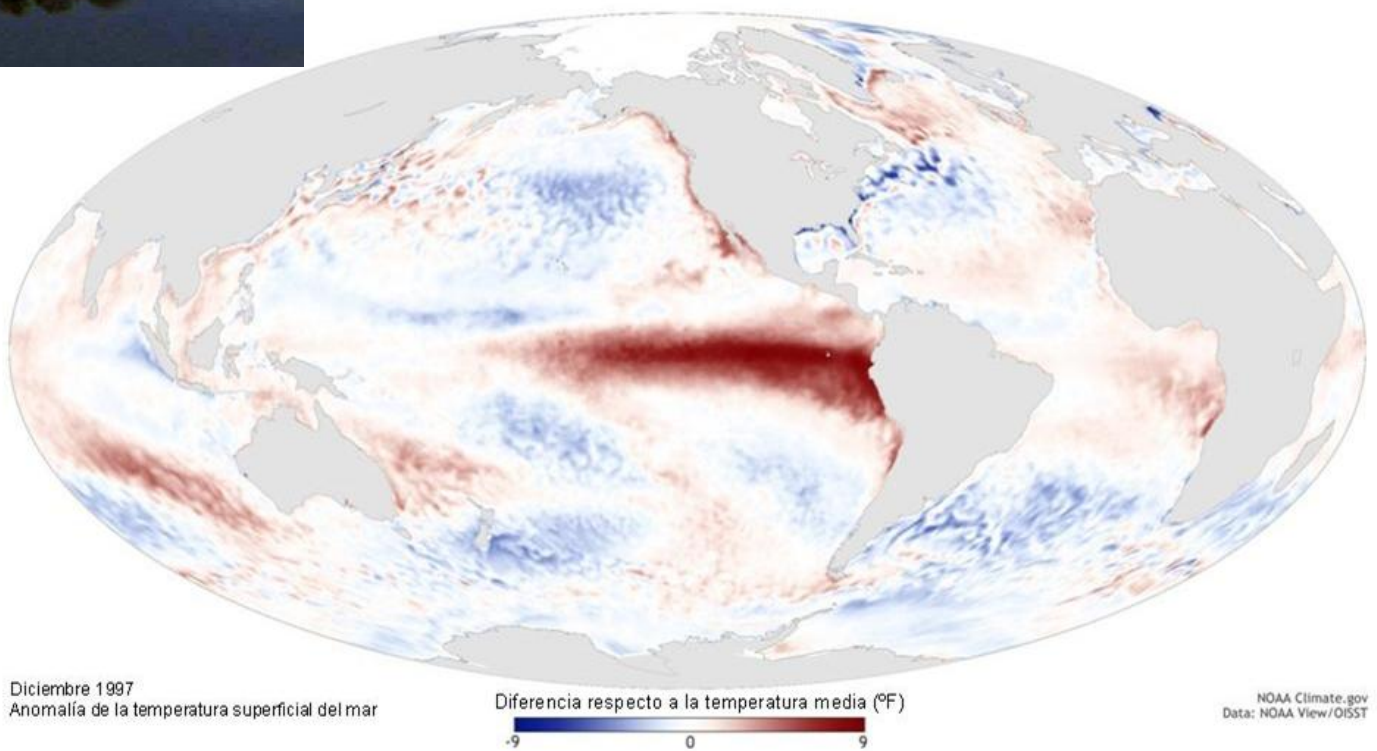


Figura 1. Diferencia de temperatura superficial del mar durante Diciembre de 1997 (extraído de NOAA Climate.gov).

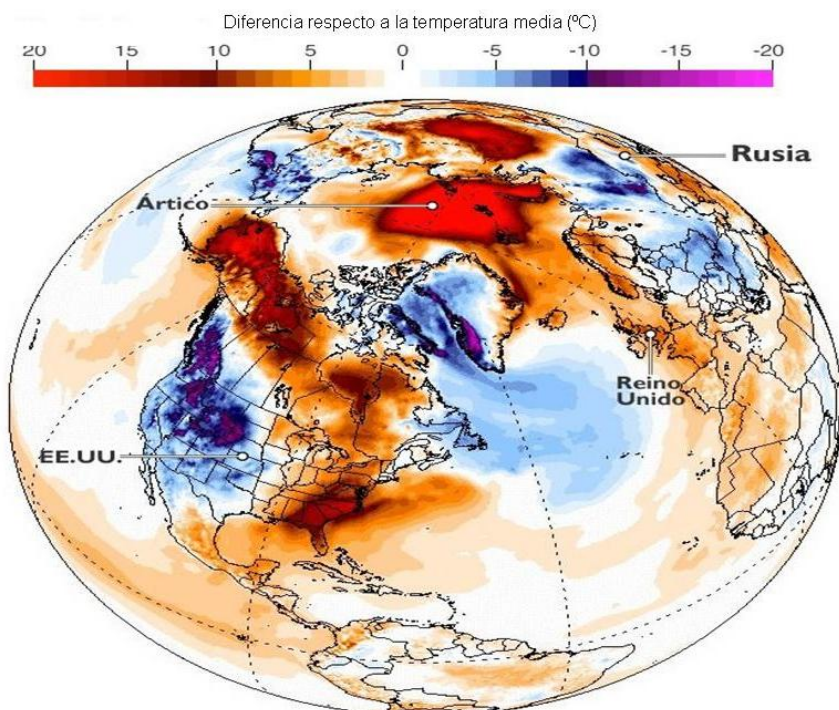


Figura 3. Diferencia en la temperatura prevista para diciembre de 2015 obtenida a partir de la media de 1979 a 2000 (Extraído de BBC.org).

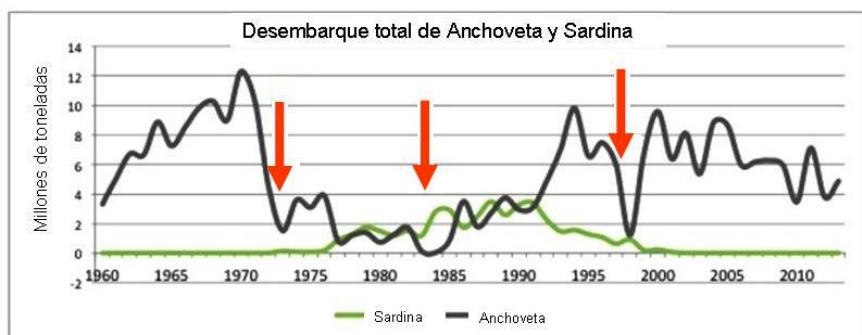


Figura 4. Variación de captura de Anchoveta (*Engraulis ringens*) y Sardina (*Strangomera bentincki*) en aguas de Perú entre 1960 y 2010. Las flechas indican los episodios de El Niño (Extraído de MGAP, 2011).



Los países que más sufren los efectos más directos de El Niño suelen estar en vías de desarrollo y tienen su economía ligada a la agricultura y la pesca.

Este es un evento temporalmente irregular, pero aparece siempre cada 2 a 7 años y su duración se ha extendido hasta los 18 meses. Generalmente, durante El Niño, se producen zonas de alta presión en la zona oeste-tropical del Pacífico y el Océano Índico, junto a una zona de baja presión en el Pacífico sureste tropical. Esto es algo inusual, ya que los regímenes barométricos tradicionales son totalmente opuestos, con un centro de baja presión en el oeste y un anticiclón en el Pacífico Oriental.

En cuanto a la repercusión de El Niño sobre la meteorología, el fenómeno se asocia a veranos húmedos y cálidos en Sudamérica, causando grandes inundaciones debido a los desbordamientos y riadas que ocasiona. En cambio, provoca que el clima sea más cálido y seco en la cuenca amazónica y América central, Sudeste Asiático y Australia, donde se producen grandes sequías. De hecho, en Norte América y Canadá, se registran inviernos más cálidos en épocas de El Niño (Fig. 3).



Efectos de la sequía en la zona caribeña de Colombia. Foto: Región Caribe.

Los efectos de El Niño

Desgraciadamente, los países que más sufren los efectos más directos de El Niño suelen ser países en vías de desarrollo, que tienen su economía ligada a la agricultura y la pesca. Pero, sus efectos se trasladan al resto del mundo debido a la interconexión de los mercados. En este sentido, de acuerdo a los estudios realizados por la FAO, la producción de alimentos retrocedió hasta un 4% tras el evento de 1997-98, pero aún fue mayor en 1998 donde se revelaron los efectos en términos de mortalidad de especies, reclutamiento en los stocks de pesca y el crecimiento de las especies potencialmente explotables. En el Pacífico, estas cifras son aún más extremas debido a que es una zona que sufre directamente su impacto. Por ejemplo, en Perú las pesquerías disminuyeron hasta un 60% tras el evento de 1997-98¹. En

dicho país el sobrecalentamiento de las aguas altera el ciclo biológico de especies como la anchoveta (*Engraulis ringens*) (Fig. 4), que representa el 90% de las ventas de la industria pesquera de diferentes países sudamericanos. Al ser una especie de aguas frías, la anchoveta puede desplazarse hacia el sur y no concentrarse en sus zonas naturales de desove o, simplemente, se desplaza a aguas más profundas, con lo cual la industria padece grandes dificultades para capturarla. Sin embargo, el abandonar la zona habitual de desove y reproducción trae como consecuencia una reducción importante en la capacidad reproductiva de la especie.

Los efectos de El Niño sobre la pesca pueden llegar a ser bastante diversos, ya que de forma general afecta a la pesca artesanal al imposibilitar la práctica de la misma por las condiciones de olea-

je y el clima. Sin embargo, favorece la pesca industrial de otras especies comerciales como el bonito (*Sarda chiliensis*), que en Perú en 2015 alcanzó una captura histórica con casi 90.000 toneladas, una cifra que cuadruplica las 19.330 que se registraron en el 2014, todo ello asociado a este fenómeno atmosférico.

Pero El Niño no es sólo un fenómeno que únicamente se deja sentir en la atmosfera o en el océano. El Niño de 1997-98 se cobró miles de vidas a lo largo y ancho del planeta, debido a todos los desastres naturales que tuvo asociados. Se produjeron inundaciones en al menos 41 países, grandes sequías en 22 países, incendios a macroescala en Indonesia, Brasil o Australia, y se destruyeron grandes zonas de agricultura, pesca o ganadería. En Sudamérica, cerca de 10 millones de personas estaban en situación de hambruna. En Perú desaparecieron más de 4.000 personas bajo uno de los mayores aludes de lodo y piedras jamás recordados².

Reto Científico

La NOAA (Administración Nacional para el Océano y la Atmósfera de EE.UU.) tiene operativas una red de boyas para medir las condiciones hidrográficas a lo largo del Pacífico Ecuatorial, registrando principalmente la temperatura, vientos y corrientes. Estas boyas transmiten dichos datos con una frecuencia diaria, por lo que los científicos pueden realizar modelos predictivos que ayuden a minimizar sus consecuencias. Desgraciadamente, hasta ahora, lo máximo que se puede hacer es transmitir los registros de datos, puesto que los modelos predictivos no son del todo precisos. Por lo tanto, buscar algoritmos basados en las observaciones es un reto científico para los investigadores, con lo que sin lugar a duda, se podría anticipar la llegada de un evento drástico de estas características y amortiguar sus efectos sobre la población.

Bibliografía

- (1) Duffy, D. y P.J. Bryant. 1998.
<http://darwin.bio.uci.edu/sustain/ENSO.html>
- (2) Meerhoff, M. 2008.
<http://www.unesco.org/uy/phi/biblioteca/files/original/6241aad45d374db993bbce7cd1a13dd0.pdf>.



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



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

El mundo sin luz

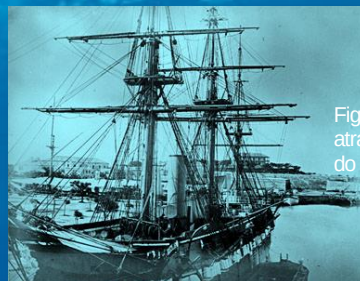


Figura 1. El HSM Challenger atracado en las Bermudas (extraído de: Enciclopedia Británica).



Figura 2. Trieste, el primer equipo en descender a las fosas de las Marianas (extraído de: National Geographic).



Figura 4. Primera misión transoceánica llevada a cabo por un vehículo submarino, Glider (modificado de: RU COOL)

descendió en 2012 convirtiéndose en la primera persona en llegar sola a la Fosa Challenger en el sumergible "Deepsea Challenger" (Fig. 3).

En la actualidad, 135 años más tarde, vehículos submarinos vuelven a surcar los océanos en la misión Challenger One buscando nueva información, una iniciativa internacional donde participan la Universidad de Rutgers (EEUU), la Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN), la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) y la empresa Teledyne Webb Research (TWR), dando inicio a los primeros "vuelos submarinos" transoceánicos (Fig. 4).

Figura 3. Cápsula sumergible "Deepsea Challenger" (extraído de: National Geographic).

Amir Cruz Makki y Airam Sarmiento Lezcano
Sociedad Atlántica de Oceanógrafos, España

En marzo de 2017 se cumplen 142 años del descubrimiento de la Fosa Challenger, cuyo nombre hace referencia a la corbeta inglesa *HMS Challenger* (Fig. 1) que partió desde Reino Unido, pasando por Canarias, en un viaje alrededor de los océanos.

Dicha expedición, promovida por Sir Charles Wyville Thomson y capitaneada por Sir George Strong Nares, parte de Reino Unido en diciembre de 1872 con el objetivo de encontrar fósiles de invertebrados extintos en las profundidades del océano y, a la vez, cartografiar el fondo submarino. En marzo de 1875 llegan al sur de Japón, en lo que se conocería más tarde como Fosa de las Marianas y, en ella, descubrieron el punto más profundo del océano: la Fosa Challenger, con una profundidad de 8.184 metros (posteriormente medida en 10.900 metros). Volvieron a Reino Unido en 1876 con más de 4.500 nuevas especies sin catalogar y sentando las bases de las expediciones en zonas profundas.

Gracias a este viaje, se siguen encontrando numerosas especies desconocidas en estas zonas y sirve de inspiración para los nuevos exploradores como Jacques Piccard y Don Walsh que, en 1960, se convirtieron en el primer equipo en descender en el batiscafo "Trieste" (Fig. 2) y, el más conocido, James Cameron (director de la película Titanic), que



La presencia de numerosas variedades (serovariedades o serotipos) de salmonelas en aguas marinas de baño, especialmente aquellas de relevancia clínica, constituye un riesgo potencial para la salud pública.

Figura 1. Imagen de *Salmonella* spp. obtenida al microscopio electrónico. (Getty Images -Science Photo Library- STEVE GSCHMEISSNER).

Salmonella spp.

en aguas de mar

Relación con la contaminación marina

Leopoldo O' Shanahan Roca

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos. España

Las salmonelas son un gran grupo de bacterias entéricas ubicuas capaces de infectar a una gama extensa de animales de sangre caliente y de sangre fría (Fig. 1). Dado que en el litoral se produce la influencia de numerosos factores ajenos al medio marino procedentes del entorno terrestre, desde muy antiguo numerosos investigadores estudian la presencia de patógenos humanos en el agua de mar. En 1976 la Unión Europea promulgó la Directiva 76/160/CEE sobre calidad de aguas de baño, en la que se establece como uno de los parámetros de calidad la detección de la presencia o ausencia de *Salmonella* en 1 litro de agua, si en un área de baño se sospecha que este microorganismo puede estar presente. A partir de la promulgación de la citada Directiva se intensifican los estudios sobre la presencia de salmonela en el agua de mar litoral. Uno de los indicios más relevantes son las concentraciones muy altas de Coliformes Fecales, que son casi siempre indicativos de la presencia de *Salmonella*.

Las salmonelas están continuamente entrando al entorno costero a través de las descargas de aguas fecales (Fig. 2), lo cual es de enorme importancia dado que las personas de cualquier población liberan del orden de $6,4 \cdot 10^{10}$ coliformes fecales y entre 10^5 - 10^8 salmonelas por individuo al día. Desde hace décadas, numerosos autores han puesto en evidencia el papel jugado por las descargas al mar de aguas fecales como una de las causas más importantes de la presencia de salmonelas en el medio marino. Diversos autores han estudiado desde hace años la presencia de *Salmonella*, y sus numerosas serovariedades (serotipos), en zonas marinas contaminadas por aguas residuales urbanas^{1,2}. Las escorrentías de aguas pluviales (Fig. 3) también aportan microorganismos al mar, sobre todo cuando desbordan los sistemas de evacuación sanitaria, se mezclan con las aguas fecales y las arrastran consigo hacia el mar.

Las salmonelas sobreviven en el ambiente marino y pueden ser aisladas de las aguas costeras contaminadas. La presencia de numerosas variedades (serovariedades o serotipos) de salmonelas en aguas

Figura 2. Vertido fecal causado por la rotura del emisario submarino de Las Palmas. (Foto de Sergio Ramos Álvarez, desde un helicóptero del SAR).



Las plantas de tratamiento de aguas residuales disminuyen la entrada de patógenos a las aguas naturales, pero aunque consiguen una reducción del 90 % de la concentración microbiana, ese 10% restante supone una importante contribución de salmonelas al medio marino.

marinas de baño, especialmente aquellas de relevancia clínica, constituye un riesgo potencial para la salud pública. Así, algunos investigadores demuestran que estas son acumuladas durante muchos días por moluscos filtradores, como los mejillones y las ostras.

Los microbiólogos también han hecho mucho énfasis en conocer el comportamiento frente a los antibióticos de las salmonelas aisladas de aguas de baño contaminadas por aguas urbanas³. La presencia de salmonelas resistentes a los antibióticos en dichas aguas constituye también importante riesgo para la salud humana. Muchos investigadores han encontrado salmonelas resistentes a los antibióticos en las aguas costeras contaminadas

Las plantas de tratamiento de aguas residuales disminuyen la entrada de patógenos a las aguas naturales, pero aunque consiguen una reducción del 90% de la concentración microbiana, ese 10% restante supone una importante contribución de salmonelas al medio marino.

Otros conceptos sobre *Salmonella*

Salmonella enterica subespecie I son bacterias Gram negativas, patógenas humanas, presentes siempre en aguas residuales urbanas y en aguas marinas costeras contaminadas. Son las causantes más frecuente de enfermedad gastrointestinal bacteriana a nivel mundial. Por lo general, se adquiere por contacto directo o indirecto con heces de un animal infectado, a través de alimentos o agua contaminadas, en el procesado de alimentos o en el hogar.

La *Salmonella* puede sobrevivir durante largos periodos en aguas naturales y la persistencia de cepas específicas y epidémicas produce gran preocupación en la salud pública. El hábitat natural de

las salmonelas normalmente son los intestinos de cualquier tipo de animal de sangre caliente (incluidos seres humanos) y son de distribución universal.

Las salmonelas se comportan como muchas otras especies bacterianas, por lo que se pueden identificar mediante pruebas bioquímicas y enzimáticas hasta el nivel de especie. Además se caracterizan por las serovariedades o serotipos a los que pertenecen, conociéndose actualmente cerca de 2600 serotipos, que se diferencian entre sí por la fórmula antigénica que posee cada serovariedad.

La diversidad de salmonelas en aguas de mar

En lo que concierne a la diversidad de serotipos de salmonela, numerosos autores aíslan cepas en series de muestras de aguas naturales y obtienen, en general, que el número de serovariedades diferentes suele oscilar alrededor del 10% del total de cepas aisladas y serotipadas.

Las bacterias pueden presentar patrones de biodiversidad cualitativamente similares a los observados en animales y plantas de cualquier ecosistema, de modo que la diversidad microbiana se define como la "heterogeneidad de un sistema en relación con la variedad de diferentes tipos de microorganismos que existen y viven, juntos, en una comunidad biológica." Si se utiliza un índice para evaluar la biodiversidad relativa de estos microorganismos, de forma similar a como se evalúa la macro-biodiversidad presente en un ecosistema, se observa que los valores normales del Índice de Shannon (utilizado en ecología para medir la biodiversidad) varían entre 2 y 3, representativos de las comunidades más diversas. Así, las zonas desérticas presentan los índices más bajos (inferiores a 2) mientras que los bosques tropicales y arrecifes de coral muestran los valores más altos (próximos a 5).



Figura 3. Desembocadura del barranco de Fataga (Sur de Gran Canaria) en días de fuertes lluvias (Foto: www.canaire.net).

El género *Salmonella* se estructura en dos especies: *Salmonella enterica* (con seis subespecies) y *Salmonella bongori*

La técnica más utilizada históricamente para el estudio de la diversidad de salmonelas es la del “serotipado”, que se basa en la investigación y detección inmunológica de determinadas sustancias antigénicas: los llamados antígenos somáticos y antígenos flagelares que se sitúan en la membrana exterior celular (O-polisacárido o antígeno O79) o antígenos H en los flagelos celulares, respectivamente.

Según esto, el género *Salmonella* se estructura en dos especies: *Salmonella enterica* (con seis subespecies) y *Salmonella bongori*. De *S. enterica* se han determinado unas 2500 serovariedades o serotipos, cada una con un perfil antigénico exclusivo. Por esta razón, en una gran cantidad de trabajos publicados en las últimas décadas, realizados sobre alimentos, aguas naturales y contaminadas, bebidas, infecciones humanas y veterinarias, en contaminación, etc., se utilizan los serotipos como unidades taxonómicas diferenciadoras entre las distintas cepas. En este sentido, los serotipos tienen un papel equivalente a las especies cuando se investiga la diversidad de *Salmonella* en los entornos naturales.

Aislamiento de salmonela en zonas de dilución de vertidos de emisarios submarinos

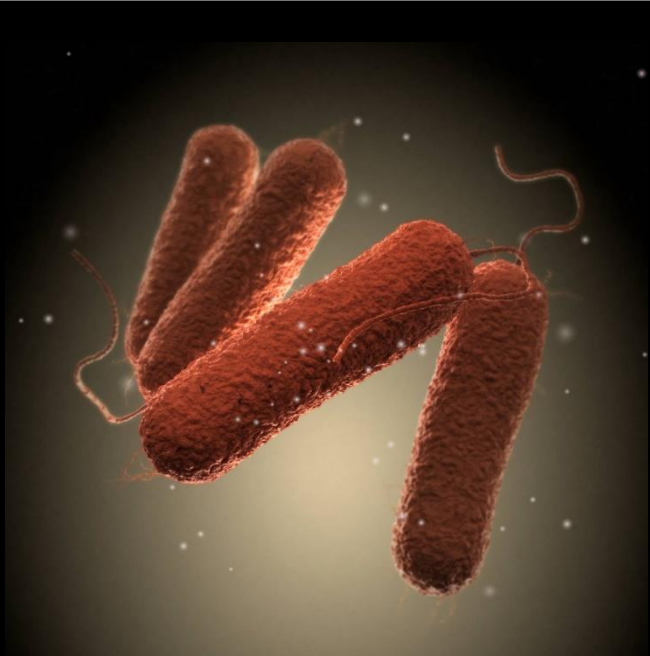
En las zonas de influencia de emisarios submarinos presentes en Canarias, se tomaron muestras de agua de mar con objeto de investigar la presencia y serotipos de *Salmonella enterica* subespecie I presentes, así como las concentraciones de los parámetros indicadores de contaminación fecal. A partir de 35 muestras, se aislaron 197 cepas de *Salmonella* distribuidas en 29 serovariedades, con un predominio de *S. infantis* (26 cepas) y *S. enteritidis* (26), y se constata que la aparición de las serova-

riedades no sigue un patrón fijo de presencia en las aguas marinas contaminadas por aguas residuales. Los serotipos *S. enteritidis* e *S. infantis*, son los mismos que se aíslan mayoritariamente a partir de casos clínicos y de las aguas residuales domésticas a nivel mundial. Esto indica que existe una notable endemia de *Salmonella* en la colectividad humana.

La abundancia específica de las 29 serovariedades de *Salmonella* obtenidas en la zona de muestreo de los emisarios submarinos dan un índice de Shannon que osciló entre 2,3 y 2,8, lo que pone en evidencia la rica biodiversidad de estos microorganismo en aguas de mar contaminadas por aguas urbanas. Además, se observó la existencia de una relación directa entre la concentración de bacterias fecales y la presencia de salmonela. De aquí la utilidad de los coliformes fecales en aguas de mar para predecir la presencia de *Salmonella*. No obstante, a medida que aumenta la distancia al punto de vertido la concentración de las bacterias fecales disminuye muy rápidamente, de forma que a 300 metros del origen las concentraciones se han reducido en torno a un 99% de la concentración inicial⁴.

El Centro Nacional de Referencia

El Centro Nacional de Microbiología, Virología e Inmunología Sanitarias (CNMVIS) del Instituto de Salud Carlos III en Majadahonda, Madrid, alberga el Centro Nacional de Referencia de *Salmonella* spp. para España. Este Centro es el lugar al que se envían y donde se serotipan las cepas de *Salmonella* que se aíslan en el país, procedentes de pacientes, alimentos, aguas, animales, veterinaria y, cada año, emite un informe detallado de los serotipos hallados.



Bibliografía

- (1) O' Shanahan L., Monzón-Moreno C. 1991. Revue Internationale D' Oceanographie Médicale ó R.I.O.M. Tomes 101-104: 83-89.
- (2) O' Shanahan L., Monzón-Moreno C. 1990. Actes du Neuvième Colloque International D'ocenographie Medicales. Editeurs M. Aubert et J. Aubert. Nice, France, 22-24 Octobre 1990.
- (3) O' Shanahan, L., Ojeda-Vargas, M. M., Monzón-Moreno, C. 1996. I Reunión Científica de Microbiología del Medio Acuático. Grupo Especializado de Microbiología del Medio Acuático. Sociedad Española de Microbiología (SEM). Málaga, 12-14 abril, 1996).
- (4) O' Shanahan, L., Ojeda-Vargas, M. M., Monzón-Moreno, C. 2002. Soc. Esp. Microbiol. Sevilla, 3-6 Octubre 2002.)

Los laboratorios de bacteriología de diferentes zonas del país envían las cepas aisladas al CNMVIS para su identificación. No obstante, muchas de las cepas son además serotipadas en el Centro Mundial de Referencia de *Salmonella* en el Instituto Pasteur de París.

Cuando los serotipos de salmonela obtenido en aguas del litoral del Archipiélago Canario son comparados con los listados proporcionados por el CNMVIS, para otras partes de España, se confirman la ubicuidad de *Salmonella enterica*. En este sentido, es destacable el hecho de que, a pesar de la lejanía del archipiélago, la gran mayoría de los serotipos aislados en Canarias (92%) coinciden con los que se aíslan en el resto de país.

Según nuestros resultados, las salmonelas aisladas del litoral proceden en su gran mayoría de las aguas residuales urbanas vertidas al mar, las cuales contienen salmonelas en una altísima proporción de origen humano y además de otro orígenes (ambientales, alimentario y animal). Es decir, existe una alta proporción de los serotipos aislados de muestras de agua de mar costera, influida por vertidos de aguas residuales terrígenas coinciden con serotipos que se encuentran habitualmente en ámbitos no marinos.

Agenda

Enero-Junio
2017

ENERO		
Fecha	Congreso	Lugar
9-11	Third Xiamen Symposium on Marine Environmental Sciences	Xiamen, China
24-26	POGO-18 Annual Meeting	Plymouth, RU
25-26	ECsafeSEAFOOD conference 'Seafood safety: new findings & innovation challenges'	Bruselas, Bélgica
FEBRERO		
Fecha	Congreso	Lugar
20-24	Marine Imaging Workshop 2017	Keil, Alemania
21-23	Options for future European satellite OCR vicarious adjustment infrastructure for the Sentinel-3 OLCI and Sentinel-2 MSI series	Frascati, Italia
22-24	World Ocean Summit	Bali, Indonesia
26-3	ASLO 2017: Mountains to the Sea	Honolulu, Hawaii
MARZO		
Fecha	Congreso	Lugar
6-11	2017 Small Pelagic Fish Symposium	Victoria, BC, Canada
7-9	Save the Plante: South-East European Exhibition and Conference on Waste Management and Recycling	Sofia, Bulgaria
13-17	Green Globe 2k17: International Conference on Emerging Trends in Environmental Engineering and Pollution Control 2017	Beijing, China
ABRIL		
Fecha	Congreso	Lugar
17-20	10th WESTPAC International Scientific Conference Advancing Ocean Knowledge, Fostering Sustainable Development From the Indo-Pacific to the Globe	Qingdao, China
23-28	European Geosciences Union General Assembly 2017	Vienna, Austria
24-27	International Conference on Arctic Science: Bringing Knowledge to Action	Virginia, EEUU
24-28	Maritime Spatial Planning, Ecosystem Approach & Supporting Information Systems	Las Palmas de Gran Canaria, España
MAYO		
Fecha	Congreso	Lugar
9-13	PAGES' 5th Open Science Meeting (OSM)	Zaragoza, España
14-18	International Conference on Molluscan Shellfish Safety	Galway, Irlanda
15-19	Third International Ocean Colour Science (IOCS) meeting	Lisbon, Portugal
21-26	GEOTRACES - Sediments & Water	Taormina, Italia
30-2	PICES 3rd Early Career Scientist Conference: Climate, Oceans and Society: Challenges and Opportunities	Busan, Corea
JUNIO		
Fecha	Congreso	Lugar
5-9	European Climate Change 2017	Glasgow, RU
6-8	3rd Blue Planet Symposium	Maryland, EEUU
11-15	ESSAS Open Science Meeting	Tromsø, Noruega
19-22	Oceans'17 MTS/IEEE conference	Aberdeen, RU
26-29	OCB Workshop	WHOI, MA, EEUU

Reflexiones sobre un tema preocupante

El cambio climático



Domingo Lloris

Íctiólogo. Barcelona, España

Matemáticas para pronosticar el Cambio Climático

En principio, disertar sobre un tema que no forma parte de mi especialidad y experiencia, resulta cuanto menos presuntuoso. No obstante, en la literatura relativa a la biodiversidad, que entra en mi ámbito profesional, es una temática recurrente, en particular, si se aborda desde la perspectiva conservacionista.

Estas dos palabras las oímos y seguiremos oyendo con frecuencia, siempre ligadas a cualquier evento catastrófico de entre todo con los que suele obsequiarnos la naturaleza. Sin embargo, su mención también es el refugio para explicar cualquier disfunción detectada tras una investigación. Es la excusa y la explicación para fenómenos meteorológicos de ámbito global, aunque también se recurre a él para insinuar algunos de ámbito local, cuya causalidad (todo suma), puede que nada tenga que ver.

Los colectivos científicos estrechamente relacionados con esta temática, se afanan en la elaboración de programas informáticos que, mediante la introducción de una serie de variables, nos auguran, como nuevos profetas, lo que nos va a suceder en un próximo futuro. Anuncios que, cuando aparecen publicados en revistas consideradas de prestigio, vienen avalados con la aureola de la verosimilitud.

En todas estas manifestaciones llama la atención que invariablemente, sitúan al ser humano como causante confeso de todos los males con los que seremos obsequiados. Es como retrotraernos en el tiempo y volver a las creencias antropocéntricas, cuando se creía que el hombre era el centro del universo y todos los astros, incluido nuestro Sol, giraban en torno a la Tierra que, por supuesto, era plana. Aún hoy, a pesar de los conocimientos adquiridos, acostumbramos a decir que el Sol sale por el este y se pone por el oeste, cuando en realidad es el globo terráqueo el que gira sobre sí mismo y alrededor del Sol. Inercias que, según nos cuentan los expertos en comportamiento humano, son debidas a que nuestra mente es de carácter desconfiado y mantiene los conceptos durante muchas generaciones, en previsión de que algún cambio nos coja a contrapié y no podamos volver atrás ante un posible castigo procedente de algo o alguien que hayamos repudiado con anterioridad.

Ironías y sarcasmos aparte, este es un conocimiento del que me he preocupado desde tiempo atrás, con la finalidad de no utilizarlo como una justificación más de mis carencias, ante cualquier incógnita surgida tras una investigación. Conocimiento que ahora quiero compartir, en forma de breves pinceladas, con el deseo de contribuir a que



Foto: Shutterstock.

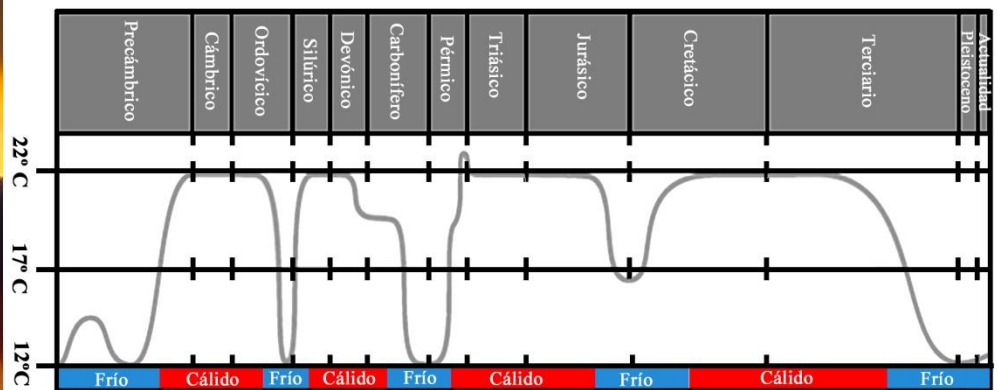


Figura 1. Registro de cambios climáticos ocurridos a lo largo de la historia de nuestro planeta. Obsérvese con atención las curvas donde se indica que la temperatura alcanzó, a nivel global, una media de 22° C y cómo, en la fracción, correspondiente a la presencia humana (Actualidad), se inicia una suave y ascendente curva saliendo de otro período de carácter glacial [Fuente.: *Gridded; hemispheric and Global Averages*. de P. Jones].

En todas estas manifestaciones, llama la atención, que invariablemente, sitúan al ser humano como causante confeso de todos los males con los que seremos obsequiados.

los más jóvenes no caigan en soluciones que giren en torno a la suposición y la conjetura fácil.

Malas noticias, buenas noticias

Sobre acontecimientos asociados al cambio climático se han publicado gran cantidad de artículos, relacionando causa y efecto con dicho fenómeno. Otros, que resultaban habituales o no para la climatología de un determinado lugar, se magnifican con las imágenes que hoy en día acompañan a toda catástrofe, consiguiendo impactarnos emocionalmente. Recordemos: "*Bad news, good news*".

No es hasta el 24 de mayo de 2006 que, en el Festival de Cine de Sundance, en Park City, cerca de Salt Lake City (Utah, EE.UU.), en Nueva York y en Los Angeles, se estrenó simultáneamente el documental *An Inconvenient Truth* (*Una verdad incómoda*), del director Davis Guggenheim, con el vicepresidente de Estados Unidos Al Gore como comentarista, que sensibilizó a los ciudadanos del mundo sobre el calentamiento global y sus consecuencias. Documental al que se le ha atribuido el despertar de la conciencia del público internacional sobre el cambio climático, así como el incremento y combatividad de los movimientos ecologistas.

Desde entonces, parece que los medios de comunicación, tanto audiovisuales como escritos, bombardean, con más asiduidad, a los ciudadanos

con noticias, artículos y manifestaciones varias, especialmente cuando se celebra alguna cumbre internacional sobre el clima, como aconteció con la última de 2015 celebrada en París.

A este respecto, los medios de comunicación suelen hacerse eco de los protocolos, declaraciones de intenciones, conferencias, trabajos o convenios que periódicamente se llevan a cabo en distintos países o a raíz de un hecho por lo aparatoso y extraño, o por la polémica que ello suscita, siempre en busca del titular que encabezará la noticia. Sin embargo, como veremos más adelante, el tema parece que, sin ánimo de echar más leña al fuego, camina hacia un futuro preocupante que podría hacer cambiar, drásticamente, el sentido y orientación de las sociedades a nivel global.

Según parece, los grandes cambios climáticos que acontecen en el planeta han sido la norma y no la excepción¹. Cambios que, desde mucho tiempo atrás, han azotado la vida en la Tierra en no menos de cuatro ocasiones (Fig. 1).

Para explicar este fenómeno y su magnitud se han propuesto diferentes causalidades, atribuyendo su origen a factores relacionados con las *variaciones solares* y sus efectos. En su momento fueron los apocalípticos *ciclos de Milankovitch*, que afectaban la inclinación del eje terrestre respecto a la eclíptica con el sol y el subsecuente vuelco del globo terrá-

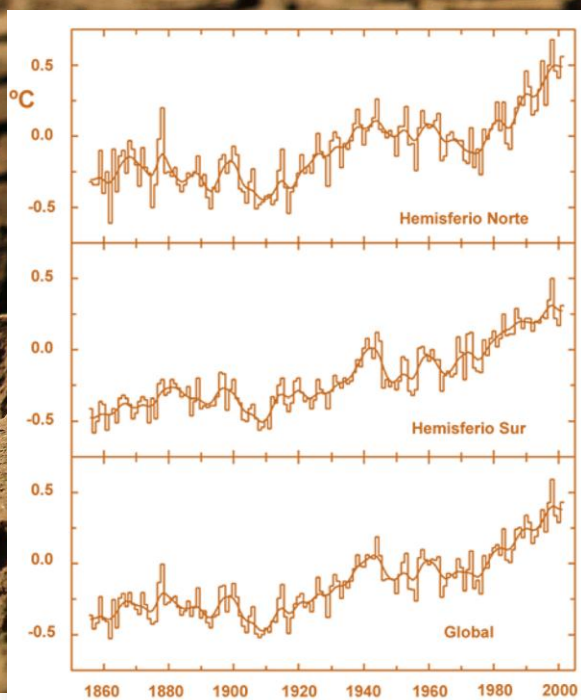


Figura 2. Gráfico donde pueden observarse las variaciones de temperatura ocurridas desde 1860 hasta el año 2000. Obsérvese con qué claridad se muestran las intermitencias de temperatura tanto en el hemisferio Norte, como en el Sur, así como la media global indicando, todas ellas, una progresiva tendencia al alza. [Fuente: Gridded; hemispheric and Global Averages, de P. Jones]

queo (lo que está arriba, cambia su posición y pasa a estar abajo y viceversa). También se ha visto involucrado el vulcanismo y el efecto letal de sus emisiones en lo que se ha dado en llamar el *invierno volcánico*. La pérdida de la capa de ozono es otra de las causalidades que se ha visto involucrada. El dedo acusador ha señalado a los *cambios en el circuito de las corrientes marinas* (cálidas y frías), sin argumentar qué produce estos cambios. No han escapado al inventario el desplazamiento de las placas tectónicas, tampoco el fenómeno de El Niño (suben las temperaturas) y su contrario - La Niña - (bajan las temperaturas). Dejándonos en una situación de incertidumbre del por qué o a causa de qué se originan algunos de éstos procesos.

Al parecer, con algunas excepciones, la inmensa mayoría de estas noticias destacan lo que ya parece ser un denominador común, -la referencia a la cantidad de gases emitidos por las sociedades industrializadas, en particular el dióxido de carbono (CO₂) como el principal responsable del llamado *efecto invernadero*. La cuestión es que, según nos cuentan, cuando la temperatura global llega a un punto crítico no hay vuelta atrás y el fenómeno se desencadena rápidamente, con todas sus consecuencias que no son pocas.

El panorama expuesto no parece nada halagüeño, más bien resulta ominoso, pero si se quiere sentir más de cerca algunas de las consecuencias

del proceso bastará con leer a Laurent², que recoge un informe, varias veces silenciado, atribuido a Andrew Marshall, anticipador de acontecimientos con una larga lista de aciertos y factótum incombustible de distintos gobiernos de la Casa Blanca, que siente cierta fascinación por los desajustes climáticos, su amplitud y sus consecuencias geopolíticas.

Sean cuales sean las causas que puedan desencadenar el apocalipsis, tal vez deberíamos detenernos y tener en cuenta la disyuntiva de si el fenómeno es de índole natural, es a consecuencia de la hiperactividad humana o si se trata de la suma de ambas³.

Actualmente, se sabe que la temperatura global sigue una tendencia ascendente, con altibajos, desde que existen mediciones ambientales fiables, situando el inicio de éstas hacia 1860 y, también, porque así lo atestigua el registro fósil, las sucesiones de la fauna y flora de diversas localidades, así como los testimonios orales o escritos dejados por nuestros antecesores (Fig. 2).

La literatura generada por los especialistas en climatología y los medios de comunicación sigue haciéndose eco de los mensajes catastróficos, donde la meteorología muestra su peor imagen, con lluvias torrenciales en lugares cuyo índice de pluviosidad era prácticamente cero, desertización en otros, incendios por la carencia de lluvias, el deshielo en el Ártico, estados del mar atípicos y desbordamientos de ríos hasta alturas anormales. En definitiva, toda una serie de desastres atribuidos al tan traído y llevado cambio climático, pero poco o nada referente a la casuística



capaz de desencadenarlos, a excepción de algún que otro informe donde se hace responsable de los actuales y futuros acontecimientos al hombre y a sus crecientes emisiones de gases nocivos a la atmósfera.

Esta reiterativa información sobre las causas capaces de generar cambios drásticos en la climatología terrestre se rompe de forma significativa, tras leer, en una casi desapercibida entrevista periodística⁴, al profesor André L. Berger, matemático y meteorólogo belga, experto en estudios paleoclimáticos, después de recibir el premio Latsis 2001, otorgado por la ESF (*European Scientific Foundation*), por su trayectoria y contribución excepcional a la comprensión de las fluctuaciones climáticas que se generaron durante las edades de hielo, y por ser el primero en establecer una exacta descripción de las variaciones de los factores astronómicos que influencian el clima global.

André L. Berger respondía así a la pregunta sobre qué factores influyen en el cambio climático:

“Hay tres parámetros fundamentales. El primero, es la forma de la órbita de la Tierra, que es elíptica pero varía con un período de unos 100.000 años. El segundo es la inclinación del eje de rotación del planeta, cuyo valor actual es 23 grados 27 minutos, y varía entre 22 y 25 grados con un período de 41.000 años. El tercer factor es algo más complicado, la llamada precesión climática, que indica la posición de los solsticios de verano e invierno en relación a la distancia entre la Tierra y el Sol; varía con un período medio de 21.000 años. Estos

tres factores permiten computar con precisión la energía que recibimos en cada latitud de la Tierra”.

Acto seguido, se inquiría su opinión sobre si la actividad del hombre era significativa:

“... la concentración de CO₂ en la atmósfera ha variado en el pasado entre 200 ppm (partes por millón) en las glaciaciones, y 280 ppm en los períodos interglaciales, mientras que ahora estamos ya en 370 ppm y aumentando. El actual período interglacial va a ser muy largo... con el escenario normal de emisiones, que supone duplicar la concentración de gases de efecto invernadero y llegar a 750 ppm, los modelos nos indican que se derretirá la capa helada del hemisferio Norte. Esto tardará 10.000 años; luego permanecerá otro tanto derretida. Después, en los 30.000 años siguientes, se reconstruirá el hielo hasta el tamaño actual. Es decir, que pasarán 50.000 años hasta que el clima empiece a ser el mismo que habría sido actualmente. Por eso digo que pasarán 50.000 años hasta que la tierra olvide este experimento incontrolado de inyectar CO₂ en la atmósfera...”.

Ambas respuestas presentan un inquietante futuro, que en el primer caso resulta muy cercana a los conocidos ciclos de Milankovitch y su teoría sobre el vuelco de la Tierra, al comportarse ésta, por acumulación de capas de hielo en el hemisferio sur y su desaparición en el hemisferio norte, como lo haría un giróscopo o un tentetieso, en cuyo caso poco podrá hacer el género humano para escapar a ese destino, a no ser la de contemplar, temporalmente, la salida al espacio. Situación que ya han imaginado algunos guionistas cinematográficos.

El segundo caso, implica la esperanza de intentar reducir las emisiones de CO₂, retardando o anulando los efectos del efecto invernadero. El precio a pagar sería económico, pero de no ser esta la causa primordial, nada se puede hacer para corregir el aumento de la temperatura debido a los factores astronómicos calculados con tanta precisión —¿Será por este motivo que se nos escamotea la primera posibilidad y se destaca la segunda?

Bibliografía

- (1) Robador, A. 2015. *Cambios climáticos*. Ed. Los libros de la Cartarata. 128 pp.
- (2) Laurent, E. 2007. *La cara oculta del petróleo*. Ed. Arcopress. 384 pp.
- (3) Lloris, D. 1999. Cambio climático: ¿Actividad humana o natural? *Mundo Científico (La Recherche)*. Nº 197 (Enero): 61-65.
- (4) Rivera, A. 2002. “La Tierra tendrá que esperar 50.000 años para olvidar los siglos XX y XXI”. Entrevista a André L. Berger. *El País* 02/01/2002.

La corriente de Canarias

Las islas Canarias y la costa del Sahara Occidental desde la Estación Espacial Internacional (ISS). Foto: Nasa.

El mito de la corriente fría

María Dolores Pérez Hernández

Departamento de Oceanografía Física, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts, EE.UU.

En el colegio, cuando estudiaba Ciencias Naturales, recuerdo que se nos explicaba que las islas Canarias debían, en gran parte, sus buenas temperaturas a la Corriente Fría de Canarias. Pero, ¿qué sabemos en realidad de la Corriente de Canarias?

La Corriente de Canarias fluye hacia el sur paralela al continente africano, aproximadamente entre los 20°N y los 40°N, pasando por el Archipiélago Canario. Ésta transporta de media $-3,0 \pm 1,0$ Sv ($1\text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \approx 10^9 \text{ kg s}^{-1}$), sin embargo su localización e intensidad presenta cierta estacionalidad (Fig. 1). En primavera se encuentra en su posición más al este, bañando las costas africanas y transportando $2,8 \pm 1,2$ Sv, mientras que en verano se intensifica ($2,9 \pm 1,1$ Sv) y fluye a través del Archipiélago Canario. En otoño registra su mayor intensidad ($4,5 \pm 1,2$ Sv) y se encuentra en su posición más occidental, fluyendo hacia el sur al oeste de La Palma. Sin embargo, en invierno, la corriente se debilita a $1,7 \pm 1,1$ Sv¹.

Quizás la afirmación de que la Corriente de Canarias es fría se derive del origen de ésta, o de las características del agua que transporta. Pese a que la Corriente de Canarias se lleva estudiando desde la década de 1980, no fue hasta 2009 cuando se realizó un estudio para comprender el origen de la misma. En los primeros momentos el estudio de la Corriente de Canarias se realizó a partir de datos históricos y más recientemente en base a datos *in situ*^{1,2}. Los mapas de circulación anteriores a 1980 mostraban una Corriente de Canarias alimentada por la Corriente de Portugal, una visión que cambia después de estudios como el de Knaus y Wuebbler³, entre otros, que sugieren que la Corriente de Canarias es una rama este de la Corriente de Azores. Sin embargo, en la literatura sigue existiendo controversia en cuanto al origen de la Corriente de Canarias. Si la Corriente de Canarias fuera una continuación de la Corriente de Portugal, la afirmación de que es fría tendría sentido ya que ésta corriente lleva hacia el sur aguas frías del giro subpolar, pero si procede de la Corriente de Azores, ésta aportaría aguas cálidas provenientes de la Corriente del Golfo.

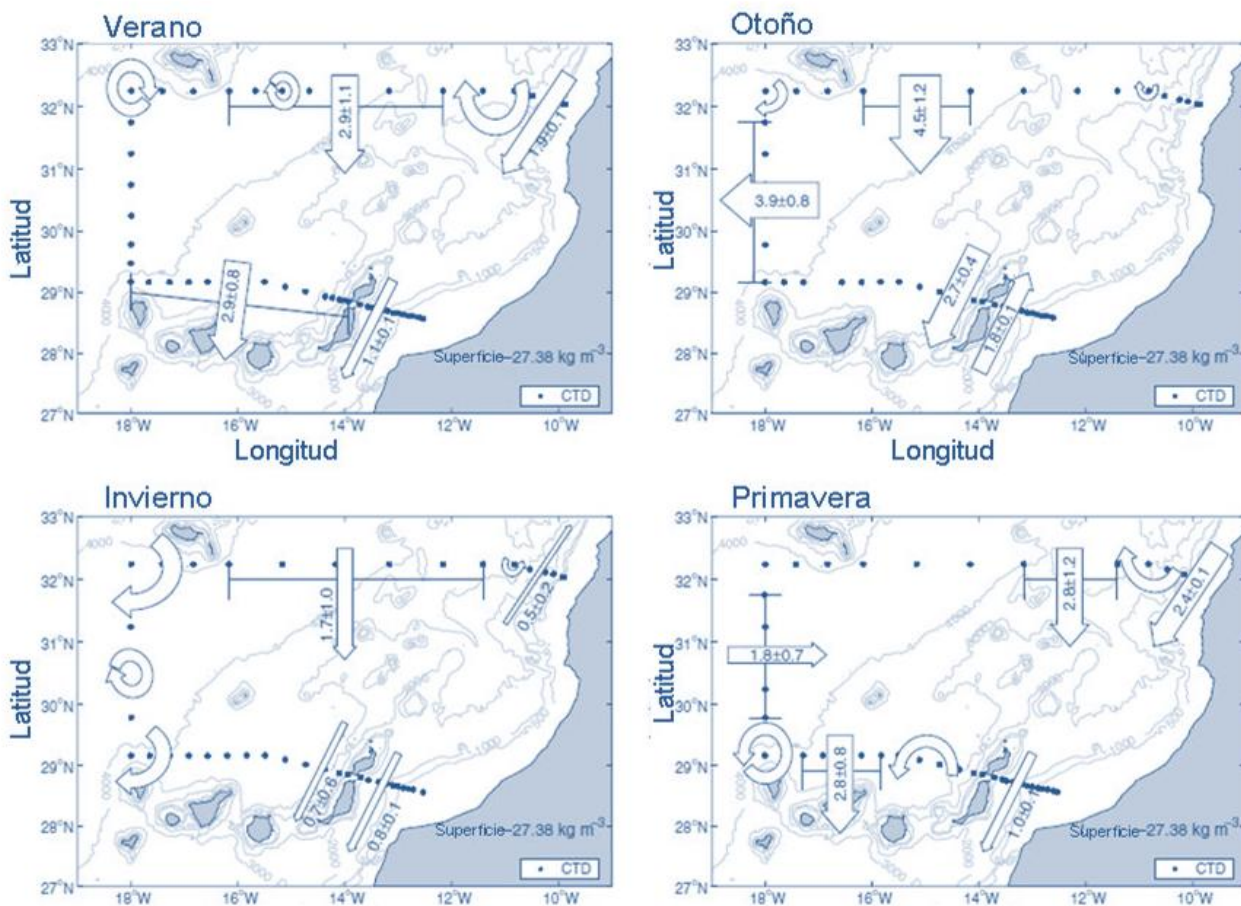


Figura 1. Estacionalidad de la Corriente de Canarias (extraído de Machín *et al.*, 2006)¹.

Caracterización de la Corriente de Canarias

Volvamos al estudio realizado en 2009 para comprender el origen de la Corriente de Canarias. Entre el 15 de octubre y el 11 de noviembre de 2009 se llevó a cabo una campaña oceanográfica en el B/O Hespérides, analizando la región comprendida entre 8,7° a 37,0°N y de 9,1° a 24,5° O, con la finalidad de determinar el origen de la Corriente de Canarias. Durante la campaña se recogieron datos de temperatura, salinidad, nutrientes y oxígeno en 81 puntos (Fig. 2). Con estos parámetros se determinaron los distintos tipos (masas) de agua que fluyen dentro de la corriente. Es decir, la columna de agua se puede dividir en capas (masas) de agua atendiendo a su origen, por ejemplo: una masa de agua que se formó en el Mar Mediterráneo tendrá un alto contenido en salinidad y altas temperaturas por lo que será muy distinta a una masa de agua que, proveniente de la zona polar, será más fría y menos salina. Por otro lado, con la temperatura y la salinidad también se estima la densidad y, a partir de ella, la velocidad y transporte de la Corriente de Canarias.

La determinación de las masas de agua de la Corriente de Canarias muestra que entre la superficie y los 100-300 dbar de profundidad (densidades $< 26,8500 \text{ kg m}^{-3}$ en la Fig. 3 izq.), en toda la

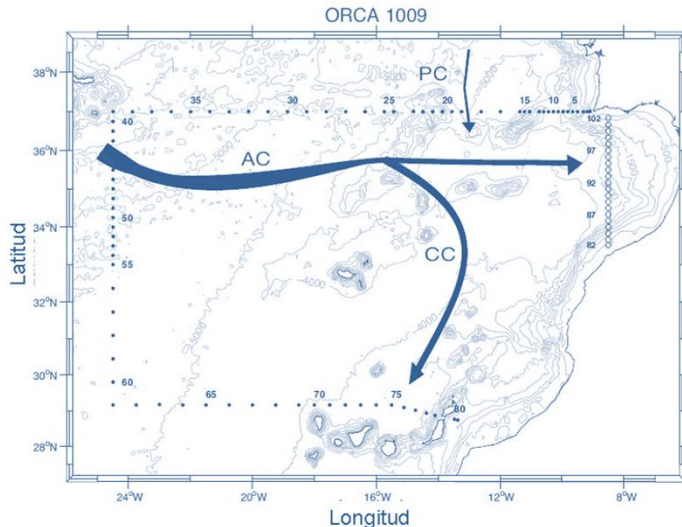


Figura 2. Campaña del proyecto "Origen de la Corriente de Canarias (ORCA)". Los puntos negros representan las zonas muestreadas durante la campaña mientras que los puntos blancos son datos históricos que se usaron para complementar las medidas tomadas. Las flechas negras esquematizan las principales corrientes, siendo: Corriente de Azores (AC), Corriente de Portugal (PC) y Corriente de Canarias (CC). Los números indican la referencia de las estaciones realizadas.

región de estudio, se encuentran valores dispersos de temperatura potencial (θ ; la temperatura potencial representa la temperatura que tendría una masa

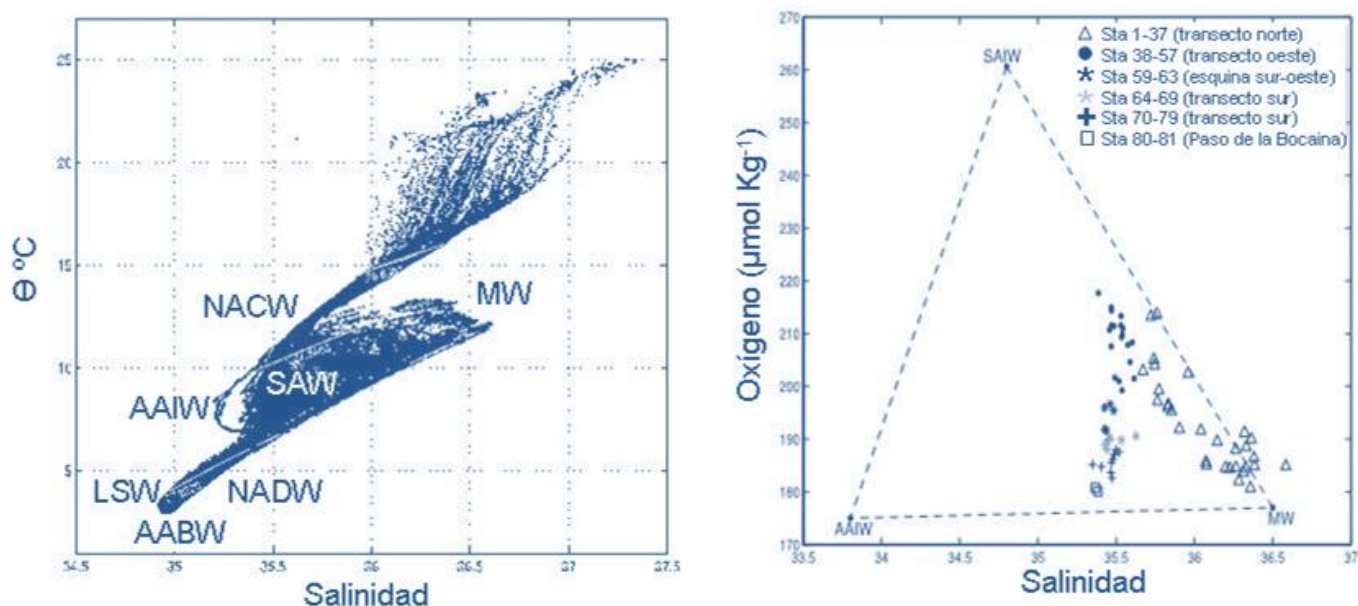


Figura 3. (Izquierda) Diagrama de temperatura potencial (θ , eje y) y salinidad (eje x). Las isopícnas representadas (líneas grises) son las densidades $=26,8500$, $27,3800$ y $27,9220 \text{ kg m}^{-3}$, dividen la columna de agua en aguas superficiales, centrales, intermedias y de fondo. Derecha) Diagrama de oxígeno ($\mu\text{mol kg}^{-1}$) frente a salinidad (O_2/S) en la superficie correspondiente a la densidad $27,8000 \text{ kg m}^{-3}$.

de agua si fuera expandida/comprimida adiabáticamente hasta una presión de referencia, en este caso la superficie) y salinidad debido al calentamiento y a la evaporación estacional. Por debajo, la masa de agua central de la región aparece entre los $10 < \theta < 17 ^{\circ}\text{C}$ y $35,6 < S < 36,7$ (Fig. 3 izq.). Esta es denominada Agua Central del Atlántico Norte (NACW en sus siglas en inglés), y se extiende hasta la densidad aproximada de $27,3800 \text{ kg m}^{-3}$ (aproximadamente los 600 m de profundidad).

Aproximadamente entre los 600 y los 2000 metros de profundidad (densidades de $27,3800 < \gamma^n < 27,9220 \text{ kg m}^{-3}$) existen tres masas de agua intermedias: Agua Mediterránea (MW, en sus siglas en inglés) de alta temperatura y salinidad, Agua Antártica Intermedia (AAIW, en sus siglas en inglés) con la más baja temperatura y salinidad y, en medio, Agua Sub-Ártica Intermedia (SAIW, en sus siglas en inglés). Las tres masas de agua se encuentran en las mismas presiones/profundidades lo que permite que exista mezcla entre ellas. Para diferenciarlas, se realiza un diagrama de oxígeno *versus* salinidad con un triángulo de mezcla, cuyos vértices se definen como los valores puros de cada masa de agua (MW, SAIW y AAIW) (Fig. 3 dcha.). Esta figura revela que todas las masas de agua intermedias de la región contienen un alto porcentaje de MW. Los valores altos de salinidad cercanos al vértice de MW corresponden a las estaciones localizadas cerca del Cabo de San Vicente (Portugal). Las cifras situadas fuera del triángulo, con mayores valores de oxígeno y salinidad que el valor de Van Aken⁴, corresponden a estaciones cercanas a la Península Ibérica, donde

se observa un núcleo de MW. De este a oeste, a medida que nos alejamos del cabo San Vicente, a lo largo del transecto norte, decrece el contenido de MW. Las aguas con mayor contenido de SAIW ocupan la esquina noroeste de la sección (estaciones 38–40) y la mayor parte del transecto oeste (estaciones 45–57). En el diagrama de O_2/S esta masa de agua tiene menos salinidad que la MW pero mayores valores de oxígeno.

Las masas de agua profunda

Estudios previos realizados en la Cuenca de Canarias describen la masa de agua intermedia que rodea al archipiélago como una mezcla de MW y AAIW^{1,5}. Esto se observa entre las estaciones 70–81, donde SAIW es prácticamente inexistente. Sin embargo, entre las estaciones 64–69, y especialmente entre las dos últimas, el diagrama de O_2/S muestra un aumento en la concentración de oxígeno (asteriscos grises de la fig. 3 dcha.). Esto indica que entre las estaciones 64–69 aumenta el contenido de SAIW en comparación con las aguas circundantes, compuestas principalmente de MW-AAIW. Entre las estaciones 80–81, en el paso entre las islas de Lanzarote y Fuerteventura y África (conocido como Paso de Lanzarote), las masas de agua tienen la mayor proporción de AAIW (cuadrados de la fig. 3 dcha.). Esta masa de agua que tiene baja temperatura, salinidad y concentración de oxígeno (Fig. 3 izq.), ya ha sido estudiada con anterioridad en esta zona^{1,2,5}.

Las masas de agua profunda y de fondo se encuentran por debajo de la densidad $27,9220 \text{ kg m}^{-3}$ y de $\theta < 6 ^{\circ}\text{C}$ (Fig. 3 izq.). La principal masa de agua

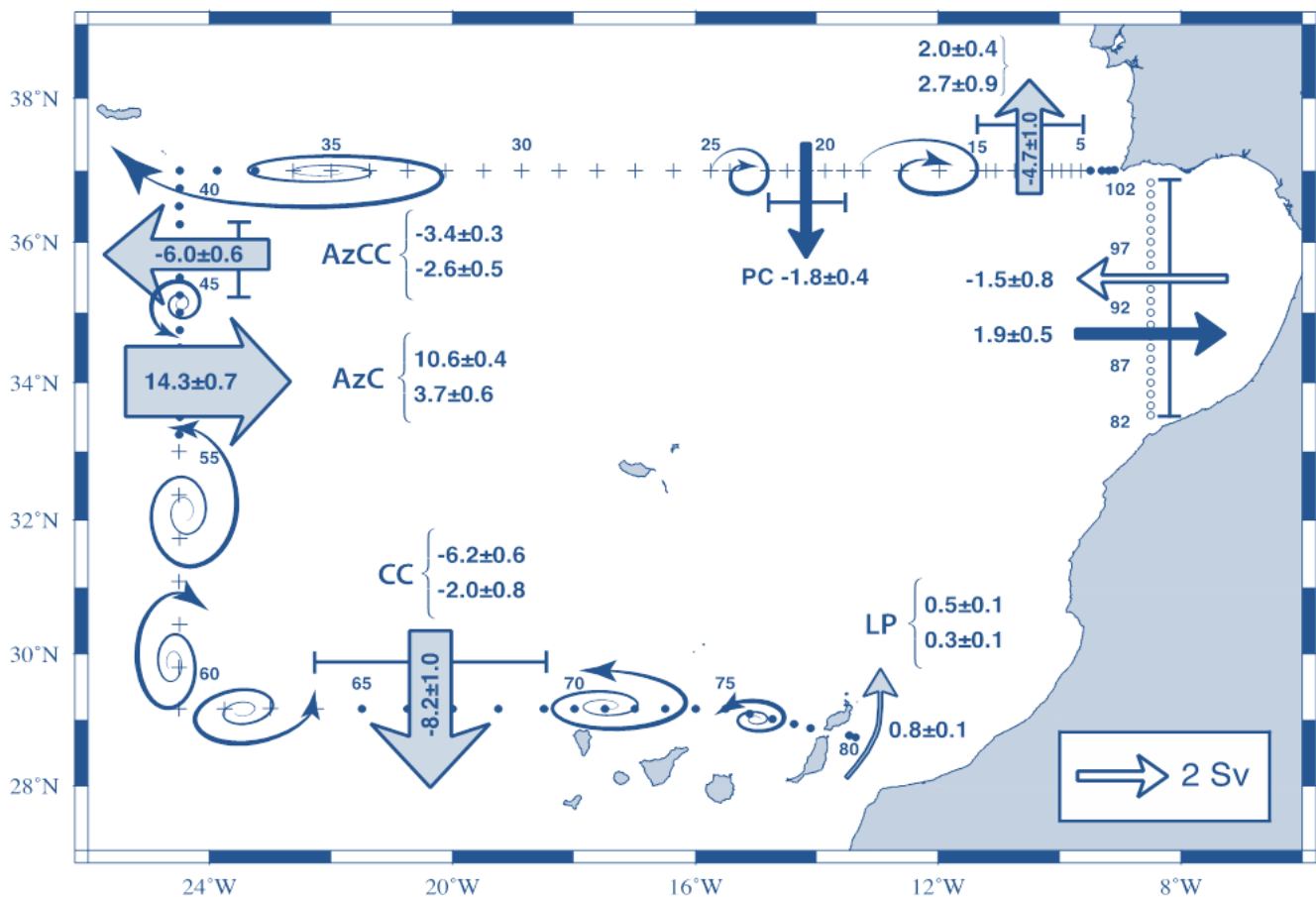


Figura 4. Principales corrientes con sus correspondientes transportes de masa integrados (en Sv): Corriente de Portugal (PC), Contracorriente de Azores (AzCC), Corriente de Azores (AzC), Corriente de Canarias (CC) y Estrecho de Lanzarote (LP). Las llaves indican el transporte de masa superficial (arriba) e intermedio (abajo) de cada corriente. Las flechas grises y el número en su interior corresponden al transporte integrado superficial e intermedio. El intercambio entre el Mar Mediterráneo y el Océano Atlántico se muestra con flechas negras (para las capas superficiales) y blancas (para las capas intermedias). El ancho del eje de las flechas es proporcional a los valores de transporte de masa. Las flechas espirales indica la presencia de remolinos anticiclónicos o ciclónicos. Las estaciones en las que se encuentra la circulación en capas profundas se muestran con cruces negras en vez de con los habituales puntos negros (estaciones del proyecto ORCA) o blancos (estaciones del proyecto WOCE AR06).

profunda es el Agua Profunda del Atlántico Norte (NADW), y ocupa, en términos aproximados, los siguientes rangos de temperatura y salinidad, 1,95-6 °C y 34,95, respectivamente. Cerca del fondo, en el diagrama de θ/S , encontramos Agua Antártica de Fondo (AABW, por sus siglas en inglés) con temperaturas y salinidades por debajo de $\theta < 2$ °C y 34,85, respectivamente (Fig. 3 izq.). En la esquina suroeste de la región aparece AABW muy diluida.

La estimaciones de velocidad y transporte muestran a la Corriente de Portugal entre los 13,5°O y los 14,8°O (estaciones 19-23), transportando $-1,8 \pm 0,4$ Sv (Fig. 4). La ubicación y el transporte de la corriente está de acuerdo con las estimaciones previas, en alguna de las cuales se observa que el flujo hacia el sur de esta corriente se une con la Corriente de Azores y forma la entrada de aguas al Mediterráneo. El Sistema de la Corriente de Azores se localiza al sur de una amplia zona de remolinos anticiclónicos,

y transporta hacia el oeste $-3,4 \pm 0,3$ Sv en las capas de la termoclina y $-2,6 \pm 0,5$ Sv en las capas intermedias (MW), entre 35.25-36.25°N (Fig. 4). La Corriente de Azores (33.50-34.50°N) transporta $10,6 \pm 0,4$ Sv hacia el este en las capas de la termoclina y $3,7 \pm 0,6$ Sv en las capas intermedias (principalmente SAIW). Los resultados muestran una Corriente de Canarias que fluye en la posición más al oeste jamás observada (Fig. 4).

La circulación oceánica observada

Juntando la determinación de masas de agua con las estimaciones del cálculo de velocidad y transporte, los resultados del estudio llevado a cabo en el 2009 sugieren el siguiente esquema de circulación superficial mostrado en la figura 4. La mayor parte de la Corriente de Azores alimenta a la Corriente de Canarias en capas superficiales. Una pequeña parte de la Corriente de Azores fluye hacia el este y sufre



Costa Noroeste de Gran Canaria.
Foto Okeanos.

la rectificación de los remolinos que generan un flujo hacia el oeste, al norte de esta misma corriente. Este flujo hacia el oeste es la Contracorriente de Azores, que transporta $-3,4 \pm 0,3$ Sv. Como varios estudios indican, una pequeña porción de la Corriente de Azores ($1,0 \pm 0,8$ Sv) continúa hacia el este y alcanza el estrecho de Gibraltar. Entre $13,5^\circ\text{O}$ y $14,8^\circ\text{O}$, la Corriente de Portugal se une con el flujo hacia el este, lo que aumenta el transporte hacia el este a $2,8 \pm 0,9$ Sv. Cuando este flujo llega al Estrecho de Gibraltar, parte de él penetra en el Mar Mediterráneo y otra parte recircula hacia el norte a través del Golfo de Cádiz hacia San Vicente.

El esquema de circulación en capas intermedias es más difícil de inferir a partir de la figura 4. Las aguas intermedias de la Corriente de Azores están mayoritariamente compuestas de SAIW, y las de la Corriente de Canarias presentan una contribución de SAIW. Ambas corrientes cuentan con un transporte muy similar. Todo ello indicaría que la mayor parte de la Corriente de Azores alimenta a la Corriente de Canarias en capas intermedias, aunque parte de ella continúa fluyendo hacia el este ($1,7 \pm 1,0$ Sv). Siguiendo a Comas-Rodríguez y colaboradores⁶, las características del Sistema de Corrientes de Azores encajan con la hipótesis de formación de la β -pluma. Por tanto, la salida de agua del Mediterráneo en su camino hacia el Océano Atlántico genera un flujo hacia el oeste que forma el transporte intermedio de la Contracorriente de Azores. La salida de aguas del Mediterráneo se expande y fluye hacia el norte en las cercanías del Cabo de San Vicente.

Luego, la Corriente de Canarias pasa por distintas zonas del Archipiélago Canario según la estación, e incluso a veces al oeste del mismo. En su paso trae aguas que oscilan entre los 25°C en superficie y los 8°C alrededor de los 1500 m de profundidad. La Corriente de Canarias es alimentada por la Corriente de Azores y, como muestra la figura

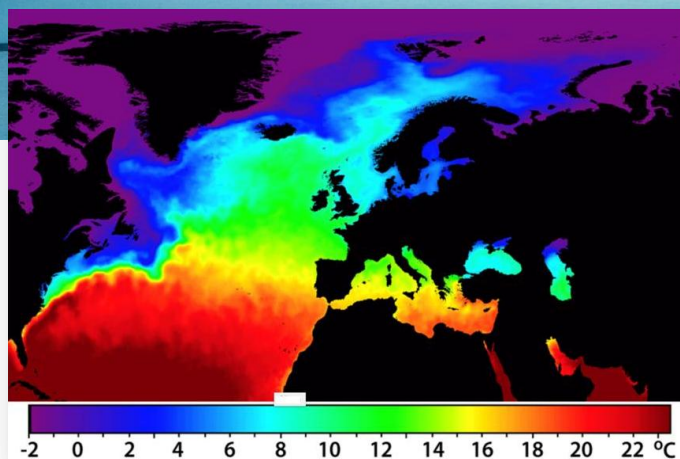


Figura 5. Imagen de satélite de la temperatura superficial del mar de enero de 2008 (Fuente: NOC/UK Met-Office OSTIA data).

5, la Corriente de Azores trae aguas cálidas hacia el este. La figura 5 nos muestra, no obstante, que hay zonas más cálidas que la nuestra, como el Caribe o la zona ecuatorial. Así que, sin afirmar que sea cálida, porque como dijo Voltaire: "La ignorancia afirma o niega rotundamente; la Ciencia duda", creo que podemos argumentar que la Corriente de Canarias no es de aguas frías, desmantelando así el mito de la Corriente Fría de Canarias.

Bibliografía

- (1) Machín, F., A. Hernández-Guerra, y J. L. Pelegrí, 2006. *Prog. Oceanog.* 70:416–447.
- (2) Hernández-Guerra, A., E. Fraile-Nuez, F. López-Laatzén et al. 2005. *J. Geophys. Res.* 110, doi:10.1029/2005JC003032.
- (3) Krauss, W. y C. Wuebbler. 1982. *Deep Sea Res. A. Oceanog. Res. Pap.*, 29, 851–868.
- (4) van Aken, H. M. 2000. *Deep Sea Res. I. Oceanog. Res. Pap.*, 47:757–788.
- (5) Fraile-Nuez, E., F. Machín, P. Velez-Belchí, et al. 2010. *J. Geophys. Res.*, 115, C09009, doi:10.1029/2010JC006161
- (6) Comas-Rodríguez, I., A. Hernández-Guerra, E. Fraile-Nuez et al. 2011. *J. Geophys. Res.*, 116, doi:10.1029/2011JC007129.



Ingredientes para 4 personas

- 500 gr de lomo de cherne fresco
- 100 gr de tomate
- 100 gr de cebolla roja
- 5 gr de cilantro fresco
- 5 gr de cebollino fresco
- 100 cl de zumo de maracuyá
- 100 cl de aceite de oliva virgen extra
- 10 gr de sal
- 5 gr de azúcar
- 3 gr de pimienta negra molida
- 4 tostas multicereales
- 100 gr de rúcula

Ceviche de cherne,

fruta de la pasión y cilantro sobre tosta de pan multicereal

Abraham Ortega García

Chef del restaurante Abora

Preparación

Abrimos los maracuyás y las exprimimos quitando las pepitas y colando la pulpa, hasta obtener la cantidad necesaria, mezclamos con el aceite de oliva, la sal, el azúcar y la pimienta negra.

Limpiamos el pescado, de piel y espinas, y troceamos en cuadrados de unos 2 centímetros y se lo añadimos al caldo anterior y maceramos unos 15 minutos.

Pelamos y despepitamos el tomate, y lo cortamos en cuadrados de 5 milímetros de tamaño, al igual que con la cebolla roja. Una vez hecho esto lo añadimos con el pescado a la mezcla anterior.

Por último, añadimos el cebollino y el cilantro picado fino y removemos para que todo coja sabor. Dejamos marinando 10 minutos y estaría listo para comer.

A la hora de presentarlo ponemos la rúcula, el pan multicereales tostado y encima el ceviche.

Cualidades nutricionales del plato

El plato tiene diversos elementos con múltiples cualidades nutricionales, pero nos centraremos en sus dos elementos más destacados, el cherne y el maracuyá. El **cherne** (*Polyprion americanum*) es un **pescado semigraso**, lo que significa que en determinadas épocas del año su contenido graso se asemeja al de un pescado azul, mientras que en otras épocas mantiene la típica de un pescado blanco. Cien gramos de mero aportan 6 gramos de grasa y apenas unas 120 calorías, lo que significa que nos encontramos ante un delicioso pescado ideal en dietas equilibradas y saludables, bajas en grasas e hipocalóricas. Aporta una interesante cantidad de grasas poliinsaturadas y monounsaturadas, y también una pequeña cantidad en

grasas saturadas. El contenido en minerales (como el fósforo, magnesio y potasio) y vitaminas (vitaminas del complejo B como la B2, B3, B6, B9 y B12) es muy adecuado. Entre las vitaminas podemos destacar la presencia, aunque tímida de vitamina E, un nutriente muy poco común en los pescados.

Por otro lado, al ser un pescado relativamente bajo en grasas se convierte en un alimento sumamente saludable, que además aporta proteínas de alto valor biológico, lo que significa que contiene la mayoría de aminoácidos esenciales. Respecto a su contenido en vitaminas podemos destacar:

- Vitamina B2: interviene en los procesos enzimáticos. Además, es fundamental para la piel y mucosas.
- Vitamina B3: fundamental en el aprovechamiento de la energía que contienen los macronutrientes. Participa a su vez en la producción de hormonas sexuales y en la síntesis de glucógeno.
- Vitamina B6: participa en la síntesis de los macronutrientes y en la formación de hormonas, glóbulos rojos y células sanguíneas.
- Vitamina B9: mayormente conocida con el nombre de ácido fólico, es fundamental para mujeres que deseen quedarse embarazadas (y no sólo durante el embarazo), al ayudar a prevenir defectos en la placenta, y defectos en el cerebro y la columna vertebral en el feto.
- Vitamina B12: útil en la maduración de los glóbulos rojos y en el buen funcionamiento de las neuronas.

En cuanto al maracuyá, podemos decir que es una fruta que posee propiedades nutricionales y medicinales que mejoran notablemente la salud. Aporta vitaminas A y C, potasio, calcio, hierro, fibra, carbohidratos y antioxidantes, todos ellos con múltiples beneficios para la salud.

Especies acuáticas exóticas introducidas en Gran Canaria

L. Molina, N. Benítez y A. Porta

I.E.S. Profesor Antonio Cabrera Pérez, Telde, Gran Canaria, España

Irresponsabilidad en la acuariofilia

La acuariofilia es una afición practicada de forma creciente en Canarias, especialmente la relacionada con especies de agua dulce por su menor coste y la variabilidad de organismos que se pueden encontrar a la venta. Sin embargo, esta afición con tantas posibilidades educativas coexiste con el desconocimiento e irresponsabilidad de algunos aficionados, que abandonan organismos en las presas y embalses de las islas. Este hecho fue puesto en evidencia en un trabajo realizado recientemente por alumnos del módulo especializado en acuariofilia, en el Ciclo Superior de Acuicultura del IES Prof. Antonio Cabrera Pérez, de Telde (Gran Canaria, España). Aunque su objetivo era promover actitudes específicas relacionadas con el método científico y fomentar la autonomía de los alumnos al enfrentarse a un problema medioambiental concreto, permitió poner de relieve la dimensión real que el problema de la liberación de especies foráneas, procedentes de la acuariofilia, está provocando en los ecosistemas de agua dulce de Gran Canaria.

El objeto de dicha investigación era examinar las especies acuáticas que se comercializan en las tiendas de Gran Canaria y comprobar cuáles de ellas presentan ya poblaciones asilvestradas estables en las principales presas de la isla, así como hacer una primera evaluación de su impacto ecológico y económico.

El comercio de peces para acuarios

A pesar de que la mayor población de la isla reside en Las Palmas de Gran Canaria, el mayor número de tiendas de venta de peces de acuariofilia se localizan en el sur de la isla. De todas las especies a la venta en las tiendas muestreadas, solo 5 eran de agua salada frente a 180 de agua dulce. Esto resulta algo habitual en el comercio de acuarios en todo el mundo, donde sigue predominado el comercio de agua dulce frente al de organismos marinos¹, por la mayor dificultad que presenta el mantenimiento y cuidado de estos últimos.

La presencia de estas especies en las presas muestreadas se relaciona con la liberación de peces por parte de aficionados a la acuariofilia.

Se constató que la mayoría de las tiendas podían suministrar más especies de las que tenían en stock, ya que existe una adecuada red de comercialización de estas especies. Estas se nutren a través de diversos importadores y distribuidores de productos y especies para acuariofilia, que responden directamente a los encargos realizados por estas tiendas, tanto en relación a especies como al número de especímenes requeridos de cada una de ellas.

De cada especie comercializada se realizó una ficha con objeto de conocer la calidad del agua (temperatura, pH y dureza) en la que pueden vivir, así como las características de su alimentación y reproducción (requisitos, periodos, etc.). De acuerdo a las características biológicas y ecológicas de las especies, y en relación a la tipología del agua de los embalses en la isla, se clasificaron todas las especies identificadas como potencialmente invasoras o no.

Un lugar de reintroducción

La escasez de agua dulce en Canarias ha supuesto un problema recurrente a lo largo de la historia. Las islas a menudo se ven afectadas por las consecuencias del anticiclón de las Azores, que actúa como una barrera que evita que las borrascas del Atlántico Norte se aproximen de oeste a este. Esto se traduce en una pluviosidad anual muy baja (324 mm de media) en comparación con otros territorios. A esta



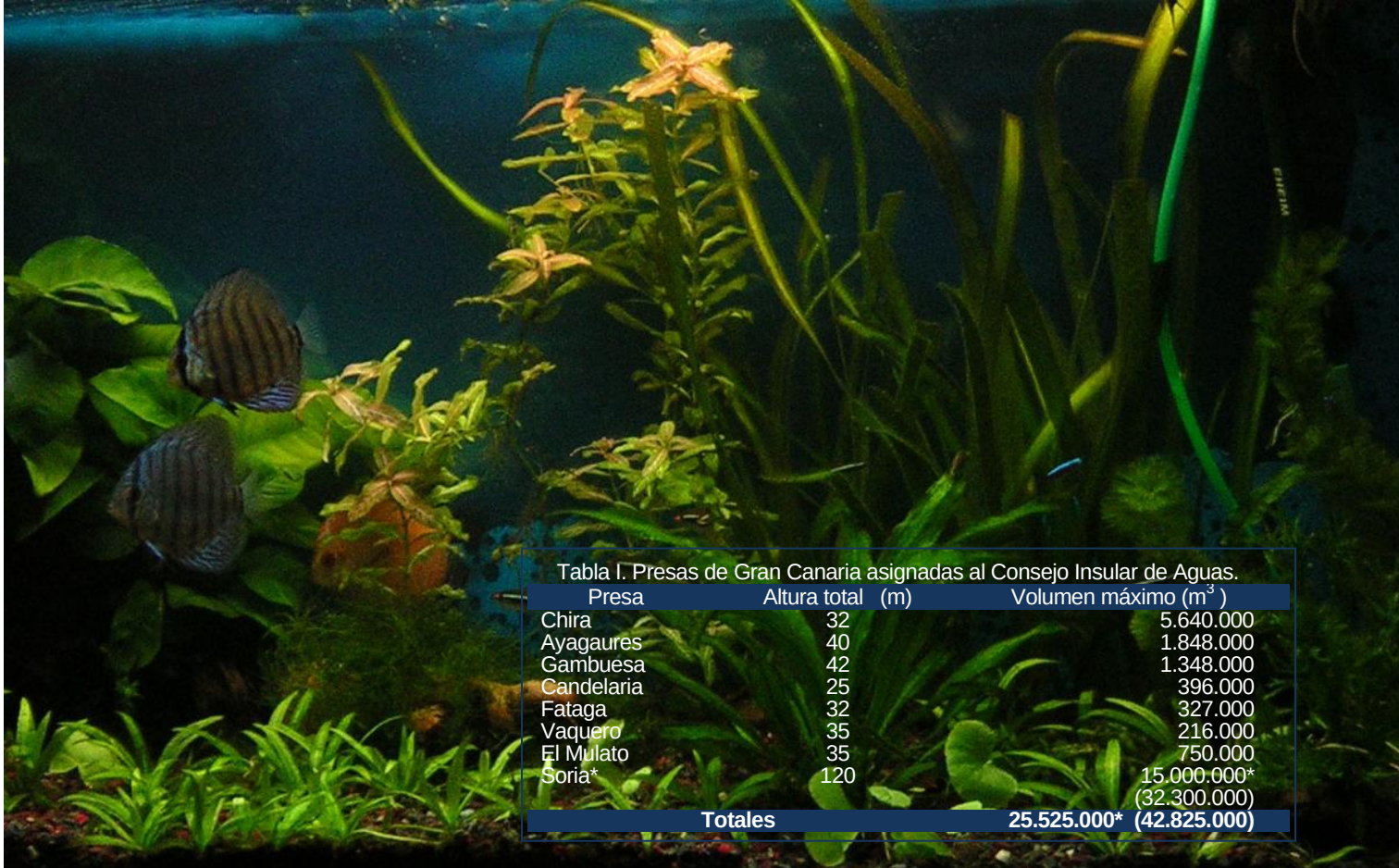


Tabla I. Presas de Gran Canaria asignadas al Consejo Insular de Aguas.

Presa	Altura total (m)	Volumen máximo (m ³)
Chira	32	5.640.000
Ayagaures	40	1.848.000
Gambuesa	42	1.348.000
Candelaria	25	396.000
Fataga	32	327.000
Vaquero	35	216.000
El Mulato	35	750.000
Soria*	120	15.000.000* (32.300.000)
Totales		25.525.000* (42.825.000)

escasez hay que añadirle lo costoso que resulta en Canarias el aprovechamiento del agua debido, entre otras circunstancias, a la profundidad de los acuíferos, a la ausencia de corrientes fluviales permanentes y a la composición del suelo.

Ante esta situación, distintas generaciones de isleños han dejado su huella en el territorio con la construcción de instalaciones de todo tipo para almacenar el agua de lluvia. Este legado constituye un excelente patrimonio hidráulico que actualmente está plenamente integrado en el paisaje e incorporado a la cultura del agua. Esta situación, hace de Gran Canaria uno de los territorios del planeta con mayor número de presas por km². En los 1.500 km² que conforman la isla, se localizan las llamadas 69 “grandes presas”. Esta denominación engloba sólo a aquellas obras hidráulicas de retención de aguas de barrancos con más de 15 metros de altura o más de 100.000 m³ de capacidad. El Cabildo de Gran Canaria cuenta con un importante patrimonio de presas que son gestionadas por el Consejo Insular de Aguas y que le permiten almacenar 42,8 hm³ de aguas superficiales (Tabla I).

Así, de la capacidad total de embalse en las grandes presas (76,7 hm³), el 88,5% de la misma, que representan unos 68 hm³, se concentra en los municipios de Artenara, Tejeda, Mogán, San Barto-

lomé de Tirajana y Santa Lucía, en la zona centro-sur, y solo el 11,5% restante, 8,8 hm³, se localiza en la vertiente norte de la isla.

En función de su localización, y la presencia de agua durante todo el año, se seleccionaron las presas de Ayagaures, Gambuesa y Chira para realizar pescas selectivas en las mismas, a fin de comprobar la composición de la fauna ictiológica de estos embalses. Para ello, se solicitaron los correspondientes permisos del Consejo Insular de Aguas y la Guardia Civil (Seprona). La captura de ejemplares se realizó mediante las modalidades de pesca de spinning, pesca a plomo y pesca a boya, utilizando como cebo diferentes tipos de masas (bolillos) de preparación artesanal siguiendo las indicaciones de pescadores locales. Así, en estas presas se capturaron diversos ejemplares de perca sol, carpa espejo, perca americana (o lubina negra) y caracol manzana (Tabla 2). Todas ellas comunes en las listas de especies a la venta en las tiendas de mascotas previamente visitadas. Por tanto, la presencia de todas estas especies en las presas muestreadas se puede relacionar con procesos de liberación de los peces por parte de los aficionados a la acuariofilia, una vez que su mantenimiento les resulta una carga, queriendo así preservar la vida de estos animales no deseados, sin plantearse la problemática que podrían provocar.



Tabla 2.- Especies procedentes de acuariofilia capturadas en los embalses de Gran Canaria estudiadas.

	Nombre común	Nombre científico	Embalse
	Carpa espejo	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	Chira
	Perca sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	Gambuesa
	Perca americana	<i>Micropterus salmoides</i>	Chira
	Caracol Manzana	<i>Pomacea caliculata</i>	Ayagaures

Por otra parte, durante la toma de muestras en la presa de Chira, se contactó con la empresa Carp-Fishing Canary (<http://www.CarpGranCanaria.com>), dedicada a la captura deportiva de peces de agua dulce, que lleva operando durante casi una década en las presas de Gran Canaria. Dicha empresa confirmó la presencia de las especies anteriores y también de carpa común, que no se capturó durante las pescas experimentales. También dieron constancia de que la mayor parte de capturas, aproximadamente el 75%, está constituida por ejemplares de carpa espejo o real, la cual también en nuestro estudio resultó la especie más capturada.

Algunas de las especies identificadas, como la carpa y la perca americana, son consideradas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN. <https://www.iucn.org/es>) como unas de las especies más dañinas del mundo por su carácter invasor. No obstante, en Canarias estas especies exóticas no se consideran legalmente como invasoras, según lo dispuesto en la normativa estatal (BOE de 3 de Agosto de 2013), al tratarse de cursos de agua dulce no naturales. Sin embargo,

su presencia puede ejercer un efecto negativo sobre la biodiversidad local, desplazando, compitiendo o predando sobre especies de invertebrados y anfibios autóctonos, así como repercutir en las actividades humanas, con riesgo incluso sobre la salud pública, al tratarse de aguas de consumo. No existe ningún tipo de investigación al respecto, y creemos que sería importante que se llevara a cabo un estudio exhaustivo que delimite más adecuadamente los posibles

impactos y riesgos que estas especies introducidas tienen sobre el medio ambiente, la biodiversidad local y la salud pública. Actualmente la legislación es demasiado permisiva, no asegurando una protección adecuada en los embalses de las islas. Además, debería existir, en la ley de pesca, una cierta regulación de esta actividad en cuerpos de agua dulce, como embalses o presas, a pesar de no existir cursos fluviales continuos en las islas.

La carpa y la perca americana son consideradas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza como las más dañinas del mundo.

Bibliografía

- (1) Monticini, E. 2010 The ornamental fish trade, production and commerce for ornamental fish: technical-managerial and legislative aspects. GLOBEFISH. Research programme. Vol. 102. Roma FAO p.132.



El Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología

Juan Francisco Betancort Lozano

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos, España

El Museo Elder nace en 1999 con el objetivo de acercar la investigación, el desarrollo y la tecnología a sus visitantes, para que estos puedan tocar y experimentar, de primera mano, fenómenos de carácter científico y tecnológico. Desde su creación, la interactividad ha sido la piedra angular de este museo y, por su ubicación, ha estado desde sus inicios estrechamente vinculado al puerto y al mar. Actualmente, con la dirección de José Gilberto Moreno, recibe unos 60.000 visitantes anuales. Este centro de conocimiento pretende mostrar la ciencia que se ha desarrollado y se desarrolla en Canarias, acercando el trabajo de las universidades y los diferentes grupos de investigación al público. Un ejemplo de esto es la próxima inauguración de un espacio dedicado íntegramente a la ciencia hecha en Canarias.

Recientemente se ha inaugurado una nueva área denominada "Cetáceos en Canarias". En este espacio se muestra parte de la gran variedad de las especies de cetáceos y el papel que juegan las islas como "punto caliente" para la biodiversidad del conjunto del planeta, particularmente en relación a estos mamíferos ya que en Canarias están presentes 30 de las 87 especies de cetáceos existentes. Para el desarrollo de esta exposición se ha contado con la participación y asesoramiento del Instituto de Sanidad Animal y Seguridad Alimentaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.



La exposición actual está conformada por los esqueletos de un calderón, de una madre con su cría de cachalote pigmeo, y dermoplastias realizadas por José Martín Martel de diferentes especies de delfines (delfín común, delfín listado, delfín mular y delfín moteado). Complementa esta exposición una serie de infografías a cargo de Fernando Montecruz y unas imágenes realizadas por el prestigioso fotógrafo submarino Teo Lucas.

El objetivo a medio y largo plazo de esta exposición no es sólo crecer en contenidos y materiales, sino, siguiendo la filosofía del Museo Elder, apostar por la interactividad: sentir y tocar. Se pretende ser capaces de educar y concienciar a los visitantes mediante experiencias que permitan entender cuestiones como las adaptaciones fisiológicas a la profundidad de estos animales, cómo se comunican y cómo funcionan sus sistemas de ecolocalización, cómo cazan o cómo les afecta la contaminación.

Registro de focas en Canarias

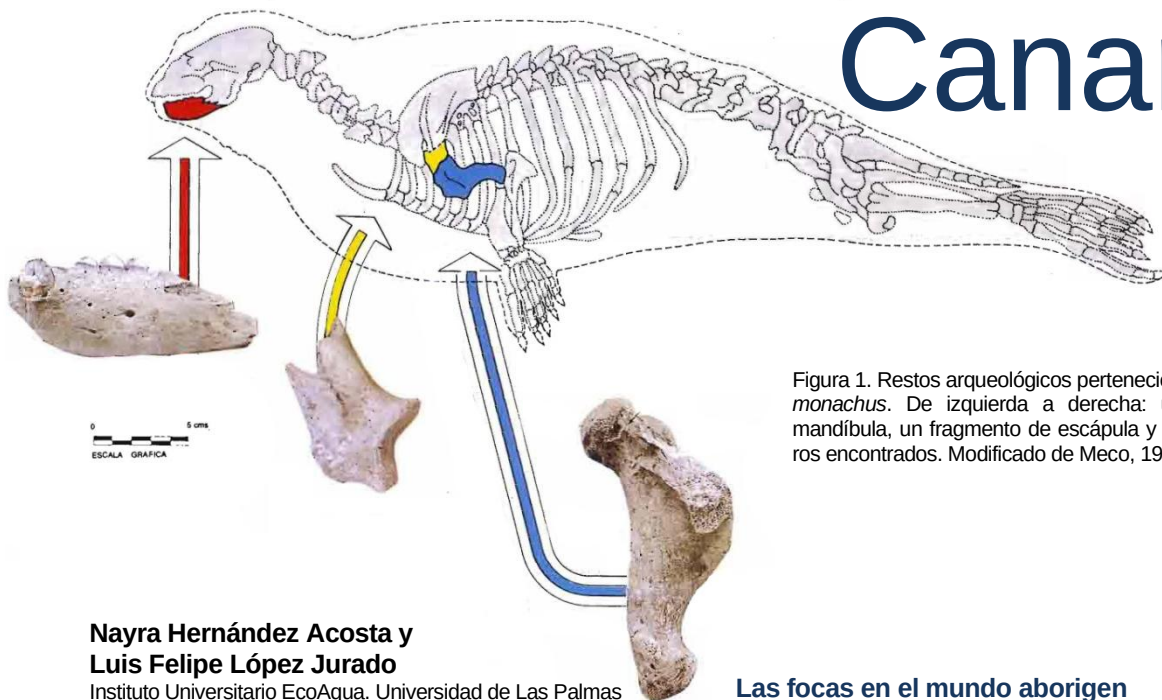


Figura 1. Restos arqueológicos pertenecientes a *Monachus monachus*. De izquierda a derecha: un fragmento de mandíbula, un fragmento de escápula y uno de los húmeros encontrados. Modificado de Meco, 1992.

**Nayra Hernández Acosta y
Luis Felipe López Jurado**

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

Huellas de la presencia de focas en Canarias

La presencia de pinnípedos en las aguas de Canarias es un tema de actualidad, ya que existen diversos estudios y proyectos para su posible reintroducción en las islas. Su existencia histórica es un hecho probado mediante restos arqueológicos que han quedado como huellas de la presencia de estos animales, avistamientos cerca de las islas, varamientos de ejemplares que han llegado por diversas razones y poblaciones extintas que podrían haber dado nombre a algunas de las zonas donde se encontraban. En este trabajo se resumen algunas de estas fuentes que probarían que Canarias sostuvo poblaciones estables de estos mamíferos marinos.

Son numerosas las evidencias que permiten afirmar que en Canarias llegaron a haber poblaciones de focas, concretamente de foca monje (*Monachus monachus*). Este pinnípedo se caracteriza por vivir en zonas más templadas, con un rango de distribución entre los 20 y 40 grados latitud norte. Actualmente, sus poblaciones se localizan en el Mar Mediterráneo oriental y en el Océano Atlántico, estando en grave peligro. Las evidencias o registros de las focas en Canarias se pueden dividir en un primer periodo prehistórico o anterior a la conquista, un segundo periodo histórico que comprende la conquista, entre los siglos XV y XVI, y un último registro actual.

Las focas en el mundo aborigen como recurso alimenticio

Se han encontrado restos de focas en contextos arqueológicos que demuestran el contacto de estos animales con los primeros pobladores de Canarias, así como su consumo. En unas campañas de excavación realizadas en la Cueva de Villaverde (Fuerteventura), en 1979 y 1988, se descubrieron restos de foca monje, concretamente una mandíbula, un fragmento de vértebra y de escápula, dos húmeros izquierdos y un diente incisivo (Fig. 1). Estos restos pertenecen a dos ejemplares de foca monje y presentan evidencias de su consumo por parte de los antiguos aborígenes que poblaban la isla¹.

En la isla de El Hierro también hay restos que se encontraron en basureros aborígenes, en la zona de Charco Azul. Son tres dientes de la especie *Cystophora cristata* conocida como foca de casco (Fig. 2). No se ha determinado si pertenecen a un ejemplar o a varios. Teniendo en cuenta el tamaño de los dientes, debían ser individuos juveniles, probablemente desorientados que llegaron a la isla y fueron cazados, para posteriormente ser consumidos por los antiguos aborígenes canarios².

Periodo histórico o Poblaciones antiguas

Tenemos conocimiento de la existencia de poblaciones de focas gracias a las crónicas de Jean de Béthencourt, Juan de Abreu Galindo y Leonardo Torriani, quienes dejando información acerca de

Juan de Abreu Galindo, en su *Historia de la conquista de las siete islas de Canaria*, escrita entre el año 1590 y 1600, deja constancia de que las poblaciones en la Isla de Lobos habían desaparecido.



Figura 3. Foca monje. Representación realizada por W. H. Lizars y J. Stewart.

dónde se localizaban estas poblaciones, del uso humano de las mismas y de su posterior desaparición (Fig. 3). Se entendían como un recurso más que ofrecían las islas, por lo que su gestión y aprovechamiento quedó reflejado en varios documentos. Jean de Béthencourt en 1402 en *Le Canarien*, sobre la Isla de Lobos:

“Allí viven tantos lobos marinos que parece milagro, y cada año se podría sacar de provecho, de las pieles y de la grasa, 500 doblas de oro o más. ...En cuanto a la isla de Lobos, no vive nadie en ella, sino animales que se llaman lobos marinos, que tienen mucho valor, como otra vez lo he dicho.”

Juan de Abreu Galindo, en su *Historia de la conquista de las siete islas de Canaria*, escrita entre el año 1590 y 1600, deja constancia de que las poblaciones en la Isla de Lobos habían desaparecido:

“La isla de lobos es un roque, ó islas que está entre la isla de Lanzarote y la de Fuerteventura, al presente nido y refugio de los navios corsarios, en este isleo solian matar a muchos lobos marítimos que de la mar salian á gozar del sol en la arena, de cuyas pieles hacían cintos para los enfermos de piedra del riñon; y por estos animales que allí tomaban, se llamó isla de Lobos. Ya hay muchos años que no parecen en aquellas islas.”

En el siglo XVI, Leonardo Torriani en su libro *Descripción e historia del Reino de las Islas Canarias antes Afortunadas, con el parecer de sus fortificaciones*, confirma también la ausencia de estos animales en la Isla de Lobos:

“Esta isleta es desierta y áspera. Fue nombrada así, por la abundancia de lobos marinos que tenía cuando se conquistaron por los cristianos las demás islas.”

Avistamientos antiguos

Torriani, además, deja en sus crónicas constancia de observaciones por parte de pescadores, de “hombres marinos” en Gran Canaria y Lanzarote:

“...En la isla de Canaria, en su costa este, ciertos



Figura 2. Dientes de foca de casco encontrados en El Hierro.



Figura 4. Foca monje perteneciente a las colonias de Mauritania.

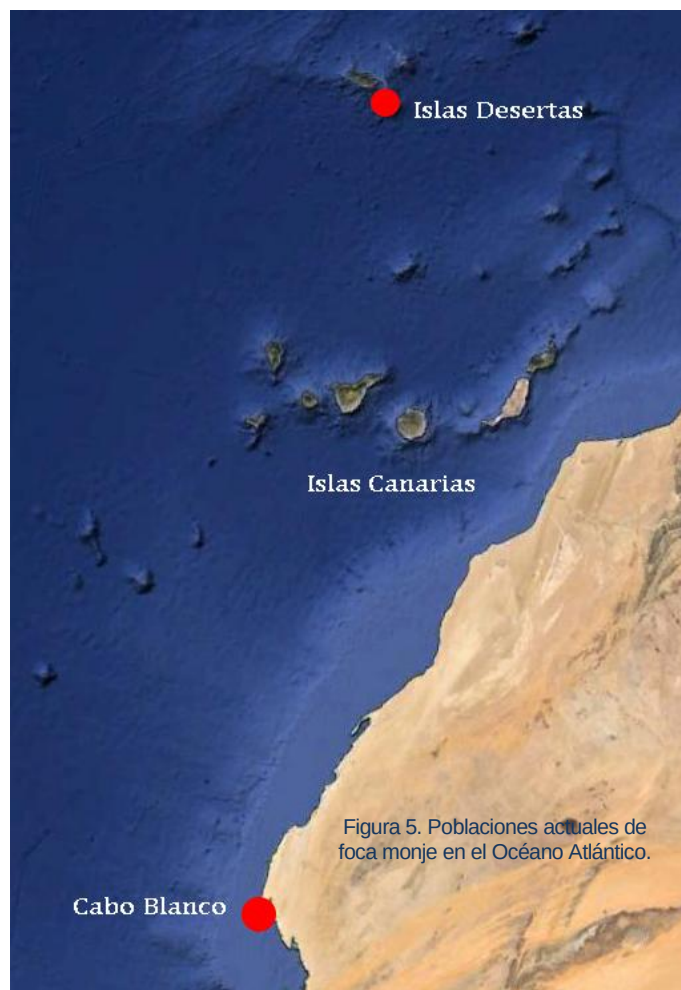


Figura 5. Poblaciones actuales de foca monje en el Océano Atlántico.



Figura 7. Ejemplar hembra y macho de foca de casco. Representación realizada por Henry Wood Elliott.

pescadores vieron en años pasados a un hombre marino, debajo del agua, sentado en la entrada de una cueva. Decía que no tenía diferencia con nosotros, más que en los pies y en las manos, que eran como aletas de peces. En Lanzarote, a la parte del Poniente, también se ha visto por tres veces otro hombre marino parecido, saliendo del mar para sentarse al sol encima de una piedra alta. Estaba totalmente cubierto con bellísimas escamas blancas, encarnadas y azules, con los pelos y la barba larga. Las manos y los pies tenían forma de aletas de pez; pero los que lo vieron pensaban que debajo de las aletas tenía manos como las nuestras, y pies, porque sin ellos es de creer que no hubiera podido caminar con tanta agilidad...

Estos avistamientos pueden ser debidos a que se dieran pequeñas poblaciones de foca monje en Gran Canaria y más probablemente en Lanzarote o simples individuos de esta u otra especie en dispersión (Fig. 4).

Las poblaciones de estos animales disminuyeron drásticamente durante la conquista debido, como citan las crónicas, a las continuas capturas haciéndolas desaparecer completamente. Actualmente las poblaciones de foca monje en el Atlántico más cercanas a las Islas Canarias son las de las Islas Desertas (Madeira) y en Cabo blanco (África), las cuales se encuentran también en peligro (Fig. 5).

Las focas en la toponimia de Canarias

Las poblaciones de foca en las islas más occidentales eran numerosas, por lo que es lógico que determinados lugares recibieran nombres relacionados con estos *hombres* o *lobos marinos*. Éste es el caso de Isla de Lobos y Cueva de Lobos en Fuerteventura, y de Montaña de Lobos en Alegranza, Lanzarote.

Así, la isla de Lobos es una pequeña isla al norte de Fuerteventura, cuyo topónimo más antiguo proviene del siglo XIV de mano del cartógrafo mallorquín Angelino Dulcert (Fig. 6). En su mapa, de 1339, describe por primera vez la isla de Lanzarote y cita el



Figura 6. Dibujo del Canal de La Bocaina por Torriani, donde se observa la Isla de Lobos entre los extremos de Lanzarote (arriba) y Fuerteventura (abajo).

islote de Lobos como *Linegi mari*, *mari* del latín *mare-maris* (mar) y *linegi* cuyo significado se desconoce pero que probablemente sea el término referido a lobo³. Finalmente sería en *Le Canarien*, por Jean de Béthencourt, que finalmente recibiría el nombre de Isla de Lobos motivado a lo mejor por los topónimos anteriores como *vegi mari*.

Por otra parte, la Cueva de Lobos es una zona de cuevas marinas sumergidas y semisumergidas al norte de Punta Amanay, en el municipio de Pájara (Fuerteventura). En ella se refugiaban estos animales, siendo actualmente uno de los enclaves más óptimos para su reintroducción. También, la Montaña de Lobos que se encuentra en un islote al norte de Lanzarote, llamado Alegranza, y que es la segunda montaña de mayor tamaño cuyo nombre viene de la presencia de los abundantes lobos marinos⁴.

Avistamientos y varamientos actuales

La desaparición de las colonias canarias de pinnípedos supone que el registro actual que se tiene de focas en Canarias es gracias a avistamientos y varamientos de ejemplares que llegan por cualquier razón a las islas. Los varamientos de los que se tienen registro son de focas de casco (*Cystophora cristata*), procedentes de la zona norte del Atlántico, que por razones desconocidas llegan a las islas. Algo común es que todos los ejemplares encontrados hasta la fecha son juveniles.

Estas focas son de la familia Phocidae y viven en el Ártico, caracterizándose los individuos machos adultos por tener una protuberancia nasal que hinchan volviéndose de color rojizo y que utilizan para competir con otros machos o para el cortejo (Fig. 7).

En el año 1983 un juvenil de foca de casco fue encontrada en Lanzarote, en la Playa de Arrecife, "El

- Avistamientos/varamientos actuales
- Avistamientos antiguos
- Poblaciones antiguas
- Restos arqueológicos
- T Toponimia

Mapa de distribución del registro histórico y actual de las focas en Canarias



Reducto”, la cual fue capturada por un pescador que la llevo a tierra firme para mostrarla como curiosidad. Ésta foca tenía una herida en la zona del dorso, probablemente debida al bichero que utilizó este pescador para meterla en el bote de pesca y acercarla a la costa. Fue trasladado a “Los Jameos del Agua” (Lanzarote) dónde se mantuvo y se alimentó hasta que murió a los pocos días, debido a la herida que presentaba o a la cantidad de gastrolitos que se encontraban en su estómago.

Más tarde, en el año 1992, fue vista una foca de aproximadamente un metro de longitud, en el interior del puerto de Morro Jable, en la isla de Fuerteventura, y tras unos minutos salió del puerto y desapareció. Según los datos dados por testigos, los expertos del Departamento de Biología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria determinaron que podría tratarse de una foca monje por la proximidad de las colonias de focas más cercanas, pero teniendo en cuenta que los avistamientos y varamientos que se dan en Canarias pertenecen a focas de casco y, además, los pocos datos aportados y generalizados por los testigos, no se puede concluir que fuese una foca monje.

Posteriormente, en septiembre de 2001, una foca de casco apareció varada en la playa de El Jablito (Fuerteventura), se encontraba muy debilitada con ausencia de heridas externas. Un segundo ejemplar varado, aparecería a los pocos días en la costa de Güimar (Tenerife). Este ejemplar correspondía también a una foca de casco de corta edad la cual presentaba cortes en el lomo y se encontraba, al igual que la anterior, muy debilitada. Ambas focas lograron recuperarse y fueron trasladadas al parque Loro Parque, para posteriormente ser liberadas al norte de Escocia.

En 2006, hubo tres avistamientos de juveniles de foca de casco: dos avistamientos en El Cotillo, al norte de Fuerteventura (no se sabe si del mismo ejemplar

ya que se dieron en pocos días ambos avistamientos); y otro en La Graciosa, al noroeste de Lanzarote. Este ejemplar se cree que estaba herido, por lo que se hizo un seguimiento desde el mar y posible rescate en el caso de que varara en la costa. Ninguno pudo ser rescatado.

La recuperación de las colonias de foca en las islas es una posibilidad viable y compleja

Con todos estos datos llegamos a las siguientes conclusiones. Se constata la presencia de poblaciones más o menos estables de focas en Canarias, quedando patente su uso como recurso alimenticio por parte de los aborígenes canarios y en los siglos XV y XVI. La extinción de estas poblaciones debió acontecer en torno al siglo XVII, ya que si bien se mencionan en documentación de la época esfuerzos para la pesca de cetáceos, ya no hay referencias a focas (Fig. 8). Actualmente, dado su estado de amenaza, la recuperación de las colonias antiguas de foca monje en las islas es una posibilidad tan real y viable como compleja, ya que conlleva muchos factores y variables (tanto ecológicas como económicas).

Esta recuperación supondría no sólo el aumento de su población, que apenas llega a los 1000 individuos en las colonias que se encuentran en el Mediterráneo y en el Atlántico, sino la reintroducción de un recurso que ya dejaría de ser alimenticio pasando a ser un bien natural con un potencial como atractivo turístico consistente. Por último, la llegada de individuos juveniles de foca de casco a las islas y a zonas de África, las cuales son aguas muy cálidas para estos animales, y que por alguna razón están llegando tan al sur de su hábitat común, hace necesaria la realización de estudios sobre esta especie. En cualquier caso, la situación y problemática de las focas en Canarias merece una reflexión y como se ha intentado mostrar en este trabajo, es un problema que no es nuevo.

Bibliografía

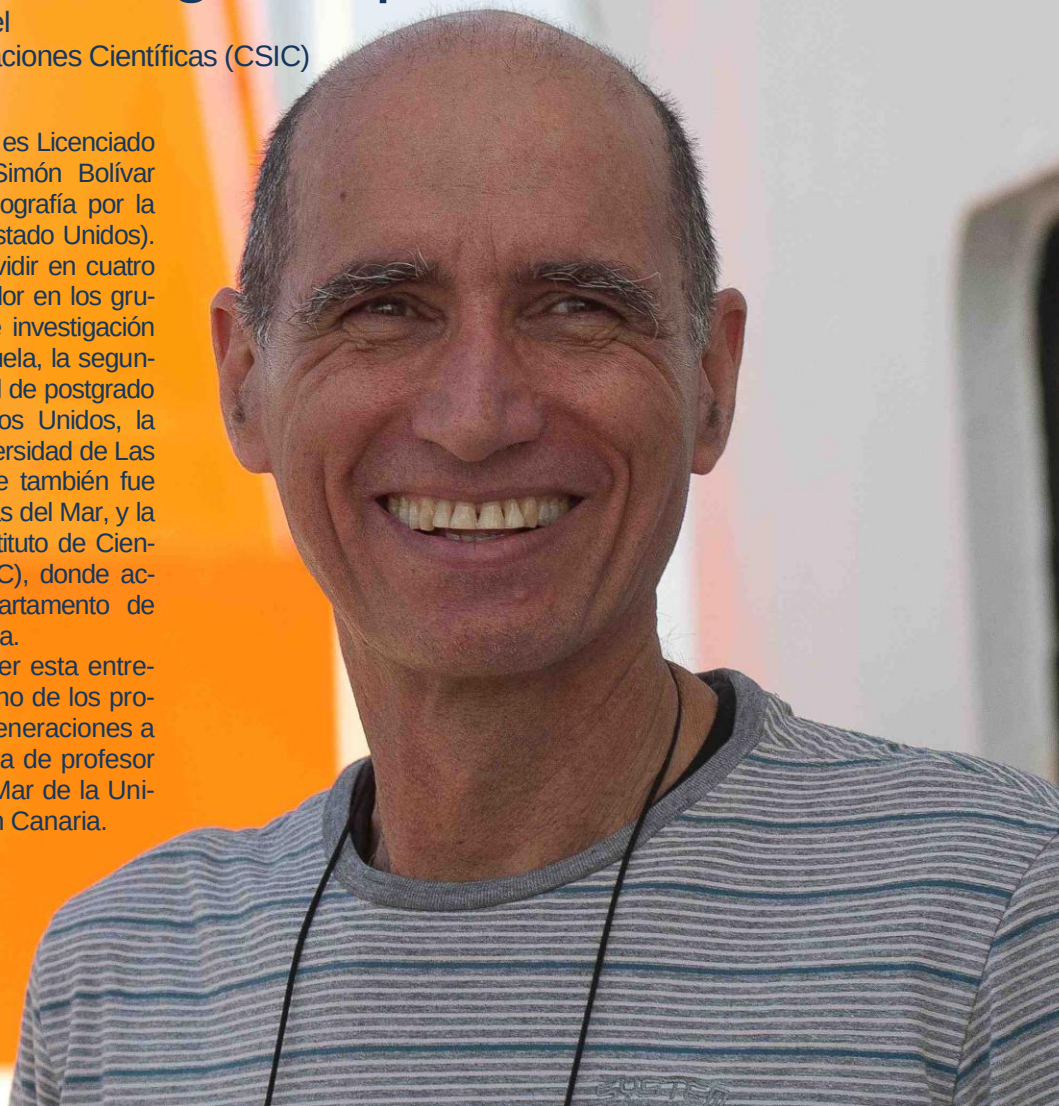
- (1) Meco, J. 1992. Restos óseos de Lobos marinos en la Cueva de Villaverde (Fuerteventura). Cabildo Insular de Fuerteventura. Casa-Museo de Betancuria.
- (2) López-Jurado, L.F., J.G. Barbuzano, S. Hildebrandt. 1995. Viceconsejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria.
- (3) Meliá, J.T. 2014. Las Islas Canarias a través de la Cartografía: Una selección de los mapas más emblemáticos levantados entre 1507 y 1898. Juan Tous Meliá.
- (4) Pallarés-Padilla, A. 2004). X Jornadas de Estudios sobre Lanzarote y Fuerteventura. Tomo II.

Josep Lluís Pelegrí Llopart

Profesor de Investigación en el
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

El Dr. Josep Lluís Pelegrí Llopart es Licenciado en Física por la Universidad Simón Bolívar (Venezuela) y Doctor en Oceanografía por la Universidad de Old Dominion (Estado Unidos). Su vida profesional se puede dividir en cuatro etapas, la primera como trabajador en los grupos costa-afuera de una filial de investigación aplicada de Petróleos de Venezuela, la segunda etapa fue de formación a nivel de postgrado (Master y Doctorado) en Estados Unidos, la tercera como profesor de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, donde también fue decano de la Facultad de Ciencias del Mar, y la última como investigador del Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona (CSIC), donde actualmente es el Jefe del Departamento de Oceanografía Física y Tecnológica.

Para nosotros es un placer hacer esta entrevista al Dr. Pelegrí, porque es uno de los profesores que dejó huella en las generaciones a las que enseñó durante su etapa de profesor de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.



Nos gustaría empezar esta entrevista por el principio. ¿Por qué física? ¿Por qué oceanografía física? Para acercar esta rama de la oceanografía, ¿podrá ponernos ejemplos concretos de aplicaciones de la misma? ¿Por qué estudié física? Creo que no hay una respuesta sencilla. Cuando llegas a la universidad eres muy joven y hay muchas cosas que te gustaría aprender. Creo que yo me incliné por la física porque me pareció que era la carrera que mejor me ayudaría a entender un poco la naturaleza que nos rodea. Era parte de un proceso de búsqueda personal, desde la percepción de que mí ser, aquí y ahora, responde al mundo en el que vivo. Tanto física como espiritualmente yo soy parte de un todo: pensé que el razonamiento físico me ayudaría a comprender ese todo y, por tanto, a mí mismo. Los años me han demostrado que nuestra capacidad de comprensión viene limitada por nuestros sentidos, nuestra naturaleza

física limita nuestra capacidad de aprendizaje. En cualquier caso ha sido y sigue siendo un hermoso camino que estoy contento de haber iniciado y poder seguir recorriendo.

El paso de la física a la oceanografía física fue más sencillo. El énfasis de la carrera que yo cursé en Venezuela era hacia la física teórica, con un enfoque abstracto de los procesos que me costaba reconocer en la naturaleza. Es por eso que quise ir hacia algo más aplicado y los océanos, por su atractivo místico y por ser el componente esencial de la vida en nuestro planeta, parecían la opción más clara. Fue un verdadero descubrimiento, el inicio de una hermosa relación que afortunadamente aún continúa.

La oceanografía física es el estudio del medio físico oceánico, abarcando procesos con escalas espaciales que van desde milímetros hasta miles de kilómetros y escalas temporales que van desde fraccio-



nes de segundos hasta centenares de miles de años. La oceanografía física la podemos pensar como el estudio de la estructura y comportamiento del propio fluido oceánico, con aplicaciones directas en temas como la gestión de costa y la predicción de trayectorias de contaminantes. Sin embargo, la oceanografía adquiere relevancia especial en tanto ese fluido está vivo y constituye el principal componente de la biosfera, afectando a los organismos y sistemas marinos y regulando la distribución de calor, carbono y nutrientes, entre otras propiedades biogeoquímicas fundamentales para la vida que conocemos en la Tierra.

¿Cómo estudió usted la oceanografía física? ¿Y cómo se estudia esta disciplina en España y otros países?

Mi aprendizaje de la oceanografía física fue bastante peculiar. Tras terminar la carrera en 1978 realicé una maestría en oceanografía física en el University College of North Wales, en Bangor, Gales. La maestría consistía en un año de cursos bastante intensos, exámenes y posteriormente una tesina, que

en mi caso versó sobre circulación en estuarios. Al terminarla regresé a Venezuela y trabajé durante un semestre como profesor del Instituto Universitario de Tecnología Marina, localizado en la Isla de Margarita. A continuación me fui a trabajar a la industria petrolera venezolana, donde durante ocho años me dediqué a determinar los parámetros de diseño de estructuras costeras y costa-afuera y también al desarrollo de programas para la predicción de trayectorias de posibles derrames de petróleo. Durante ese tiempo tome cursos de mecánica de fluidos en la Universidad Central de Venezuela y realicé también otra maestría en la Oregon State University, con una tesina sobre un modelo numérico que simulaba los afloramientos costeros. A finales de 1988 renuncié a mi trabajo en Venezuela y comencé el doctorado en oceanografía en la Old Dominion University, bajo la dirección de Gabriel Csandy. Fueron cuatro años de más cursos y la disertación

doctoral sobre la Corriente del Golfo. Me marcó de modo especial el carácter de mi director de tesis, un investigador brillante y al tiempo humano y sencillo, que no solo me orientó científicamente sino que me ayudó muchísimo a madurar como persona e investigador.

En España, el camino más usual para convertirse en oceanógrafo físico es hacer la carrera en Ciencias del Mar y posteriormente realizar un postgrado en oceanografía con el énfasis hacia el estudio del medio físico. Muchos de los excelentes oceanógrafos que tenemos en España han seguido este camino, entre ellos gran parte de los profesores de la Facultad de Ciencias del Mar de la ULPGC. En contraste, en países anglosajones como Gran Bretaña y Estados Unidos, la oceanografía física se estudia casi exclusivamente a nivel de postgrado.

Además, usted es de las pocas personas que ha formado parte de los dos sistemas que principalmente desarrollan ciencia en España, la universidad y un organismo público de investigación. ¿Qué le ha aportado esto a usted?

La investigación que se realiza en la universidad y el CSIC (Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el mayor organismo de investigación del estado) tiene similitudes pero también importantes diferencias. En la universidad tienes una obligación real de dar clases pero suelen haber pocos incentivos para realizar investigación. En el CSIC la situación es la inversa, tienes una obligación de hacer investigación y pocos estímulos para dar clases. Ahora bien, la realidad es que se puede hacer docencia e investigación en ambas instituciones, y se hará mejor o peor (tanto una como la otra) en la medida de tu entusiasmo y dedicación.

Creo que el sistema español es muy rígido al separar radicalmente los centros de investigación de las universidades. Esto no ocurre en países como Francia o Gran Bretaña, donde los centros y universidades están asociados y los investigadores-profesores tienen afiliaciones conjuntas.

La docencia universitaria y la investigación deben ir de la mano. Enseñar no es repetir unos conceptos rígidos e inamovibles. Al contrario, enseñar es cuestionar lo que hemos aprendido continuamente, es una actitud que también constituye la base de la investigación. Yo aprendo mucho cada vez que doy una clase: me permite identificar y reflexionar sobre aquellos temas que no son tan claros como parecen, me obliga a actualizarme continuamente y me enriquezco con las preguntas e ideas que me aportan los alumnos. Esto es lo mismo que hago cuando investigo, bien con mis colegas investigadores o con estudiantes de master o doctorado.



Otro aspecto que merece destacarse es la necesidad de aprender a trabajar en equipo. La investigación puntera implica colaborar, eso lo empezamos a aprender en la universidad y lo seguimos aprendiendo a lo largo de nuestra carrera profesional. Esta colaboración también debe surgir de las clases, si bien es cierto que es muy difícil realizarla cuando el número de alumnos es alto. Realmente esto es lo que me ha motivado a seguir enseñando también durante todos estos años en el Institut de Ciències del Mar de Barcelona.

Como hemos descrito, usted fue decano de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. En aquella época, usted lideró un cambio de plan de estudios de la Licenciatura en Ciencias del Mar. Actualmente, ya existe otro plan de estudios nuevo para adaptar la titulación al sistema europeo de educación superior. ¿Qué opina de la universidad actual? ¿Cree que los cambios en los planes de estudio son una mejora para la formación de los profesionales marinos?

Creo que la enseñanza universitaria en España tiene una deficiencia ideológica que condiciona a cual-

“Estamos empeñados en enseñar conocimiento cuando lo que deberíamos es enseñar actitudes, ilusiones y creatividad y dar las herramientas para que los estudiantes extraigan toda su potencialidad para poner esas cualidades al servicio de su propia formación”.

quier grado, incluidos los planes de ciencias del mar. Desde mi punto de vista el problema viene de que estamos empeñados en enseñar conocimiento cuando lo que deberíamos es enseñar actitudes, ilusiones y creatividad y dar las herramientas para que los estudiantes extraigan toda su potencialidad para poner esas cualidades al servicio de su propia formación. Lamentablemente la universidad española sigue siendo predominantemente un canal unidireccional de exposición de conceptos, desde el profesor hacia el alumno, en lugar de constituirse como espacio de búsqueda, un foro de debate para el aprendizaje activo. La licenciatura y ahora grado en ciencias del mar han heredado mayoritariamente la actitud de aprendizaje pasivo, donde al alumno se le presentan unas ideas que este llanamente está obligado a aceptar.

Desde mi punto de vista esto tiene varios problemas graves: se desmotiva al alumno en lugar de potenciar su creatividad, los conocimientos que se obtienen no están interiorizados, no se incentiva la búsqueda de respuestas originales, no se desarrollan las habilidades de trabajo colaborativo y no se dota al alumno de herramientas vitales para su desarrollo. Tengo la certeza de que el sistema actual deja mucho que desear, después de tantos años de una enseñanza dirigida ya sería hora de un cambio de paradigma en la educación universitaria.

Un tema que es especialmente preocupante es que intentemos impartir a los estudiantes conocimientos especializados y en cambio pueden terminar la carrera con carencias muy importantes en herramientas básicas, como son el razonamiento lógico, el trabajo en grupo, un buen dominio del inglés e incluso una adecuada capacidad de expresarse tanto oralmente como, sobre todo, por escrito. Esto es especialmente grave en cuanto la realidad es que muchos de los estudiantes que finalizan ciencias del mar encuentran su salida profesional en una temática ajena a la carrera que han cursado. Mi experiencia es que el futuro éxito profesional de un

estudiante depende mucho más de estas cualidades, que podemos llamar vitales o emocionales, que de la acumulación de conocimientos básicos.

En España hay cinco facultades de ciencias del mar, numerosos centros de investigación marina, pero aun así los oceanógrafos (o los científicos en general) estamos lejos de la sociedad. ¿A qué cree que es debido esto? ¿Qué debemos cambiar en el perfil y la formación de los licenciados en ciencias del mar para estar más presentes en la sociedad?

Es una pregunta muy pertinente y difícil de responder. Yo empecé a estudiar la oceanografía con la certeza de que era la carrera del futuro, por la importancia que tienen los océanos sobre nuestras vidas. La realidad es que la sociedad no parece haber interiorizado esta relevancia y vive apenas tangencialmente al océano, sin concienciar que el clima actual y futuro de la tierra y la mayor parte de sus recursos futuros se encuentran en los océanos.

Realmente tenemos mucho que cambiar y desarrollar. No sirven las aproximaciones tradicionales, hacen falta profesionales creativos que busquen nuevas formas de relacionarnos con los océanos y de darlos a conocer. Esta creatividad es la que busca Europa en el programa H2020, que reconoce la gran importancia del medio marino. Esta es también una de las principales razones por la cual debemos buscar nuevos caminos de aprendizaje para los estudiantes universitarios, las fórmulas que hemos venido utilizando durante muchas décadas no han funcionado. Por otro lado, este país vive un momento económicamente complicado. Ha habido grandes recortes que han afectado mucho al desarrollo de las actividades científicas, especialmente en el CSIC. ¿Cómo ha afectado esto a su centro? Y en su caso, una persona con tanta proyección internacional, ¿cómo vive esta situación?

Creo que el CSIC no se ha preparado adecuadamente para los cambios que hemos experimentado. El CSIC es una gran agencia de investigación, con gente extraordinariamente preparada que realiza investigación en todos los ámbitos de la ciencia, pero que tiene una tradición de financiación muy bien definida, donde la mayor parte de estos fondos salen de dotaciones propias, recibidas directamente del Estado Español, y de convocatorias competitivas de los programas nacionales de I+D. En la medida que, fruto de las restricciones presupuestarias, la dotación de los programas nacionales se han venido reduciendo, la financiación del CSIC se ha resentido notablemente. A esto le ha acompañado la circunstancia de que la financiación europea progresivamente se ha decantado hacia temáticas aplicadas,

con una importante componente de servicios empresariales, para las cuales el CSIC no está preparado. La Unión Europea argumenta que sólo debe financiar ciencia muy puntual (proramas del European Research Council) y aplicada (programas H2020) y que son los estados los que deben financiar la investigación básica, lo que podría denominarse una financiación basal. Sin embargo, la realidad es que, por un lado, la financiación estatal se ha reducido notablemente y, por otro lado, España tiene la tendencia a copiar continuamente lo que hace Europa, de modo que la ciencia básica recibe un escaso apoyo.

El CSIC, al igual que muchas universidades, no se ha movido de esa investigación básica y las circunstancias actuales le han perjudicado notablemente. Se hace necesario una doble línea de acción: insistir al gobierno de España que es responsable de la financiación basal de la ciencia y diversificar la actuación de los organismos de investigación, para que también sean capaces de realizar investigación aplicada y prestar servicios directos a la sociedad. Es necesario crear políticas que promuevan la investigación privada y que acerquen a las universidades y centros de investigación.

En cuanto a las ciencias marinas, usted lleva realizando actividades científicas por varias décadas. Durante este tiempo hemos vivido un desarrollo muy rápido de la tecnología. ¿Cómo ha influenciado esto en la oceanografía?

El énfasis de la oceanografía Física ha cambiado considerablemente desde mi primer encuentro con esta disciplina a finales de 1978, cuando empecé un postgrado en oceanografía. Esto ha sido el resultado de la progresiva aparición y mejora de instrumentos, sensores remotos, modelos numéricos y bases de datos.

Los instrumentos se revolucionaron cuando empezaron a registrarse internamente los datos, primero en forma de cintas y después como memoria de estado sólido. Los primeros instrumentos se colocaron en anclajes, tales como los correntímetros, pero posteriormente estos se han vuelto más sofisticados y hemos pasado a todo tipo de derivadores instrumentados, perfiladores del programa Argo y planeadores instrumentados (*gliders*). Los sensores remotos (bien en estaciones costeras o especialmente en satélites) también han representado una revolución, permitiéndonos determinar el color, temperatura y salinidad superficial de los océanos, además de los vientos y corrientes en superficie y la altura dinámica de los océanos, entre otras variables. Los modelos numéricos cada vez más potentes, que además asimilan multitud de datos en tiempo casi-real, permiten obtener reanálisis de las condiciones ocea-

nográficas para la mayor parte de los océanos y proporcionan predicciones operacionales a corto plazo y con elevadísima resolución espacial (e.g. una resolución horizontal de $1/12^\circ$ para una ventana de una semana en los modelos que se descargan del Copernicus Marine System).

Otra gran revolución ha sido que prácticamente todos los datos que se obtienen en programas nacionales e internacionales, tanto experimentales como numéricos, se encuentran abiertos a todos los investigadores de forma inmediata o al cabo de un lapso de tiempo prudencial; los grandes programas internacionales, como el programa Argo, basan su fortaleza e importancia precisamente en la disponibilidad inmediata de estos datos para todos los usuarios. De hecho, los servicios de oceanografía operacional utilizan estos datos en sus modelos, de modo que se generan campos tridimensionales del estado de los océanos que son considerablemente realistas. También aquí cabe destacar la transversalidad de los estudios, con modelos acoplados físicos y biogeoquímicos.

Este extraordinario flujo de información hace que los investigadores cada vez tengan menos tiempo para “digerir” los datos y la información, generándose muchos artículos que no representan aportaciones significativas para el avance de la ciencia, con el consiguiente aumento de la información y la dificultad de discernir lo que es realmente relevante. Adicionalmente, también en el sentido negativo, los estudios conceptuales están recibiendo menos énfasis, no porque quede menos por descubrir sobre la dinámica de los océanos, sino porque el flujo de información numérica y de campo es tan extraordinario que el investigador se siente empujado a utilizar las tecnologías avanzadas para analizar todos estos datos, y suele dejar de lado los enfoques encaminados a mejorar la comprensión de los conceptos.

El peligro de todo esto subyace en una realidad incuestionable: los modelos sólo funcionarán adecuadamente en la medida en que los procesos físicos y biogeoquímicos estén bien representados. ¿Cómo sabemos que están bien representados? La respuesta suele ser que eso ocurre cuando se reproduce bien la realidad, es lo que se denomina un modelo calibrado..., pero si el proceso mismo está modificándose, fruto por ejemplo del cambio climático, entonces no hay manera de saber que las predicciones futuras funcionaran. Los modelos están bien calibrados para las condiciones actuales pero si el proceso se modifica, y el modelo no lo representa adecuadamente, entonces la predicción futura fallará. Volvemos a la situación en que se hace nece-

sario comprender el proceso, no basta con simplemente representarlo adecuadamente.

¿Cuál considera que son los nuevos retos en el ámbito de la oceanografía a escala global? ¿Y para España?

La utilización de instrumentos que registren continua y automáticamente el estado de los océanos ha representado un cambio radical en nuestro conocimiento de los océanos. Sin embargo, la resolución temporal y espacial de los datos satelitales es todavía muy limitada, lo que imposibilita detectar movimientos de submesoscala y cerca de la costa (con escalas temporales de días y espaciales de kilómetros o menos), y la cantidad de información que recibimos del océano subsuperficial es todavía muy insuficiente. Por ejemplo, el programa Argo (el mayor programa de medidas de campo actualmente existente) toma unas 100.000 medidas al año de los 2000 m más superficiales de los océanos. Esto hace que una región de $1^\circ \times 1^\circ$ tenga solo unos 3 datos al año en los 2000 m más superficiales y prácticamente ninguno a mayor profundidad.

Pienso que también es necesario que demos un paso atrás y retomemos el camino de la creatividad conceptual, enfoques que no necesariamente incorporen nuevas tecnologías, sino que representen nuevas perspectivas. La interdisciplinariedad tiene mucho que decir en este aspecto. Estoy convencido que es la que puede hacer que la oceanografía de un importante paso cualitativo en nuevas direcciones, de aquí la importancia de formar científicos que tengan una visión transversal e integral del sistema terrestre.

En España estamos en una situación que yo calificaría de sorprendente. Con unos recursos relativamente escasos logramos hacer una contribución bastante significativa a la producción científica internacional. Un proyecto típico del plan Nacional de I+D puede proporcionar una financiación del orden de 20.000 euros anuales por investigador, dinero que debe ser utilizado para compra de material inventariable, contratación de personal y todo tipo de gastos varios. Esto es claramente insuficiente pues la oceanografía es una ciencia experimental muy costosa. Como ejemplo tenemos que un correntímetro puede costar más de 10 mil euros y el salario anual de un titulado superior es de unos 37 mil euros. Esto ilustra claramente las dificultades que tienen los grupos de investigación para desarrollar una actividad puntera en la oceanografía. Además, en España no se ha apostado firmemente por potenciar el sector de apli-





caciones y servicios vinculados a las ciencias marinas. Desarrollar este sector daría grandes frutos en un futuro a mediano y largo plazo, aunque requiere una inversión que el gobierno no parece dispuesto.

La falta de inversión en la oceanografía trae numerosas consecuencias negativas, entre otras que no podemos dar salida profesional a la generación de licenciados y doctores mejor formados en la historia de España. La mayor parte de nuestros doctores tienen muy pocas opciones, viéndose obligados bien a dejar la ciencia (básica o aplicada) o a irse al extranjero, con tenues posibilidades para algún día poder regresar a España.

[¿Podría describir en que proyectos se encuentra actualmente involucrado?](#)

La investigación que realizo se centra sobre todo en la circulación a escala regional y global, aunque también he trabajado y sigo trabajando en el estudio de procesos de mezcla y en la importancia de la física sobre el ecosistema marino. El número de temáticas es muy amplio pero, a modo de ejemplo, este año he trabajado con la circulación en la plataforma del Mar Catalán, la salida de agua mediterránea en el Golfo de Cádiz, el afloramiento en el noroeste africano, la región del mínimo de oxígeno en el Atlántico Norte tropical, el sistema de corrientes zonales en el Atlántico tropical, la región de Confluencia de Brasil-Malvinas y la circulación superficial e intermedia en el Océano Atlántico Sur. Todos estos trabajos los realizo en colaboración con un excelente grupo de investigadores de diversos centros españoles y extranjeros, que incluyen la Facultad de Ciencias del Mar de la ULPGC y, obviamente, mis actuales compañeros del Institut de Ciències del Mar de Barcelona.

Otra temática que me interesa mucho es comprender el comportamiento fisiológico del océano vivo. Es un sistema que, al igual que todos los seres

vivos, presenta unos patrones espaciales y temporales que optimizan la captación, distribución y transformación de la energía solar. Las corrientes oceánicas son el sistema circulatorio de este ser, responsables de distribuir energía y nutrientes a todos los órganos del sistema, con un corazón en altas latitudes (la formación de aguas profundas) y sistemas que ayudan al retorno de las aguas superficiales hacia la superficie (los vientos superficiales).

[De su etapa en Canarias, ¿cuáles son los recuerdos que guarda?](#)

Guardo muchos recuerdos bonitos. Creo que el más importante es el que me llevé dentro del corazón después de 10 años de dar clases en la Facultad de Ciencias del Mar, con excelentes compañeros y unos alumnos maravillosos, gente buena y muy motivada por todo lo que tenía que ver con el mar. Fue un proceso de crecimiento conjunto, con errores y aciertos pero, sobre todo, con buenas sensaciones y disfrutando del viaje. Mantengo contacto con muchos de ellos, especialmente con aquellos que han continuado su camino profesional en el mundo de la oceanografía. En Canarias tuve mi primer contacto real con la oceanografía española, con la oportunidad de trabajar y compartir muchos otros momentos con un grupo entusiasta de jóvenes oceanógrafos, compañeros y amigos universitarios.

También recuerdo muchos momentos y sensaciones hermosas, paseos dentro de Gran Canaria y entre las islas, conociendo y aprendiendo de gente amable y generosa, y disfrutando de hermosos rincones de la naturaleza. En Gran Canaria crecieron mis dos hijas, una de ellas se casó y vive en Tenerife y la otra ahora trabaja en Estados Unidos con su novio grancanario. Canarias me ayudó mucho a crecer como persona, le estoy eternamente agradecido y la guardo con ternura en mi corazón.

Radiación Sincrotrón

¿Qué es y qué puede aportar a la oceanografía?

Álvaro Muñoz Noval¹ y Aridane G. González²

¹ Universidad de Hiroshima, Higashi-Hiroshima, Japón.

² Universidad de Bretaña Occidental, Francia

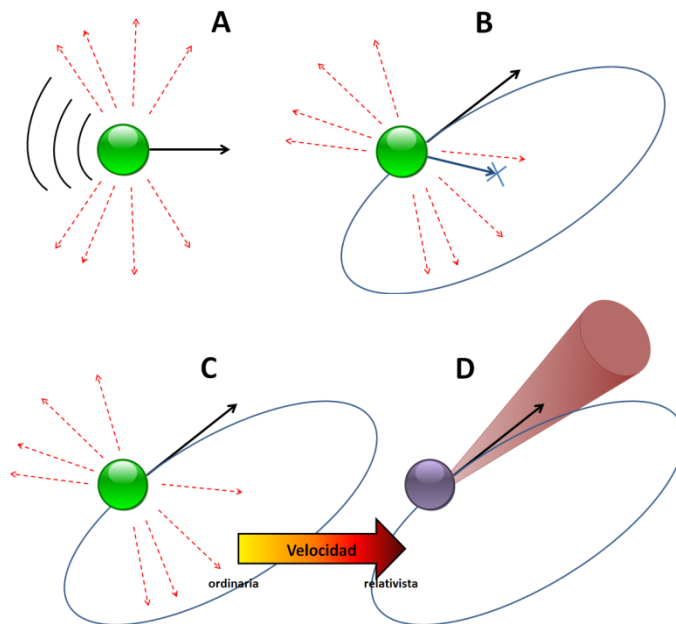
Una nueva técnica analítica

El conocimiento que hoy en día se tiene de una gran cantidad de procesos y fenómenos naturales se basa tanto en la observación detallada como en el análisis riguroso. En el caso de las ciencias ambientales, las técnicas de análisis químico han servido tanto para detectar y evaluar la presencia de especies químicas como para cuantificarlas, permitiendo el desarrollo de modelos y mejorar la imagen completa de los ecosistemas a distintas escalas.

El desarrollo de nuevas técnicas analíticas y el aumento de su sensibilidad permiten que cada vez sea posible observar fenómenos más sutiles y con mucha mayor precisión. En general, para analizar un sistema es necesario introducir algo en él (un estímulo como la luz) y observar su respuesta. La luz, tanto en el espectro visible como en el que no podemos ver, está compuesta de fotones, partículas elementales que median las interacciones electromagnéticas. Los fotones se pueden describir por un único parámetro, su frecuencia. La frecuencia del fotón está relacionada con su longitud de onda y su energía y determinará si es visible por el ojo (y su color), o si pertenece a otro rango del espectro electromagnético (desde el infrarrojo hasta el los Rayos X, Gamma y cósmicos).

De todo el espectro electromagnético, cada frecuencia (energía) de los fotones permite estudiar fenómenos físicos concretos, que implican escalas similares a la longitud de onda de los fotones que se utilizan para su estudio. Así, en el caso concreto de los Rayos X, las longitudes de onda de los fotones en este rango están comprendidas entre algunos nanómetros y las centésimas de nm, lo que permite observar fenómenos a escala subatómica.

Si en un microscopio en lugar de luz visible utilizara Rayos X, seríamos capaces de observar fenómenos que ocurren en el interior de los átomos. El problema viene de cómo generar una cantidad suficiente de Rayos X para poder fabricar un microscopio de este tipo. Es aquí cuando se investiga y desarrollan fuentes de Rayos X que permiten estos estudios, y la mejor forma que a día de hoy conocemos es mediante sincrotrones y el tipo de radiación que se genera en



estas instalaciones, conocida como radiación sincrotrón (que no está limitada a Rayos X, como veremos más adelante).

¿Qué es la radiación sincrotrón?

Una partícula cargada sometida a una aceleración, genera como respuesta radiación electromagnética. Ésta es una ley básica de la física. Como se mencionó antes, cuando hablamos de radiación electromagnética hablamos de fotones. La energía del fotón emitido (su longitud de onda) depende de la aceleración a la que es sometida la partícula cargada, pero una partícula cargada acelerada emite fotones con distintas energías, y es esto lo que se denomina espectro electromagnético.

Pongamos, por ejemplo un electrón, y acelerémosle (sometido a algún tipo de fuerza, gravitatoria o electromagnética, por ejemplo) para que emita radiación. La aceleración podemos ejercerla también si ponemos a girar el electrón en una órbita cerrada, por ejemplo en una órbita circular, dado que está sometido a una aceleración (centrípeta) y, en este caso, también emitirá radiación. En este segundo caso, es mucho más fácil confinar al electrón y aprovechar la radiación que emite de forma productiva. Pero para poder hacerlo necesitamos muchos, muchos electrones y acelerarlos a velocidades altísimas (Fig. 1).

Un electrón libre en la atmósfera tiene una alta probabilidad de ser absorbido por cualquier molécula desaprensiva, lo que hace que sea importante tener a esos electrones a buen recaudo y libres de una atmósfera con gases con los que puedan chocar y ser absorbidos.

← Figura 1. Una partícula cargada cuando se acelera emite radiación electromagnética y ésta se producirá tanto cuando la partícula se acelera linealmente (A), como cuando es acelerada centrípetamente en una trayectoria circular (B).

← Figura 2. Una partícula cargada en una trayectoria circular emite radiación en prácticamente todas las direcciones si se mueve a velocidades ordinarias (C), pero cuando la partícula viaja a velocidades cercanas a la de la luz, denominadas velocidades relativistas, la radiación se concentra en cono en la dirección de avance de la partícula (D).

¿Qué ocurre si lo hacemos girar casi a la velocidad de la luz en nuestro círculo de confinamiento? Entonces el electrón en estas circunstancias emitirá radiación con unas características muy especiales. Entre otras, las que nos interesan son: i) que la energía de la radiación será principalmente del rango de los Rayos X (aunque emitirá un espectro bastante amplio), y ii) que la radiación emitida se concentra siguiendo un cono de radiación, tangente a la órbita del electrón, de forma similar a la forma de la luz emitida por una linterna o los faros de un coche (Fig. 2). Si cumplimos estos requisitos hemos generado radiación sincrotrón.

Una Instalación de Radiación Sincrotrón

Hacer que un electrón gire a una velocidad tan alta no es tarea nada fácil. Mucho menos cuando juntas muchos electrones (hablamos del orden de un 1 con 18 ceros detrás), sabiendo que a los objetos con carga no les gusta estar pegados a cosas con su misma carga. Si añadimos a eso que un electrón libre en la atmósfera tiene una alta probabilidad de ser absorbido por cualquier molécula desaprensiva, hace que sea importante tener a esos electrones a buen recaudo y libres de una atmósfera con gases con los que puedan chocar y ser absorbidos. Este último problema se resuelve confinando a los electrones en tubos de vacío, con casi tan poca densidad de moléculas como el vacío espacial.

Pero, ¿cómo hacemos girar los electrones? ¿Y cómo hacemos que se mantengan unidos? La clave aquí está en el electromagnetismo: podemos hacer

que las partículas cargadas se muevan como queramos aplicando campos magnéticos de forma precisa.

Por un lado, queremos que las partículas se mantengan en trayectoria circular. Esto lo conseguimos aplicando un campo magnético con dirección perpendicular a la dirección de movimiento. La partícula se moverá en el plano perpendicular a la dirección del campo. Pero no todo es tan fácil, ya que si queremos que la partícula siga una trayectoria circular perfecta necesitaríamos infinitos imanes para que el electrón describiese una circunferencia perfecta. Claro, esto no es posible, pero la solución que se ha encontrado es muy ingeniosa y consiste en hacer que el electrón siga una trayectoria casi-circular. Si unimos muchas secciones rectas, a su vez unidas por sus vértices y en cada vértice colocamos un imán que corrija la trayectoria del electrón, podemos hacer que nuestro haz de carga viaje por nuestro polígono de manera indefinida. De hecho esto es lo que se hace cuando se construye un gran sincrotrón: se fabrica un polígono (suelen tener del orden de varias decenas de secciones rectas) y en cada vértice se coloca un imán rectificador, llamado de forma literal "Imán doblador".

Es precisamente en estos puntos donde la trayectoria de los electrones es corregida en los que la emisión de radiación es altísima. El tipo de fotones (su frecuencia o longitud de onda) dependen del diseño y especificaciones del sincrotrón, pero van desde los infrarrojos hasta el límite con los rayos gamma. Este gigantesco polígono casi-circular es lo que se conoce comúnmente como anillo de confinamiento (de electrones).

Otro asunto que técnicamente tiene mucha importancia es como confinar los electrones en un espacio lo suficientemente pequeño. Esto tiene una gran relevancia en la calidad de la radiación emitida, ya que el conseguir que el haz sea pequeño y coherente (que los electrones tengan velocidades parecidas y no se muevan demasiado dentro del haz) tiene incidencia directa en el tamaño del haz de fotones y en la calidad de la radiación que emiten. Esto se consigue también con imanes, pero su funcionamiento en detalle excede el propósito de esta introducción. Sin más detalles diremos que se utilizan unos imanes que funcionan como lentes y mantienen confinadas los electrones.

En una instalación sincrotrón se aprovecha la radiación emitida para gran cantidad de propósitos. Sin embargo, para poder aprovechar realmente la radiación que se obtiene del anillo es necesario tratar previamente la radiación en bruto, en función del tipo de experimento o aplicación que se quieran dar. Por ejemplo, en muchos casos el haz debe ser reducido

en tamaño, por lo que hay que focalizarlo en áreas muy pequeñas, como si usásemos una lupa. En otros casos, es posible que de todas las frecuencias del espectro de radiación sólo nos interese una o, que además, queramos poder variarla ligeramente a lo largo del experimento. Si pensamos en un símil con luz blanca, por ejemplo usaríamos un prisma para separar la luz en colores, quedándonos con la luz del color (frecuencia) que nos interesase.

Pero los Rayos X son más complicados que la luz visible, y en vez de lentes y prismas tenemos que valernos de cristales, que son materiales con su estructura atómica perfectamente ordenada (se puede decir que, en general, un grano de sal es un cristal, pero el vidrio de un vaso no. Los átomos en un caso están ordenados de forma periódica (sal) y en el otro no, ya que el vidrio tiene estructura amorfa). La longitud de onda de los Rayos X es tan pequeña, que la única manera de “domar” a estos fotones es utilizar una red con el tamiz tan pequeño como su longitud de onda. Es cómo se comporta la luz al atravesar un tamiz que en estas condiciones está descrita por la Ley de Bragg¹ (que en su momento les valió un Premio Nobel a padre e hijo en 1915), y conociéndola nos permite diseñar instrumentos ópticos para los Rayos X. Por tanto, en los sincrotrones se utilizan cristales para adecuar la radiación en bruto que sale del anillo al experimento que deseamos realizar.

Instalaciones disponibles

Hoy en día existe un gran número de fuentes de luz sincrotrón. En Europa hay, hasta la fecha más de diez instalaciones operativas o en trámites de serlo. En España tenemos una instalación propia en Barcelona (ALBA) y compartimos uso en la gran instalación Europea en Grenoble (European Synchrotron Radiation Facility, ESRF), en la que de hecho tenemos una línea de explotación propia, la BM25-Spline².

La construcción de las grandes instalaciones sincrotrón de tercera generación (las actualmente más extendidas) se comenzó en la década de 1980 y 1990, con los proyectos Spring-8 (Hyogo, Japón), APS (Illinois, EEUU) y el ESRF (Grenoble, Francia) (Fig. 3). Adicionalmente, la mayor parte de los países con economías emergentes o recientemente consolidadas con un sector industrial potente poseen sus instalaciones: China, Corea del Sur, Polonia, Brasil, etc. Esto pone en evidencia que este tipo de instalaciones y la ciencia que se hace en ellas tienen una gran relevancia en el desarrollo científico, tecnológico y económico de un país.

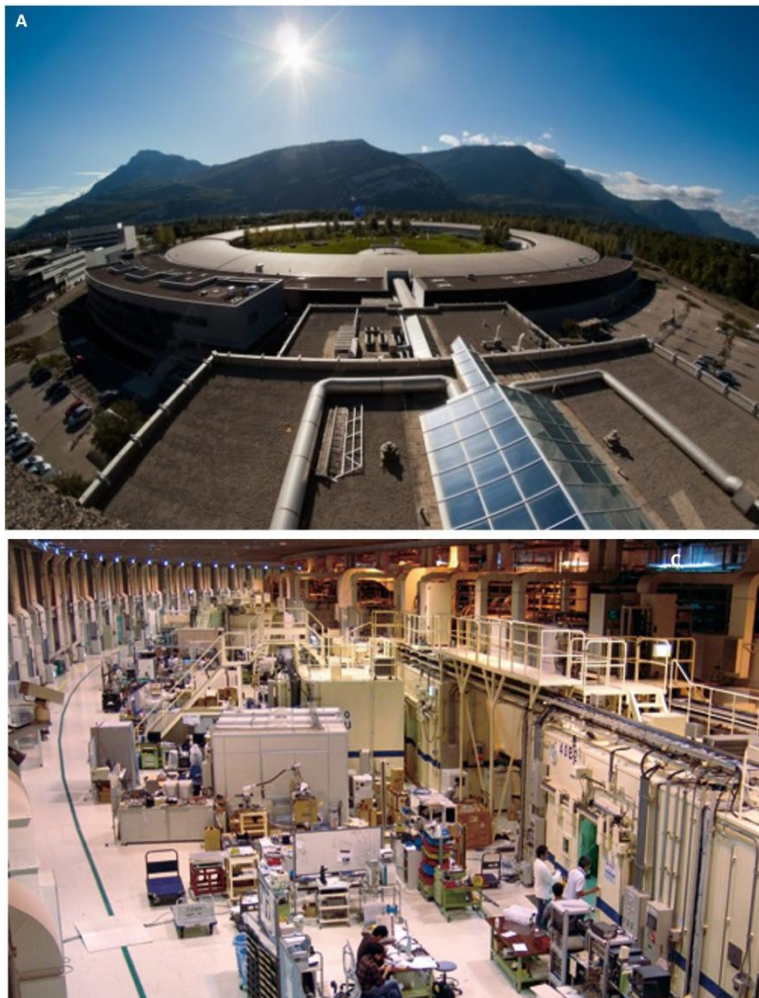


Figura 3. Algunos ejemplos de las mayores instalaciones a lo largo del mundo: A) Instalación Europea de Luz Sincrotrón (ESRF en sus siglas en inglés en Grenoble, Francia), B) Fuente Avanzada de Luz Sincrotrón (APS, Illinois, EEUU), C) Súper anillo de luz sincrotrón (Spring-8, Hyogo, Japón) y D) Sincrotrón ALBA (Cerdanyola del Vallés, España).^{2,3,4,5}

Actualmente se trabaja en el desarrollo de las nuevas fuentes sincrotrón, denominadas de cuarta generación, en las que en lugar de fabricar un anillo de confinamiento para los electrones se acelera a los electrones en una trayectoria en zig-zag y con una única dirección. Son los llamados “Láseres de electrones libres” y tienen intensidades de radiación decenas de miles de veces mayores que los sincrotrones convencionales. En cualquier caso, a día de hoy los sincrotrones de tercera generación son con mucha diferencia los más demandados.

Técnicas analíticas más demandadas: ¿para qué sirven? ¿Qué puede aportar el estudio de la especiación química en Oceanografía?

Hay infinidad de experimentos que pueden realizarse en una instalación sincrotrón. En general, en las grandes instalaciones cada estación experimental de la que parte la radiación se especializa en un tipo de técnica experimental, incluso a veces en experimentos en condiciones muy específicas.



En función del tipo de experimento es necesario acomodar el haz bruto que parte del anillo para que el experimento pueda ser realizado. Como hemos comentado antes, por ejemplo el tamaño del haz puede ser interesante hacerlo tan pequeño como sea posible, del orden de micras, sin perder los valiosos fotones que emite en anillo. Esto se consigue al dirigir el haz, como si usásemos una lupa para focalizar la luz solar. O bien es posible que se desee usar una frecuencia determinada. Todo esto depende de lo que queremos estudiar, que tipo de fenómeno, tipo de espécimen o muestra.

La radiación sincrotrón permite realizar experimentos con una sensibilidad no alcanzable por otras técnicas, además de permitir seleccionar la radiación que se desea utilizar para excitar el sistema. Existen infinidad de técnicas analíticas disponibles en una instalación de este tipo, así que mencionaremos algunas de las que consideramos más interesantes para el estudio de las ciencias ambientales y en concreto de la oceanografía.

Por ejemplo, para el análisis y detección de elementos, especialmente de elementos traza, existen gran cantidad de técnicas muy especializadas, pero las más extendidas son la fluorescencia de Rayos X y

la espectroscopia de absorción de estructura fina de Rayos X. Con la primera es posible detectar la presencia de elementos con una altísima sensibilidad y cuantificarlos hasta llegar al orden de femto gramo (quince decimales de gramo). Además, es posible realizar mapas composicionales en muestras, tanto en dos como en tres dimensiones, con resoluciones espaciales por debajo de la micra. La figura 4 muestra un mapa de distribución elemental en una porción de coral del mar de Japón⁶, identificando distintos elementos y su disposición espacial en la muestra.

La espectroscopia de absorción (de estructura fina) de Rayos X es una técnica muy relacionada con la fluorescencia de Rayos X y con una sensibilidad equiparable. Esta técnica nos permite estudiar la especiación química elemento por elemento, es decir, el estado químico de uno y cada uno de los elementos. Con ella es también posible realizar mapas químicos de muestras físicas. Se puede estudiar la estructura cristalina de los compuestos mediante difracción de Rayos X, aplicando la mencionada Ley de Bragg, por ejemplo en muestras sólidas: conchas, esqueletos, diatomeas, etc. Adicionalmente es posible estudiar materiales no cristalinos por otras técnicas, incluso proteínas y macromoléculas para analizar su estructura (mediante difracción de macromoléculas).

En otros casos podemos estar interesados en estudiar el tamaño, estructura y distribución de micro y nano estructuras, como por ejemplo de nano partículas presentes en algún organismo acuático o en un sustrato (Fig. 4). Para ello, existen técnicas específicas, como la dispersión de Rayos X de ángulo pequeño, etc. En general como se ve, lo que permiten los Rayos X es observar estructuras y concentraciones muy, muy pequeñas, del orden atómico. Por eso es por lo que muchas veces se utiliza el símil de que un sincrotrón es un microscopio gigante para ver lo muy pequeño.

Una de las aplicaciones más llamativas de la luz sincrotrón es la imagen de Rayos X y la recientemente desarrollada tomografía de Rayos X, que permiten tomar imágenes espaciales con resolución no equiparable con ninguna otra técnica (Fig. 5). De esta manera se obtienen imágenes de distribución de los elementos tanto en dos como en tres dimensiones. La imagen de la figura 5 corresponde a una tomografía de Rayos X de la que se ha extraído la señal de cada elemento, con lo que se ha obtenido un mapa tridimensional de la distribución de elementos en el cuerpo de una diatomea. Este tipo de estudios permite, por ejemplo, estudiar la acumulación de contaminantes en organismos sensibles dentro de sus ecosistemas.

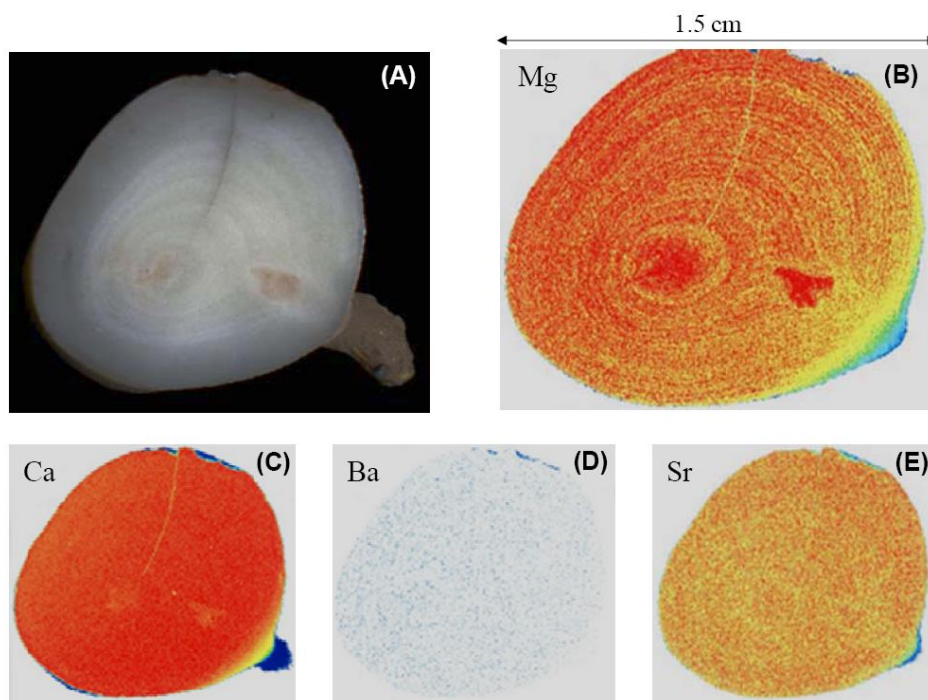


Figura 4. Imagen de microscopía y mapa elemental en un esqueleto de coral del mar de Japón. Las distintas imágenes muestran la distribución de cada elemento en el cuerpo del esqueleto (extraído de Hasegawa y colaboradores⁶).

A veces saber la distribución elemental no es suficiente, sino que es necesario ir más allá y conocer el estado químico de los elementos o su estructura. Recientemente se han desarrollado técnicas más complejas que permiten realizar espectroscopia de absorción de Rayos X o difracción en regiones del orden de micras e incluso cientos de nanómetros. Esto permite, en los mejores casos, realizar mapas a partir de los espectros punto por punto e identificar el estado químico dentro de la muestra (por ejemplo, de los acúmulos debidos a contaminación dentro del cuerpo de organismos). Gracias a esto se puede determinar la distribución espacial no sólo elemental, sino de las especies presentes en una muestra e incluso de su micro estructura.

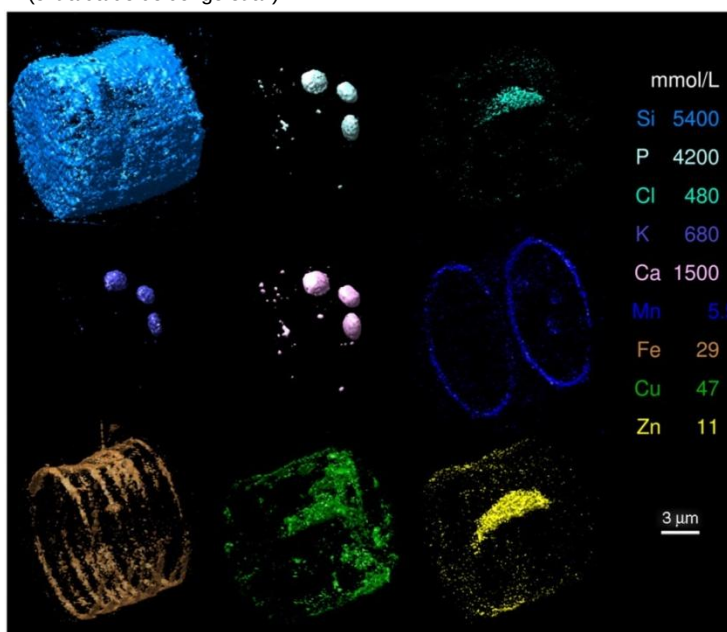
No podemos hacer una descripción exhaustiva de todas las técnicas y aplicaciones de la radiación sincrotrón dentro del campo de la Oceanografía. La cantidad de técnicas y estudios es inabarcable si no se trabaja específicamente en ello. Sin embargo, esperamos que este texto haya servido como introducción a las personas más curiosas y que dé pie a que mucha gente se interese un poco más por el aspecto analítico de la Oceanografía.

Bibliografía

- (1) <http://www.eserc.stonybrook.edu/ProjectJava/Bragg/>
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/bragg.html>
- (2) www.aps.anl.gov
- (3) www.esrf.eu
- (4) www.spring8.or.jp
- (5) www.cells.es
- (6) Hasegawa et al. 2013. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 32:1-5
de Jonge, M.D. et al. 2010. PNAS, 107(36):15676-15680
- (7) <http://www.esrf.eu/UsersAndScience/Experiments/CRG/BM25>

No podemos hacer una descripción exhaustiva de todas las técnicas y aplicaciones de la radiación sincrotrón dentro del campo de la Oceanografía. La cantidad de técnicas y estudios es inabarcable si no se trabaja específicamente en ello.

Figura 5. Distribución elemental en el cuerpo de una diatomea de agua dulce (*Cyclotella meneghiniana*) obtenida por tomografía de fluorescencia de Rayos X (extraída de de Jonge et al.)⁷.



Okeanos de fotos

Teodoro Lucas Corrales (Teo Lucas). Profesor de Educación Física y presidente de la Asociación Gigante Azul. Fotografía la naturaleza en general, pero su pasión son los cetáceos. Desde hace 20 años se dedica a la divulgación del conocimiento del comportamiento y diversidad de los cetáceos en aguas del Archipiélago Canario. Para obtener sus fotografías utiliza un equipo Nikon D300 con un objetivo 10-17 mm con carcasa Sea&Sea, y otra cámara Nikon D300s con un objetivo 70-200 mm 2.8.



1



2





5



6



7

Fotos:
 1 y 2. Calderones tropicales.
 3 y 4. Delfines comunes.
 5. Delfín mular comiendo trompeteros.
 6. Pareja de calderones tropicales.
 7. Delfines de diente rugoso.

El rey de los arenques



Figura 1. Miembros de la marina estadounidense muestran un rey de los arenques de 7 metros y 140 kg capturado en la Bahía de San Diego (California, EE.UU.) en 1996. (Leo Smith - http://www.navy.mil/ah_online/archpdf/ah199704.pdf).



Figura 2. Representación de una serpiente marina procedente de un detalle de la Carta Marina de Olaus Magnus de 1555.

El pez remo gigante (*Regalecus glesne*), también llamado el Rey de los arenques, es el pez óseo más largo que se conoce, alcanzando una longitud de 11 metros y 272 kg, aunque se han descrito ejemplares de hasta 17 metros. El tamaño más frecuente ronda los 3 metros de longitud (Fig. 1). Tiene un cuerpo muy alargado y acintado y, posiblemente, su avistamiento en el mar diera lugar a las múltiples leyendas de serpientes marinas en la Edad Media (Fig. 2), recogidas en la Historia Natural de Noruega Erik Pontoppidan, arzobispo de Bergen, o en la carta náutica de Olaus Magnus, así como a los *ketos* de la mitología griega representada en multitud de cerámica (Fig. 3). El nombre de Rey de los arenques se debe a los radios a modo de corona que tiene en la cabeza y a que, al avistarlos cerca de cardúmenes de arenques, los pescadores noruegos y daneses pensaban que actuaban como sus guías. También le suponían la capacidad de alejar a estos bancos de arenques de los caladeros como castigo por molestarles o cazarles.

Este pez fue descrito por primera vez por Pete Ascanius, en 1772, incluyéndolo en el género *Re-*

galecus que significa "perteneciente al rey", mientras que el apelativo de *glesne* procede del nombre de una granja en Glesvær (cerca de Bergen, Noruega) donde se encontró el espécimen.

Su forma corporal es parecida a una cinta, con una aleta dorsal en toda su longitud. Los radios de la cabeza se alargan formando una cresta roja distintiva (Fig. 4). Las aletas pectorales son regordetas mientras que las aletas pélvicas son largas, de una sola raya, y que recuerda a un remo en forma, de ahí también su nombre de pez remo. Su cabeza es pequeña, con la mandíbula protrusible y no tiene dientes.

Los órganos de este pez gigante se concentran muy cerca de la cabeza, lo que posiblemente les permite sobrevivir a la pérdida de grandes porciones del cuerpo. Se ha constatado que poseen la capacidad de auto-amputación (autotomía) de la parte posterior del cuerpo, a partir del abdomen, que no se regeneran. Este proceso puede ocurrir varias veces durante su vida, ya que se han observado a algunos ejemplares de más de 1,5 m de largo con los cuerpos acortados por autotomía, con un muñón curado, y que no parecen ser resultado de mordeduras de tiburones. La piel no tiene escamas y es de color plateado con rayas, puntos o manchas de color negro o gris oscuro, y un brillo azulado o marrón en la cabeza. Sus aletas, incluyendo la larga aleta dorsal y la cresta, son de color rojo.

Se conoce muy poco sobre su biología, ecología y comportamiento, aunque está presente en todos los océanos, excepto en las regiones polares. Se distribuye por aguas pelágicas y se cree que realiza migraciones siguiendo a su alimento, que son fundamentalmente organismos mesopelágicos, como



Figura 3. Perseo matando a Keto (Ceto), representado en una cratera griega (530-520 a.C.), que había sido enviado por Poseidón para destruir el reino de Etiopía.

eufausiáceos, pequeños crustáceos, pero también de pequeños peces, medusas y calamares. Aunque se le ha encontrado hasta 72°N y 52°S, es más común en las zonas tropicales de los océanos templados. Se cree que habitan principalmente la capa mesopelágica, entre los 20 y 1.000 metros de profundidad. A menudo se les observan solitarios en áreas oceánicas, suspendidos verticalmente con la cabeza erguida, con los radios de la aleta dorsal generalmente extendidos hacia arriba, mientras que los de las aletas pélvicas se extienden en sentido horizontal hacia fuera y lejos del cuerpo. Se piensa que los grandes adultos se pueden suicidar al varar en las playas (Figs. 5 y 6), aunque estos fenómenos pueden estar vinculado a determinados procesos oceanográficos durante ciertos periodos del año.

No es una especie con interés pesquero, aunque ocasionalmente forma parte del descarte de algunas pesquerías comerciales. Su carne no es muy apreciada por carecer de sabor y resultar poco apetitosa. La falta de información sobre su biología y captura no permiten establecer el estatus en el que se encuentran sus poblaciones.

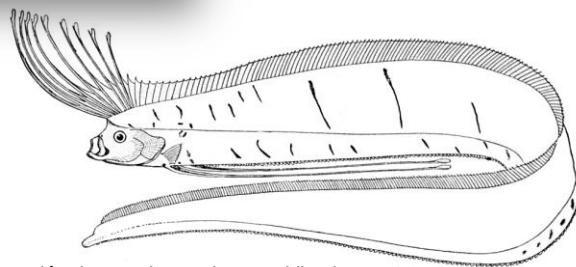


Figura 4. Ilustración de *Regalecus glesne* publicada en 1895 por G.B. Goode y T.H. Bean en "Oceanic Ichthyology: A Treatise on the Deep-Sea and Pelagic Fishes of the World."

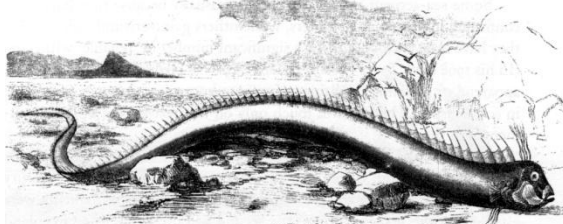


Figura 5. Ilustración de un Rey de los arenques, de 4,8 m de longitud, varado en una playa de Bermuda en 1860. Inicialmente se describió como una serpiente marina (Extraído de Ellis, R. 1994. *Masters of the Sea*. Robert Hale Ltd.).

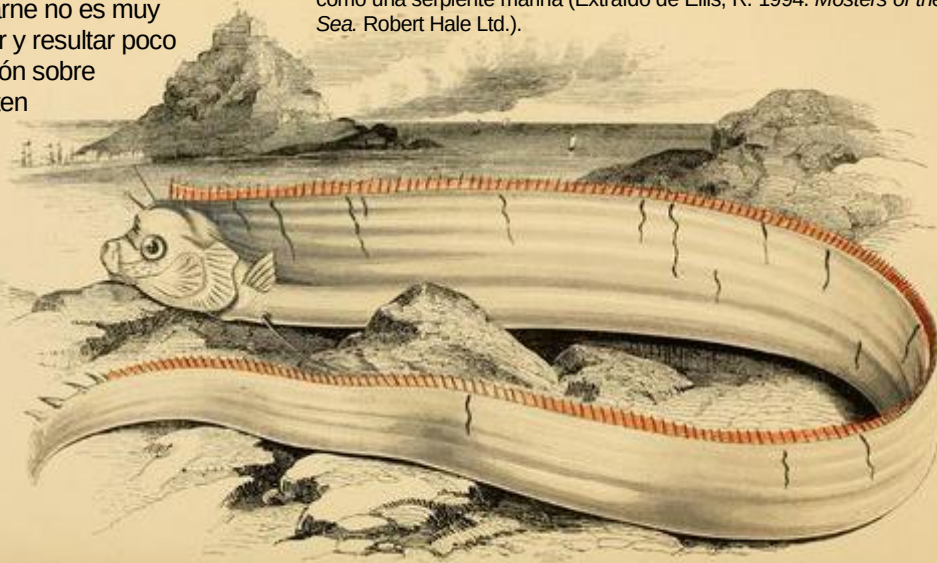


Figura 6. Ilustración de J. Couch y A.F. Lydon, en *A history of the fishes of the British Islands*, publicado por London, Groombridge & Sons, 1862-65 (biodiversitylibrary.org/page/13366676). Ejemplar que apareció varado en la costa de Cornwall (Inglaterra) en febrero de 1798.

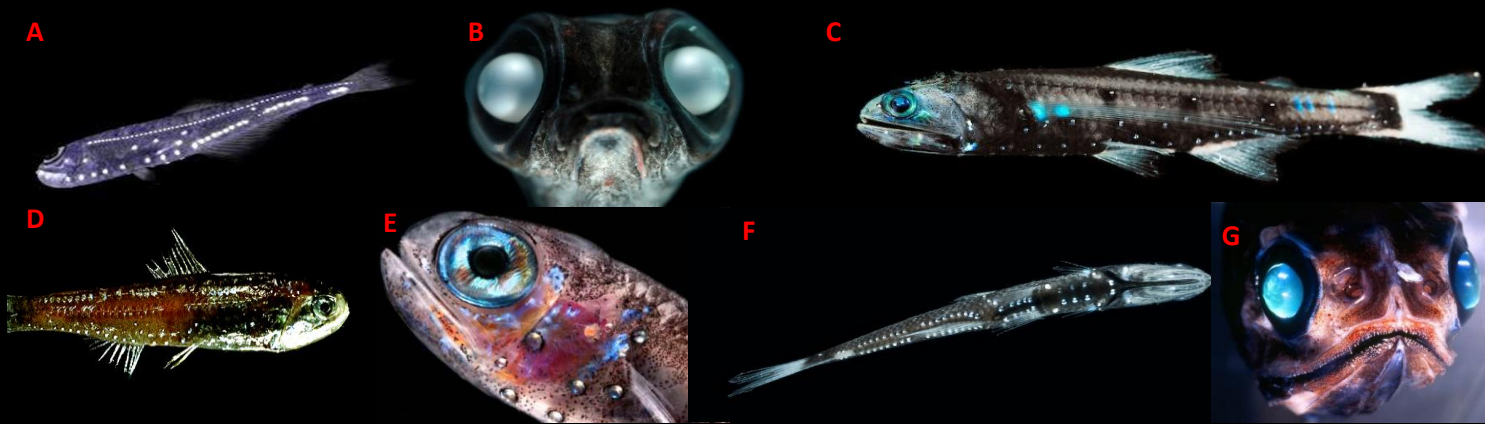


Figura 1. Imágenes de peces de la familia Myctophidae, Bathylagidae. A) *Symbolophorus barnardi*, B) *Bathylagus antarcticus*, C) *Lepidophanes guentheri*, D) *Lobianchia doleini*, E) Myctophidae, F) *Notoscopelus bolini*, G) Myctophidae.

La Capa de Dispersión Profunda y la acústica pesquera

Airam Sarmiento Lezcano

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos. Islas Canarias, España

La acústica al servicio de la pesca

El uso de las ecosondas y sonares multifrecuencias en la investigación pesquera ha permitido evaluar los recursos pesqueros de grandes extensiones de los océanos en intervalos cortos de tiempo, distinguiendo la presencia de las especies objetivo y calculando sus biomásas, con el apoyo de pescas simultáneas para relacionar las intensidades de los ecos detectados con las características biológicas de las diferentes especies¹.

La hidroacústica es una herramienta que utiliza el sonido y sus propiedades para estudiar los organismos presentes en la columna de agua. Las ecosondas y sónares emiten sonido de alta frecuencia, que al chocar con los organismos marinos generan ecos que los transductores de estos equipos convierten en imágenes denominadas ecogramas (Fig. 2). Y, a partir de aquí, estimar biomásas, índices de abundancia y zonas de distribución de las diferentes especies.

La detección de las distintas especies con los equipos hidroacústicos se basa en la diferencia de densidad que su estructura corporal presente frente a

la del medio acuático en el que viven, y ésta se centra fundamentalmente en la presencia de cavidades llenas de gases, como la vejiga natatoria de los peces (Fig. 3) o las vesículas de gas de los sifonóforos. También la presencia de microburbujas disueltas en el agua, tras una tormenta, son causantes de resonancia acústica en el océano, lo que en sí mismo puede ser una fuente de error importante en las estimaciones de la biomasa de peces. Por ello, en los últimos años, la investigación en este campo se basa en la búsqueda de filtros acústicos con el objetivo de minimizar aquellos ecos que conducen al error.

La capa de dispersión profunda y la pesca del futuro

La acústica ha permitido caracterizar lo que se conoce como Capa de Dispersión Profunda o DSL en sus siglas inglesas (Deep Scattering Layer). Ésta es una capa formada por multitud de organismos mesopelágicos y constituye una de las zonas del planeta más extensas donde se concentra una gran biomasa. Debido a que muchas especies de los diversos grupos de animales de esta capa realizan migraciones verticales diarias, tanto de día como de noche, la gran parte de la biota que componen la DSL durante la noche se concentran en zonas epipelágicas

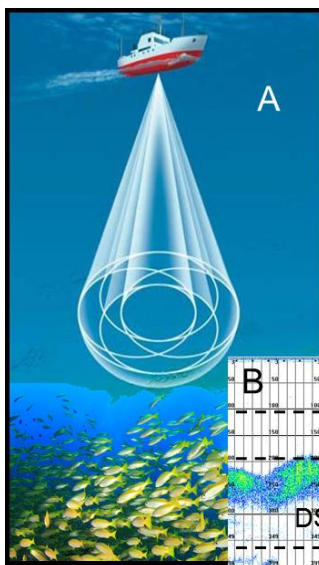
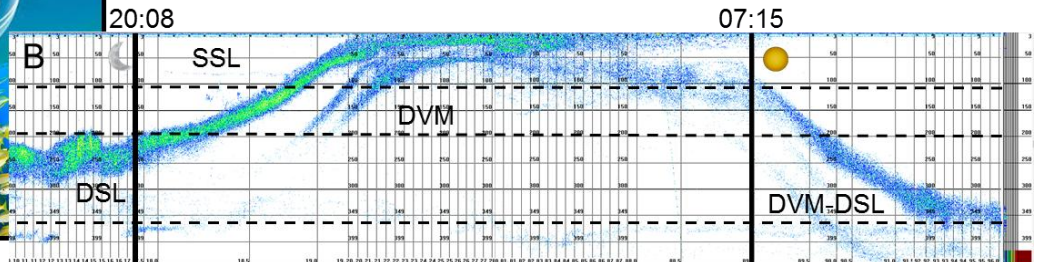


Figura 2. A) Haz sonoro emitido por la ecosonda instalada en el casco del barco; B) Ecograma de la Capa de Dispersión Profunda, de la capa de migración vertical y de la capa superficial (DSL, DVM y SSL en sus siglas inglesas) obtenido en la costa pacífica mexicana (Baja California Sur).



(SSL, Shallow Scattering Layer) volviendo hacia las profundidades durante el día, lo que hace variar la profundidad a la que se localiza la DSL³. Aunque la migración vertical diaria es realizada por una amplia gama de especies, como copépodos, eufausiáceos, crustáceos decápodos, cefalópodos y peces, son los peces linterna (familia Myctophidae) (Fig. 1) los organismos más representativos de la DSL, con migraciones interzonales entre las aguas más superficiales (0-200 de profundidad) y zonas profundas (200-1.000 m de profundidad)⁴. Esta familia de peces (Myctophidae) comprende generalmente un rango de tallas entre 2-15 cm de longitud y, además, tienen un ciclo de vida muy corto (de 5 a 6 años como máximo). Aun así, los mictófididos representan el 51,65% de la biomasa que compone la DSL, destacando el género *Ceratoscopelus*, por encima de otros géneros, al suponer el 18,53% de la biomasa total, seguidos de cefalópodos de la familia Pyroteuthidae que son el 14,21%³ de la que conforma la capa.

Se estima que los peces linterna constituyen casi el 80% de la biomasa migrante en el océano. Dado que estos peces son muy numerosos y sus vejigas natatorias los convierten en objetos altamente resonantes, son la mayor fuente de reflexión acústica en el mar enmascarando frecuentemente las señales de otros grupos migradores en ecogramas de rutina. También, debido a las migraciones verticales diarias que estos animales realizan, promueven las interacciones tróficas y contribuyen al intercambio biogeoquímico entre las capas superiores y el océano profundo, siendo su estudio importante para conocer el funcionamiento de los ecosistemas pelágicos. A pesar de su abundancia e importancia en el ecosistema, el conocimiento de la ecología de estas especies es escaso. Por ello, en la actualidad, estas investigaciones son consideradas como innovadoras y con un alto interés científico.

La posibilidad de que los peces mesopelágicos puedan convertirse en un recurso pesquero mundial es una idea sobre la que se lleva trabajando desde la década de 1960, con algunos intentos a nivel comercial donde los peces linternas son transformados en productos de la industria de la alimentación. La biomasa total de estas especies se estima en unos 1.000 millones de toneladas (la captura mundial actual de peces oscila entre los 80 y 90 millones de toneladas), aunque según recientes estimaciones esta biomasa podría ser un orden de magnitud mayor^{5,6}. Sin embargo, no hay estudios que examinen el impacto de las pesquerías realizadas sobre las poblaciones de peces que componen la DSL u otros organismos que se alimentan de la misma.

La Capa de dispersión profunda en Baja California Sur (México)

La acústica pesquera agrupa una serie de métodos que permiten estudiar la dinámica de la capa de la DSL. Estos han permitido realizar recientemente una serie de campañas de prospección acústica y evaluación de la DSL en la costa pacífica de Baja California (México), a bordo del buque de investigación "BIPO INAPESCA", cubriendo un total de 5.588 millas náuticas y en un rango de profundidades que alcanzan los 4.000 m. El objetivo de estas campañas fue identificar, analizar y aplicar algoritmos multifrecuencias para el filtrado acústico de ecogramas digitales con el fin de separar los componentes de la capa de dispersión profunda.

En la zona prospectada, se realizó un muestreo sistemático a través de transectos paralelos entre sí, perpendicular es a la zona que se encuentra próxima a la región (Fig. 4). La prospección se realizó con una ecosonda EK-60 Simrad, equipada con cinco transductores de haz simple (18, 38, 70, 120 y 200 kHz).

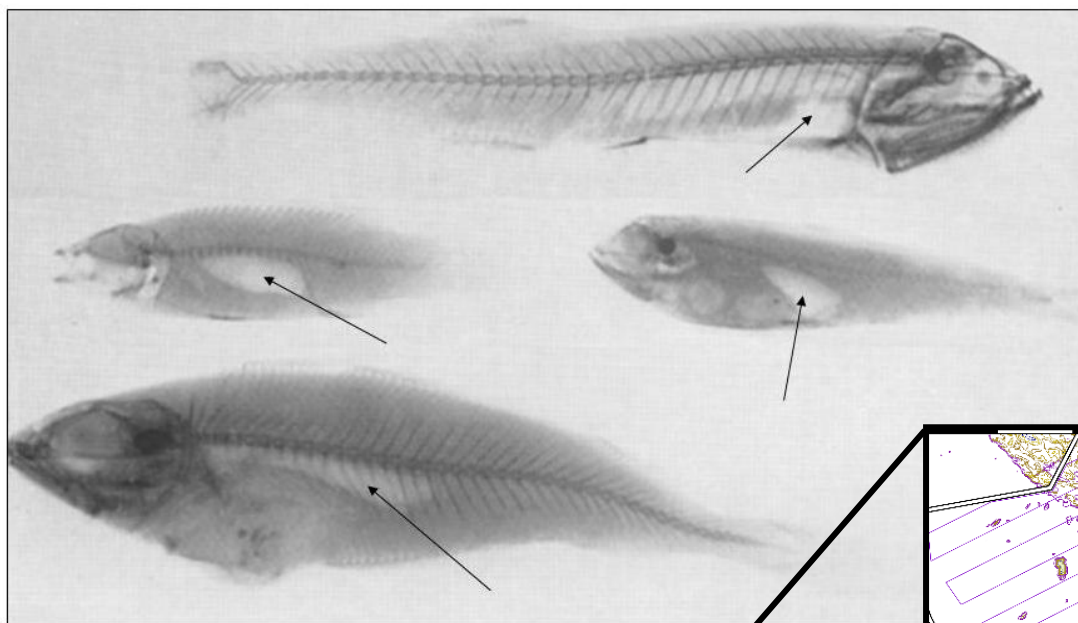


Figura 3. Radiografías que muestran la presencia de la vejiga natatoria de peces mesopelágicos, justo debajo de la región anterior de columna vertebral, señalada por una flecha (extraído de Denton y Marshall, 1958)².

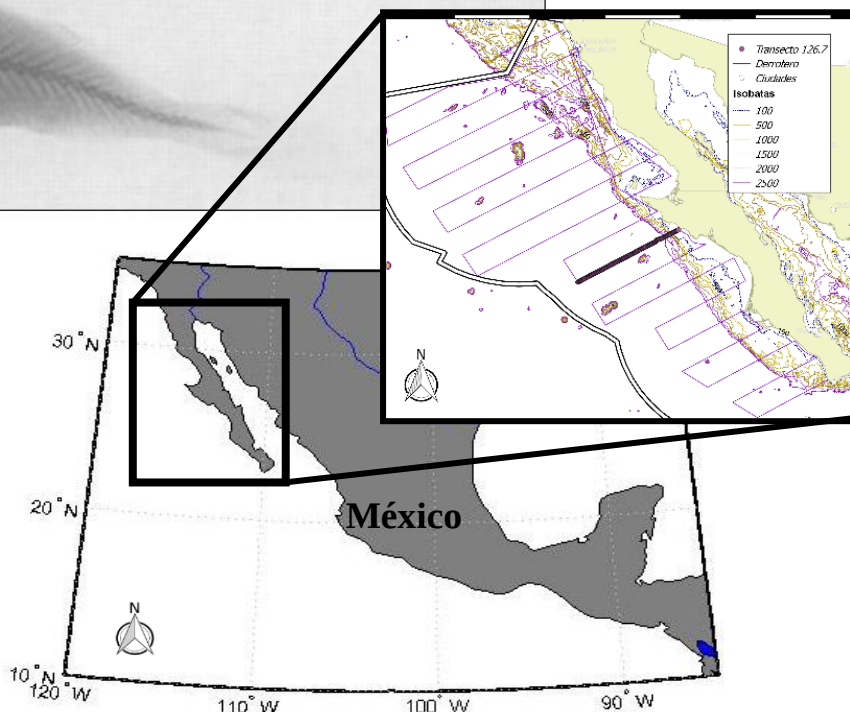


Figura 4. Área de estudio (Zona Económica Exclusiva del noroeste de México).

Para llevar a cabo la prospección acústica, el nivel mínimo de detección de la ecosonda fue fijado en -80 dB para todas las frecuencias. Esto quiere decir que solamente los ecos por encima de este valor son considerados en la suma de la energía, eliminando los ecos más débiles, provenientes en su mayoría de plancton.

Previo a la ecointegración, es necesario el pre-tratamiento de los ecogramas digitales, debido a que en ocasiones el algoritmo de detección automática de fondo no logra detectarlo de manera adecuada, de tal forma que el eco de este puede confundirse con los ecos de peces dando lugar a señales muy fuertes. Se puede producir la situación inversa, cuando un cardumen muy denso es considerado como parte del fondo. Estos dos casos son fáciles de detectar y pueden corregirse manualmente. Los "ecos parásitos" son los que pueden deberse a ruido electrónico producido por otros instrumentos a bordo o por la hélice del barco. En ocasiones aparece un eco doble de fondo que también debe ser corregido.

Una vez corregidos los archivos, se realizó la ecointegración (sumar la energía presente en cada nivel de profundidad) en unidades espaciales de muestreo de 0,5 millas náuticas, desde la superficie hasta los 500 m de profundidad, consiguiendo evaluar la biomasa por niveles de profundidad o capas. Así, se ha podido distinguir la variación de la DSL en todo la zona estudiada, debido a las migraciones verticales que realizan los peces mesopelágicos que componen esta capa (Fig.5).

Para el post-procesamiento se utilizó el programa Echoview 5.1, con el que se pudo calcular el ruido en los ecogramas obtenidos para cada frecuencia. Una vez ajustado el parámetro de compensación de ruido, se obtuvo el coeficiente de absorción que permitió separar los ecos procedentes de peces, de otros ecos. Posteriormente, para la separación de la energía acústica que corresponde a peces de las de otros organismos, se aplicó el algoritmo de Ballon que consiste en comparar el mismo ecograma grabado en diferentes frecuencias (Análisis de multifrecuencia). Para separar la energía acústica procedente de los peces con respecto a la de otros organismos, se suma el valor de retrodispersión (energía acústica reflejada) en las frecuencias disponibles (por ejemplo: 120 KHz + 38 KHz), con la finalidad de incrementar el contraste de energía entre peces y zooplancton. Aquellos valores obtenidos de la suma

que se encuentran por encima de un valor umbral definido (e.g. -145 dB) se clasifican como “peces”, y los que estén por abajo como “no peces”.

Una vez determinado el valor umbral más adecuado para los peces mesopelágicos, se filtró nuevamente los ecos clasificados como peces con el fin de ser más precisos en la estimación final. Para esto se restan los datos de “peces” de las dos frecuencias (120 KHz – 38 KHz) y, si la condición $120 \text{ KHz} - 38 \text{ KHz} < 2 \text{ dB}$ se cumple, entonces los valores corresponden a peces con vejiga natatoria. Estos presentan un mayor nivel de retrodispersión con la frecuencia de 38 kHz es ligeramente positivo al restar ambas frecuencias, por lo cual un valor de +2 dB es apropiado para definir el límite⁷.

La aplicación de los algoritmos de filtrado dará como resultado, en primera instancia, la separación de los ecos de peces, en los ecogramas asociados con pescas en las que se capturaron mictófidios, y permitirá estimar la proporción de energía acústica correspondiente a estos peces. Este resultado se utilizará para definir el nivel umbral en el que son visibles las agregaciones de dichos peces, lo que finalmente permitirá afinar la estimación de la biomasa de estas especies (Fig. 6).

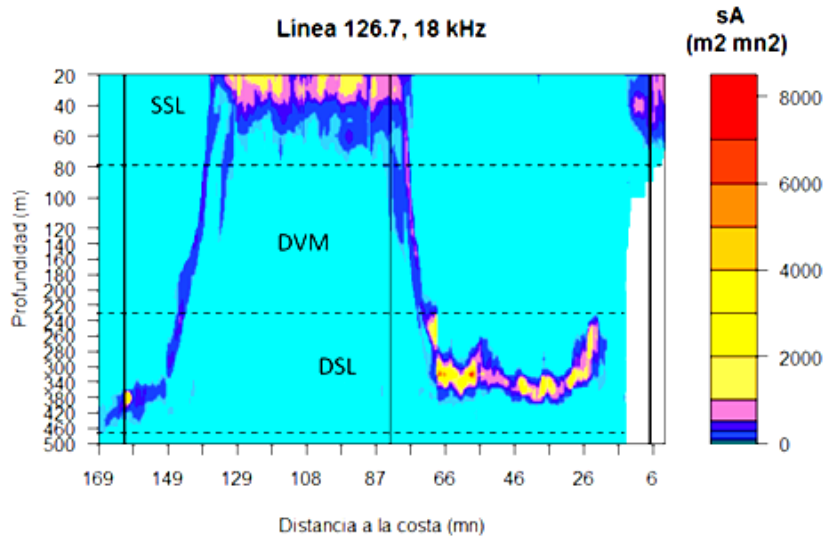


Figura 5. Ecograma simplificado que representa la migración vertical diaria de los organismos que componen la capa dispersión profunda.

Bibliografía

- (1) Simmonds, J. y D. MacLennan. 2005. Fisheries acoustics: theory and practice. Oxford, xvii, 437 p.
- (2) Denton, E. y N. Marshall. 1958. J. Mar. Bio. Ass. U.K., 37(3):753-767.
- (3) Collins, M.A., Stowasser, G., Fielding, *et al.* 2012. Deep Sea Res., 59:189–198.
- (4) Ariza, J.M. Landeira, A. Escáñez, *et al.* 2016. doi:10.1016/j.jmarsys.2016.01.004.
- (5) Lam, V., Pauly, D., 2005. Sea Around Us Project Newsletter 30:-4.
- (6) Irigoien, X., Klevjer, T.A., Røstad, A., *et al.* 2014. Nature communications 5, 3271. doi:10.1038/ncomms4271.
- (7) Kloser R.J., Ryan, T., Sakov, P., *et al.* 2002. Université Montpellier II. 205 pp.

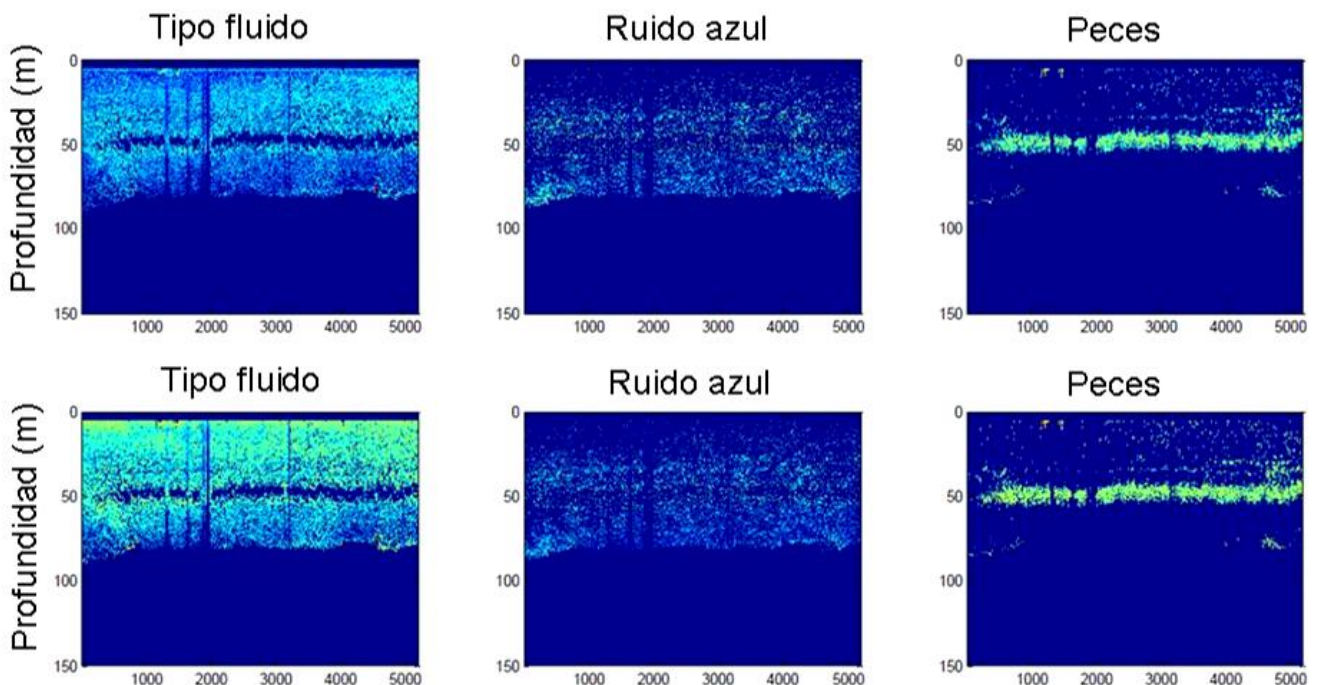


Figura 6. Ecogramas con ecos específicos de distintas especies: Tipo fluido: zooplancton (copépodos, eufausiáceos, etc.), Ruido: larvas de peces, organismos gelatinosos, ruido del barco, etc.



El secuestro de carbono en el océano

Bomba física y bomba biológica

Laia Armengol

Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCG), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España

La captura de CO₂ por el océano

El uso de combustibles fósiles es una de las principales causas de emisión de CO₂ a la atmósfera que, junto con otros gases de efecto invernadero, es responsable del aumento de la temperatura global del planeta. Las emisiones de CO₂ se han incrementado desde la época pre-industrial, alcanzando actualmente los valores más altos de la historia reciente la tierra (410 ppm – partes por millón) (Fig. 1). De estas, alrededor del 50% de las emisiones permanecen en la atmósfera, y el otro 50% es secuestrado por el océano y la vegetación terrestre. El océano secuestra 50 veces más CO₂ que la atmósfera y 20 veces más que la biosfera, convirtiéndose así en el sumidero principal de este gas¹ (Fig. 2).

El secuestro de CO₂ por parte del océano se lleva a cabo por mecanismos físicos (bomba física o de solubilidad) y biológicos (bomba biológica). Ambos mecanismos contribuyen a exportar y hundir el CO₂ desde las capas superficiales hacia las capas más profundas.

La bomba física de flujo de carbono

La bomba física consiste en la entrada de CO₂ atmosférico al océano debido a una mayor presión parcial de este gas en la atmósfera respecto a las zonas superficiales del mar. La velocidad de este intercambio gaseoso depende de la solubilidad del gas en el agua, por lo que es función de la temperatura. Así pues, cuanto menor sea la temperatura mayor será la capacidad del océano de absorber este gas. El secuestro de CO₂ se produce cuando las aguas frías del Atlántico Norte y del Océano Sur

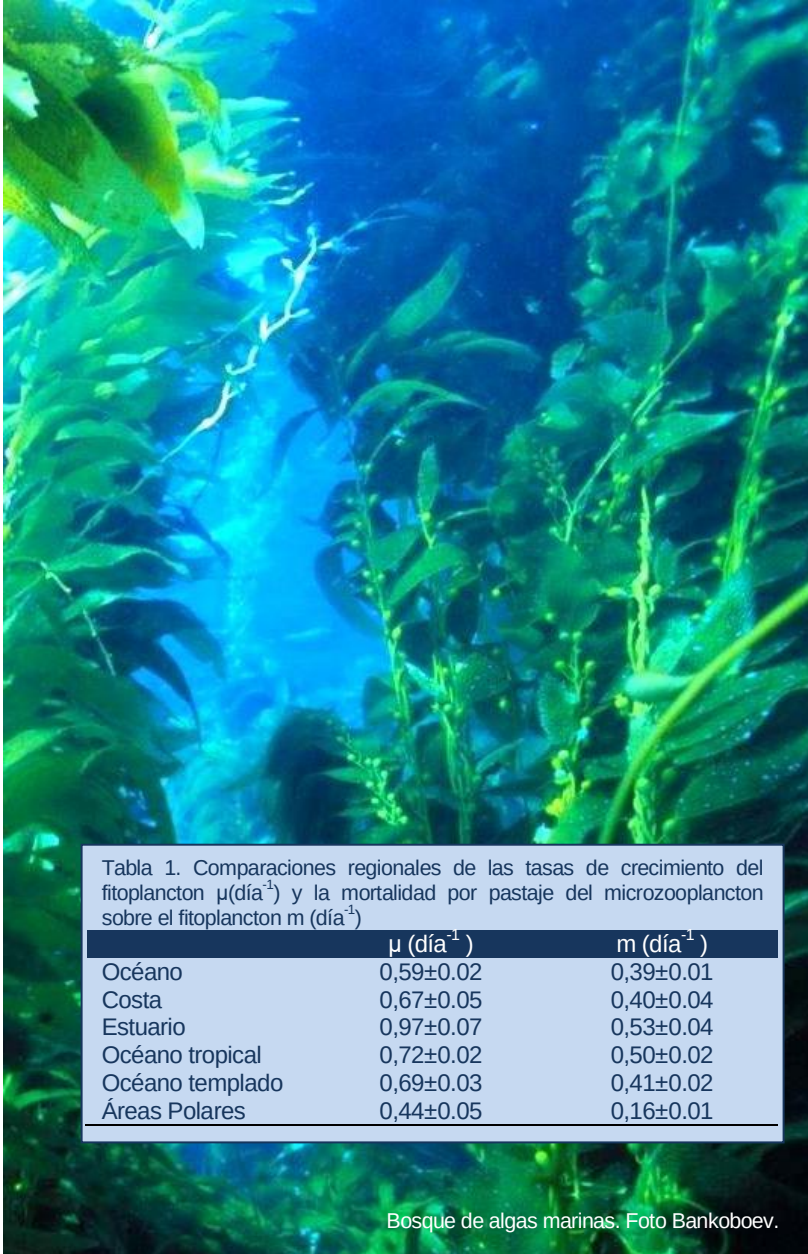


Tabla 1. Comparaciones regionales de las tasas de crecimiento del fitoplancton $\mu(\text{día}^{-1})$ y la mortalidad por pastaje del microzooplancton sobre el fitoplancton $m(\text{día}^{-1})$

	$\mu(\text{día}^{-1})$	$m(\text{día}^{-1})$
Océano	$0,59 \pm 0,02$	$0,39 \pm 0,01$
Costa	$0,67 \pm 0,05$	$0,40 \pm 0,04$
Estuario	$0,97 \pm 0,07$	$0,53 \pm 0,04$
Océano tropical	$0,72 \pm 0,02$	$0,50 \pm 0,02$
Océano templado	$0,69 \pm 0,03$	$0,41 \pm 0,02$
Áreas Polares	$0,44 \pm 0,05$	$0,16 \pm 0,01$

Bosque de algas marinas. Foto Bankoboev.

se hunden a grandes profundidades debido a su mayor densidad, y las primeras emprenden su recorrido hacia el sur donde se unen con las aguas Antárticas recién formadas. Estas dos masas de agua circulan en profundidad a través de los océanos Índico y Pacífico, enriqueciéndose con carbono debido a la descomposición de la materia orgánica. Estas aguas profundas emergen y regresan a la superficie de ambos océanos, donde se van calentando en su camino al Atlántico Norte. Una vez allí, se vuelven a enfriar y hundir, comenzando de nuevo dicho ciclo. Este proceso, llamado “Cinta transportadora”, tarda unos 1.000 años en completarse².

La bomba biológica de flujo de carbono

La bomba biológica es el transporte de CO_2 atmosférico disuelto desde la superficie hacia las zonas profundas oceánicas a través de los organismos que

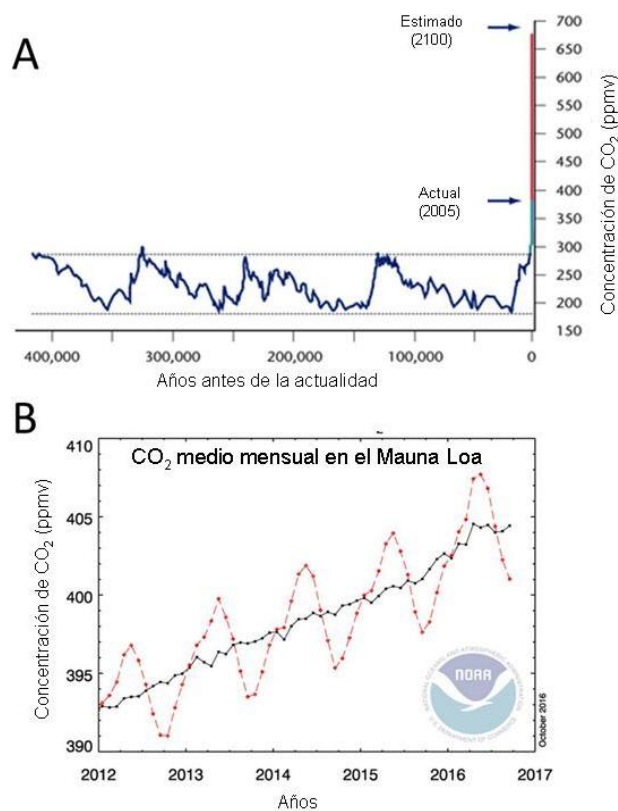
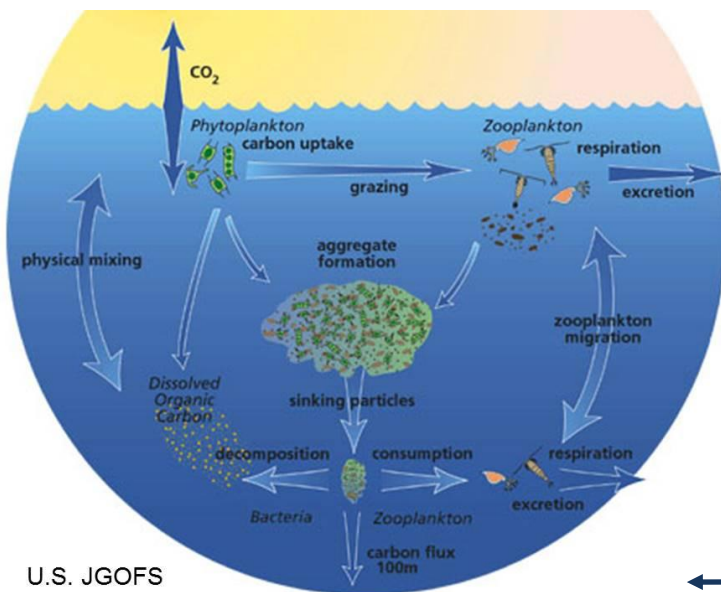


Figura 1. Escala temporal de concentración de carbono atmosférico (ppm): (A) Concentración de CO_2 atmosférico a lo largo de los últimos 400.000 años de historia de La Tierra (valores obtenidos a partir de núcleos de hielo de Vostok), y la previsión de incremento futuro hasta el año 2100 (Met Office: Weather and Climate Change); (B) concentración de CO_2 desde el año 2012 hasta el año 2016 (NOAA, 2015).

viven en la columna de agua. Así pues, una vez el CO_2 entra en el océano, éste es captado por el fitoplancton para llevar a cabo la fotosíntesis y es convertido en carbono orgánico particulado (POC, de sus siglas en inglés Particulated Organic Carbon). Entre el 5-25% de la producción primaria es transportada desde la capa eufótica a capas más profundas, y solo el 3% llega a las profundidades batipelágicas³. El resto de la producción primaria es remineralizada en las capas superficiales del océano por los organismos.

Para comprender el funcionamiento de la bomba biológica, y sus implicaciones, es importante entender el funcionamiento de los ecosistemas en el océano. Existen dos aproximaciones: la cadena trófica clásica y la trama trófica microbiana. La cadena trófica clásica, planteada desde una perspectiva pesquera, establece que el fitoplancton grande es consumido por los metazoos planctónicos (zooplancton) y posteriormente por los peces. Por el contrario, la trama trófica microbiana plantea que los pequeños autótrofos y heterótrofos son consumidos por protistas de mayor



U.S. JGOFS

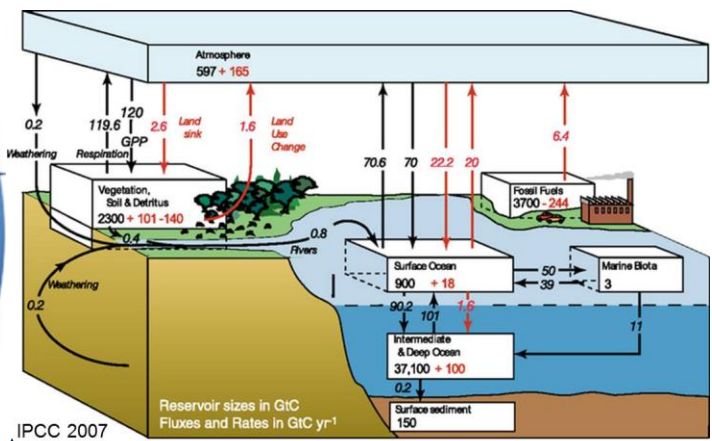


Figura 2. Reservorios y flujos de carbono (en Gigatoneladas de carbono y Gigatoneladas de carbono/año) del planeta Tierra (Panel Intergubernamental del Cambio Climático, 2007).

Figura 3. Flujo de carbono dentro de la bomba biológica (United States Joint Global Ocean Flux Study, U.S. JGOFS, 2001).

tamaño, nutriendo con sus excreciones a las bacterias de las que se alimentan los primeros. Por otro lado, el mesozooplankton (organismos cuyo tamaño oscila desde las 200 μm a 2 cm) consume directamente entre el 20 y el 35% de la producción primaria⁴, mientras que el microzooplankton (organismos cuyo rango de talla va de las 20-200 μm) consume entre el 59 y el 75%⁵, siendo así los mayores consumidores de la producción primaria, convirtiéndose en una piedra angular para entender el sistema del carbono en el océano. Su principal ventaja respecto al mesozooplankton, a la hora de preñar sobre el fitoplancton, radica en sus altas tasas de crecimiento y su habilidad para adaptarse rápidamente a los cambios en la disponibilidad del alimento.

Debido a la diversidad y amplio rango de tallas de los protistas, estos organismos pueden aprovechar las células grandes del fitoplancton como son las diatomeas e incluso preñar sobre las cadenas celulares que forman. Esto no significa que el mesozooplankton quede relegado a un papel menos importante, ya que son los principales exportadores de la producción primaria de la zona eufótica, así como el nexo entre el plancton y los peces. La tasa de pastaje del microzooplankton sobre el fitoplancton varía en función de la zona, en que se encuentren los organismos y pueden verse en la tabla 1.

Las tasas más altas de crecimiento del fitoplancton se dan en los estuarios y el océano tropical, donde se ven favorecido por el aporte de nutrientes (de origen fluvial o de afloramientos de agua profunda). Cuanto mayor es la tasa de crecimiento, mayor fitoplancton a disposición del microzooplankton, por lo que la mortalidad será mayor.

En general, la producción primaria que no es respirada es susceptible de ser exportada verticalmente fuera de la superficie del océano. Las bacte-

rias y *Archeas* consumen el carbono orgánico disuelto (DOC, de sus siglas en inglés Dissolved Organic Carbon) liberado por el fitoplancton, el cual representa el 5% de la producción primaria cuando el fitoplancton crece exponencialmente.

El flujo de carbono gravitacional es la sedimentación del carbono orgánico particulado desde la capa eufótica a las zonas mesopelágica y batipelágica. En las zonas tropicales y subtropicales este flujo es un pequeño porcentaje de la producción primaria. Otro componente de la bomba biológica es el flujo activo, debido al transporte de carbono por los animales migradores verticales. Estos organismos se alimentan en las capas superficiales durante la noche y durante el día vuelven a las profundidades donde metabolizan el carbono, o simplemente se alimentan de otros organismos. El flujo activo es un mecanismo que incluye el transporte de carbono debido a los empaquetados fecales por debajo de la capa de mezcla, el dióxido de carbono procedente de la respiración, excreción de carbono orgánico disuelto y la mortalidad en profundidad.

Así pues, el océano es uno de los grandes secuestradores del carbono antropogénico emitido a la atmósfera. Si bien la bomba física es un camino más directo para el hundimiento de este carbono, la eficiencia del flujo activo del carbono dentro de la bomba biológica dependerá de la capacidad de pastaje del microzooplankton sobre el fitoplancton, y como éste es consumido por el mesozooplankton.

Bibliografía

- (1) Keeling, C.D., T.P. Whorf, M. Wahlen y J. Van der Plicht. 1995. *Nature*, 375:666-670.
- (2) Broecker, W.S. 1991. *Oceanography*, 4:79-89
- (3) De La Rocha, C. L. y U. Passow. 2007. *Deep-Sea Res. II*, 54:639-658
- (4) Hernández-León, S. y T. Ikeda. 2005. *J. Plankton Res.*, 27:153-158
- (5) Calbet, A. y M.R. Landry. 2004. *Limnol. Oceanog.*, 49:51-57

CIUDADES QUE EXCEDEN LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LAS DIRECTRICES DE LA OMS SOBRE INOCUIDAD DEL AIRE*

60%

Más del 60% de las ciudades y municipios de los países europeos de ingresos altos

90%

Más del 90% de las ciudades y municipios de los países de ingresos bajos y medianos de Europa, América Latina, Asia y Oriente Medio

35%

Más del 35% de las ciudades y municipios de los países de ingresos altos de Asia

17%

El 17% de las ciudades y municipios de América del Norte

*De las 3000 ciudades y municipios que monitorean y comunican sus niveles de contaminación del aire

LA SALUD Y LA CARGA DE MORBILIDAD PROVOCADA POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

36%

de todas las muertes por cáncer de pulmón

35%

de las muertes por enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)

34%

de las muertes por accidente cerebrovascular

27%

de las muertes por cardiopatía

90%

El 90% de la población urbana no respira un aire limpio

8%

Los niveles de contaminación del aire han aumentado un 8% a nivel mundial de 2008 a 2013

30%

Casi 1/3 de las ciudades que monitorean la contaminación del aire han reducido sus niveles de contaminación en un 5% en los últimos cinco años

50%

En los países de ingresos altos, casi la mitad de las ciudades que monitorean la contaminación del aire redujeron sus niveles de contaminación en un 5% de 2008 a 2013.

LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE ESTÁ AUMENTANDO

La contaminación atmosférica mundial ha aumentado en un 8% de 2008 a 2013

RESPIRA LA VIDA
Aire limpio. Futuro saludable.



Organización Mundial de la Salud



COALICIÓN CLIMA Y AIRE LIMPIO
PARA REDUCIR CONTAMINANTES DE VIDA CORTA



Ecoturismo asociado a granjas marinas en España

Necesidad de herramientas técnicas y legales para apoyar su desarrollo competitivo y sostenible

J.M. Vergara¹, I. González¹, M.P. Rodríguez¹, A. Fernández², A. Jiménez², R. Bustillo³, M.C. Mayorga² y M.A. Pérez¹

¹Universidad de Las Palmas de Gran Canaria; ²Universidad de Málaga; ³Universidad de Vigo (España).

Sinergia entre el turismo, la pesca y la acuicultura

El turismo costero representa el 63% del sector turístico europeo, generan cerca de 3,2 millones de puestos de trabajo, y representan un tercio de la economía marítima de la UE. En los últimos tiempos, la sinergia entre el turismo, la pesca y la acuicultura ha fomentado la aparición de nuevos productos como el ecoturismo, que bien gestionados son una excelente opción para diversificar y desarrollar estos sectores económicos. A pesar de algunos conflictos iniciales de intereses, ya han surgido en España, y otros países de la UE, algunos deportes y actividades de ocio asociados a las instalaciones de acuicultura como actividades turísticas complementarias, pero sus resultados no son aún muy satisfactorios. Además de los conflictos antes mencionados, la falta de homogeneidad, e incluso ausencia de normativas en las diferentes regiones que ordenen este sector, se suman a los frenos de esta actividad. Entre las razones que podrían explicar esto último se incluyen la incapacidad de las regulaciones locales

Figura 1. Número de turistas llegados a España por comunidades entre 2010 y 2013.

para facilitar su desarrollo y aplicación adecuada, principalmente debido a su carácter fragmentario y disperso, y el exceso de burocracia. No se puede descartar, en muchos casos además, la incompetencia y falta de comprensión de la estrategia Europea de cara al futuro, en lo concerniente a sus espacios costeros y áreas con potencial de desarrollo futuro, por parte de las administraciones regionales afectadas. Todo lo anterior resulta en la práctica una inseguridad jurídica para los inversores potenciales. Para superar esto, el presente trabajo discute la necesidad de analizar las actividades turísticas asociadas a las granjas de acuicultura marina, incluyendo la legislación vigente, con el fin de diseñar nuevos instrumentos técnicos y legales que apoyen el desarrollo de esta nueva actividad empresarial, mediante el desarrollo de herramientas que proporcionen seguridad jurídica a los inversores, a los empresarios y a los turistas o consumidores finales. Ello contribuiría a la mejora de la imagen y, por lo tanto, supondría un valor añadido para el sector de la acuicultura, así como la diversificación de la economía de turismo costero.



Figura 2. Informe de la Unión Europea sobre las posibilidades de desarrollo de las economías relacionadas con el mar (Blue Growth).

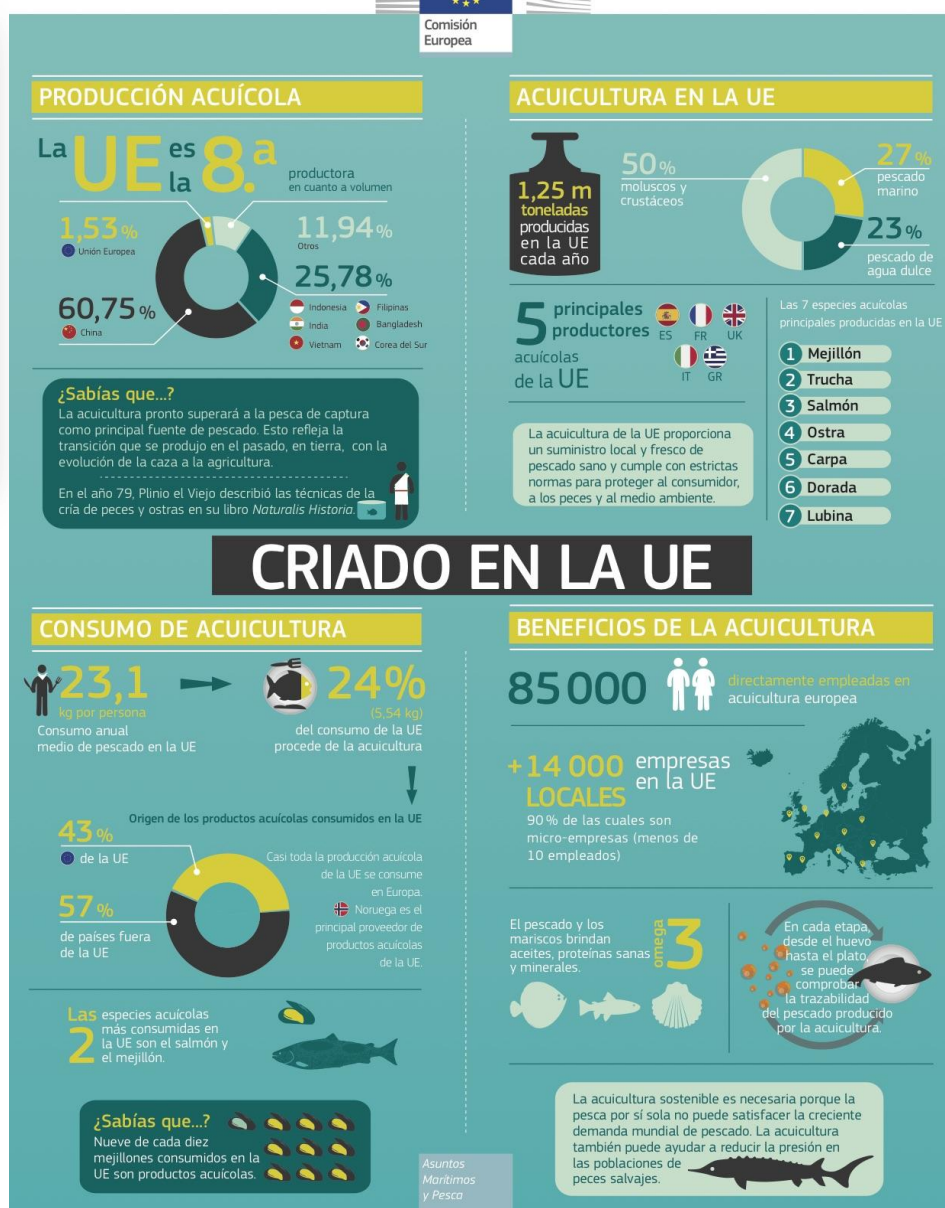


Figura 3. Producción acuícola de la Unión Europea en 2012 (Comisión Europea).

Actividades costeras y marítimas en el "Crecimiento Azul"

En 2016, 74 millones de turistas visitaron España, realizando un gasto de 67,4 mil millones de euros. Estas cifras representan un crecimiento del 12,2% con respecto a 2014, siendo las regiones costeras las principales áreas involucradas (>80%). Las cifras muestran un nuevo récord de turistas, y otra vez las regiones costeras de Cataluña (23%), Canarias (16,2%), Baleares (17,4%), Andalucía (13,6%) y Valencia (10%), registraron el mayor número de llegadas de turistas internacionales.

En 2012, en el comunicado de la Comisión Europea "Crecimiento Azul", se citan las actividades costeras y marítimas como una de las cinco áreas con mayor potencial para generar crecimiento sostenible y empleo en el turismo, integrada en la estrategia denominada "Economía Azul". El informe del Parlamento Europeo de 2013, sobre el "Crecimiento Azul", dio la bienvenida a este comunicado y recomendó una serie

de acciones para promover y apoyar, el desarrollo sostenible del turismo en los destinos costeros con potencial de crecimiento. Entre tales acciones se incluyen el ampliar las oportunidades para que las empresas puedan crear puestos de trabajo en el largo plazo, a través de iniciativas como el ecoturismo.

En 2014, la Comisión Europea publicó un informe sobre las posibilidades de desarrollo de las economías relacionadas con el mar, sector que ya ha creado 5,4 millones de empleos vinculados al mar (Fig. 2). De acuerdo con ese informe, con una estrategia adecuada, la cifra se elevaría a 7 millones de puestos de trabajo para el año 2020. Sin embargo, es necesario eliminar las barreras a la innovación y la investigación en los sectores marítimos y costeros.



Figura 4. Instalaciones acuícolas de agua dulce dedicadas a la pesca recreativa (a, b y c).

La acuicultura

En Europa, el consumo medio anual de productos acuáticos es de 23,1 kg por persona, de los cuales el 24% proviene de la acuicultura. Esta actividad sostiene 85.000 puestos de trabajo directos en más de 14.000 empresas, el 90% de las cuales tienen menos de 10 empleados.

En España, la producción acuícola en 2012 representó un volumen total de 264.161 toneladas, convirtiéndose en el primer productor de la UE. En su primera venta esta producción alcanzó un valor de casi 395 millones de euros. Ese mismo año estaban en funcionamiento en España un total de 5.132 establecimientos de acuicultura, de los cuales 179 eran de acuicultura continental (de agua dulce) y 4.953 de agua marina o salobre (Fig. 3).

Durante la última década se llevaron a cabo en la Unión Europea dos proyectos (MARIMED y SAGITAL) para poner en marcha iniciativas relacionadas con el ecoturismo y la pesca. Su objetivo era desarrollar formas de turismo asociado a las actividades de pesca tradicionales, generando alternativas viables para la diversificación del empleo tanto en el sector turístico como en la pesca.

Actualmente, en España hay muchos ejemplos de actividades de ocio asociados a las instalaciones de acuicultura comercial. Los pioneros han sido las granjas de peces de agua dulce continental, que ofrecen diferentes servicios en sus instalaciones, tales como visitas guiadas a las granjas, pesca, restauración, alojamiento, turismo rural, etc.. En la actualidad, un total de 54 granjas de agua dulce en España están involucradas en esta actividad (Fig. 4).

En 2012, el Grupo Balfegó, que se especializa en la pesca y engorde de atún rojo en jaulas, en la provincia de Tarragona, comenzó a ofertar un producto turístico que permite a los visitantes nadar en sus jaulas de engorde de atunes, entre atunes que llegan a pesar 400 kilogramos (<http://www.tuna-tour.com>) (Fig. 5).

En Galicia, un número cada vez mayor de los cruceros ofrecen visitas a las bateas (Ejs.: Ángel Cruise, SL - <http://www.crucerosangel.com/>; Cruceiros do Ulla - Turimares, SL <http://www.crucerosdoulla.com/>; Costa Viva Cruises- <http://www.cruceroscostaviva.com/>; Galicia Seadventure - <http://www.margalaica.net/socios/galicia-seadventure>) (Fig. 6).

Marco normativo

La mayoría de las Comunidades Autónomas Españolas tienen competencias exclusivas sobre la acuicultura y otras actividades relacionadas, como la pesca de agua dulce, marisqueo, la pesca y la pesca fluvial. De entre ellas, aquellas que han asumido estas responsabilidades son: Galicia, Andalucía, Valencia, Baleares, Cantabria, País Vasco, Cataluña, Asturias, Murcia, Canarias, Aragón, Castilla-León, Castilla-La Mancha y Extremadura. En consecuencia, pertenecen a esas CCAA las competencias para diseñar y aprobar sus propias normas sobre la actividad comercial de acuicultura.

El resultado del anterior sistema de distribución de competencias es un marco fragmentado, disperso, inconsistente y carente de homogeneidad regulatoria en las diferentes regiones. Esto crea, además de una enorme variedad de normativas aplicables, una incertidumbre jurídica en la práctica para los inversores, empresarios, turistas y consumidores finales. Es un marco administrativo complejo e ineficiente, por múltiples razones:

- Falta de coordinación y cooperación entre las distintas autoridades competentes, que afecta a una amplia gama de temas tales como el etiquetado, certificados de buceo, sanidad y salubridad animal, certificados de calidad de los alimentos, etc.
- Complejidad (burocracia excesiva) en la tramitación de los diferentes procedimientos (por ejemplo, la obtención de permisos, tanto para el establecimiento de nuevas instalaciones como para reno-



b



c



Figura 5. Turistas nadando en el interior de instalaciones de engorde de atún rojo en el Mediterráneo.

var las autorizaciones existentes, lo que puede llevar varios años para completar todos los requisitos administrativos (cuando la verdad es que esto se podría hacer en unos cuantos meses).

- Disparidades entre las diferentes regiones para aplicar diferentes impuestos (e.g.: la tarifa por el uso del espacio público marítimo), o en la prestación de servicios portuarios sujetos a pago, etc.
- Falta de definición de usos de las zonas costeras, lo que hace difícil la planificación de las inversiones.

Sugerencias

1) Establecer un diagnóstico de las actividades turísticas que se ofrecen actualmente en España en instalaciones de acuicultura marina, así como la identificación de cada uno de los factores que expliquen su éxito y/o fracaso.

2) Analizar las normas que regulan dichas actividades y desarrollar otras nuevas, compatibles en todas las regiones diferentes, para proporcionar herramientas legales y técnicas que faciliten su aplicación práctica para resolver los problemas administrativos antes mencionados, el fomento de una regulación más coherente y coordinada en todo el territorio español.

3) Analizar y proponer nuevas experiencias para los turistas en las instalaciones de acuicultura y el establecimiento de normas comunes aplicables en cualquier lugar de España, lo que favorecería las sinergias entre estos sectores empresariales para proporcionar conjuntamente un producto turístico más competitivo y de mayor calidad.

Todo ello con el objetivo de (i) facilitar la puesta en práctica de nuevas actividades económicas, generadoras de empleo; (ii) proporcionar seguridad jurídica a los inversores, empresarios, turistas y consumidores finales; (iii) diversificar la economía del turismo en las zonas costeras; (iv) desarrollar las zonas rurales (crear puestos de trabajo); (v) contribuir a desestacionalizar el turismo; y (vi) aumentar la rentabilidad de ambos sectores: turismo y acuicultura.



Figura 6. Barco que lleva a los turistas a visitar las bateas de cultivo de mejillón instaladas en las rías gallegas.



¿Cómo el pez espada alcanza velocidades de hasta 100 kilómetros por hora?

El pez espada es bien conocido por sus hocicos puntiagudos, a modo de espada, que pueden alcanzar hasta 1,5 metros de largo, pero también por ser una de las especies más rápidas del planeta, superando los 100 Km/h en el agua. Videler y colaboradores (J. Exp. Biol., 219, 2016) explica que esto es posible gracias a la presencia de una glándula secretora de aceite localizada hacia la mitad de la mandíbula superior de estos peces. Esta glándula permite que la piel del pez espada segregue el aceite cuando el agua pasa por la cabeza, lo que reduce la fricción en más de un 20%.



¿Ven las sepias en color?

Las sepias y pulpos pueden cambiar rápidamente de color para camuflarse sobre el fondo, así como para comunicarse con los posibles compañeros. Sin embargo, ¿cómo lo hacen? si se sabe que estos animales no pueden ver en color, ya que sus ojos contienen sólo un tipo de proteína sensible al color, lo que restringe su visión al blanco y negro. Alexander y Christopher Stubbs (PNAS, 113(29), explican, a nivel teórico, que esto lo pueden hacer gracias a que los cefalópodos al enfocar rápidamente sus ojos a diferentes profundidades aprovechan una propiedad de lente llamada "desenfoque cromático". Cada color de luz tiene una longitud de onda diferente y como las lentes desvían algunas longitudes de onda más que otras, puede suceder que un color de luz que pasa a través de la lente esté enfocado mientras que otro no lo esté. Así que con el tipo adecuado de ojo, un rápido barrido de enfoque permitiría al animal determinar el color real de un objeto en base a cuando se difumina. Las pupilas descentradas de muchos cefalópodos, incluyendo las pupilas en forma de w de las sepias, hacen más intenso este efecto borroso. En ese estudio, los científicos construyeron un modelo computarizado de un ojo de pulpo y mostraron que -para un objeto al menos una longitud de cuerpo lejos- podría determinar el color del objeto simplemente cambiando el enfoque. Ahora es necesario demostrar este efecto en animales vivos, y si esta forma de visión del color también ocurre en otros animales a los que se les supone incapaces de hacerlo.



Anverso y reverso de un anzuelo de concha de 23 mil años de edad encontrados en la isla de Okinawa (Japón) (extraído de Fujita et al., 2016, PNAS, 113(4):11184-11189).

El anzuelo más antiguo del mundo, encontrado en Okinawa

El equipo de arqueólogos dirigido por Masaki Fujita (PNAS, 113(40), 2016) han descubierto los anzuelos más antiguos conocidos en una cueva de piedra caliza en el interior de la isla de Okinawa (Japón), que se remonta a casi 23.000 años. Los anzuelos, todos tallados en conchas, fueron encontrados en la Cueva Sakitari, que estuvo ocupada estacionalmente por pescadores que aprovechaban las migraciones río abajo de cangrejos y caracoles de agua dulce. Los arqueólogos japoneses que excavaban la cueva descubrieron tanto un anzuelo terminado como un anzuelo inacabado que había sido tallado y molido de conchas de caracoles marino. Estos anzuelos tienen entre 22.380 y 22.770 años de edad, según la datación por radiocarbono, lo que los hace más antiguos que los encontrados en Timor Oriental (entre 23.000 y 16.000 años) y Nueva Irlanda en Papua Nueva Guinea (20.000 a 18.000 años).



Tiburón de Groenlandia (extraído de Science, 353(6300), de 12 de agosto de 2016).

El tiburón de Groenlandia puede vivir 400 años

El tiburón de Groenlandia (*Somniosus microcephalus*), una especie icónica de los mares árticos, crece lentamente y alcanza más de 5 metros de longitud total, puede llegar a vivir más de 400 años. Así lo muestra la datación por radiocarbono de núcleos de lentes oculares de 28 tiburones de Groenlandia realizada por el equipo de científicos daneses liderado por Julius Nielsen (Science, 352(6300), 2016). Los ejemplares analizados revelaron que la edad de madurez sexual de esta especie se alcanza a los 156 años (± 22 años) y que el animal más grande (502 cm) tenía una edad de 392 años (± 120 años). Estos resultados ponen de evidencia que el tiburón de Groenlandia es el vertebrado de más longevo que se conoce, al tiempo que plantean la preocupación de la conservación de las especies.

Según Estado Unidos, las ballenas jorobadas ya no están en peligro

El gobierno estadounidense anunció en el pasado septiembre que sacará a la mayoría de las ballenas jorobadas de la lista federal de especies amenazadas, aduciendo que sus poblaciones se han recuperado completamente en los últimos 46 años. La propuesta reclasificará a las poblaciones de ballenas jorobadas del mundo (la más icónica de las especies de ballenas) en 14 categorías distintas en base a las recomendaciones de los científicos. No obstante, quedarán catalogadas como amenazadas las poblaciones de estas ballenas de Centroamérica y del Pacífico Norte Occidental, que entran a las aguas

de los Estados Unidos durante sus migraciones, y como en peligro las del Mar Árabe y las Islas de Cabo Verde.

Las ballenas jorobadas fueron introducidas en la lista de especies amenazadas en 1970 después de que la industria ballenera mermó gravemente su número en todo el mundo. De hecho, las poblaciones de ballenas eran tan pequeñas que la Comisión Ballenera Internacional (CBI) prohibió su caza en 1966, y fue en 1982 cuando la CBI prohibió la caza comercial de todas las especies de ballenas. Ahora, la nueva propuesta surge de una revisión hecha por la NOAA (Agencia Nacional de Océanos y Atmósfera de EE.UU.) en 2010, que eleva a los 100.000 individuos los componentes de la población. Por otra parte, y a través de datos morfológicos, genéticos y biogeográficos, la NOAA determinó que las ballenas jorobadas no conforman una sola población global, sino que son 14 grupos poblacionales distintos que raramente se entremezclan. Algunas de estas poblaciones viajan unos 6400 kilómetros entre sus áreas de cría y alimentación, pero lo hace de forma independiente, de modo que su gestión por separado puede permitir adecuar las medidas de protección, según Eileen Sobeck, representante de la división de pesca de la NOAA.

Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) (Autor: NOAA).





Albatros real. (Autor: Mark Jobling).

Los desechos plásticos marinos emiten sustancias químicas olfativas clave para las aves marinas

Los desechos plásticos son ingeridos por cientos de especies de organismos, desde el zooplancton hasta las ballenas, pero se desconoce como gran parte de esta diversidad de consumidores puede confundir el plástico con sus presas naturales. Los mecanismos sensoriales subyacentes a la detección y al consumo de plásticos rara vez han sido estudiados en el contexto de las señales sensoriales que impulsan la dinámica de la red trófica marina. Savoca y colabo-

radores (Science Advances, 2(11), 2016) han demostrado experimentalmente que los microplásticos marinos producen una marca de sulfuro de dimetilo (DMS) que actúa como un olor dominante en las interacciones tróficas naturales. También demostraron que existe una relación directa entre la respuesta a los DMS y la frecuencia de ingestión de plásticos en aves marinas de grupo de los albatros, petreles y pardelas. Estos resultados sugieren que los desechos plásticos emiten el olor marino señal, creando una trampa olfativa para la fauna marina susceptible.

Reservas marinas, reserva de vida

Proyecto de ciencias para alumnos de 4º de Educación Secundaria Obligatoria

**Mercedes Rodríguez Pérez, M^a Montserrat
Delgado Cabrera, Roberto Rodríguez Álvarez y
Víctor Nebot Medina**

Colegio Nazaret Los Realejos, Tenerife, España

El proyecto “Reservas Marinas, Reserva de Vida”, presentado al Concurso *Un Mar de Ciencias 2016* en la categoría Charles Darwin, es un proyecto interdisciplinar que enlaza materias como la biología, geología, educación plástica y visual, tecnología y física y química. Se desarrolló con el alumnado de 4º ESO y tuvo como objetivo hacer una interpretación de las reservas marinas desde varias perspectivas, desde el estudio de los ecosistemas marinos, la situación de emergencia de los recursos marinos, los efectos de la industria, el uso de la tecnología y los hábitos de consumo, hasta la percepción e interpretación de las imágenes del entorno natural marino.

Este proyecto se ha desarrollado con la metodología Design Thinking que permite generar ideas innovadoras y centra su eficacia en entender y dar solución a necesidades reales de los usuarios. Para llevar a cabo el trabajo, los alumnos buscaron información bibliográfica en internet, así como asistieron a una conferencia impartida por el Dr. José Carlos Hernández Pérez, profesor de la Universidad de La Laguna.

Estas actividades previas ayudaron a identificar problemas relacionados con las reservas marinas y generar preguntas que identificaran necesidades. Una vez seleccionadas las preguntas, se eligieron aquellas más atractivas para centrar la investigación y aprender sobre Reservas Marinas. Cada grupo de alumnos generó ideas relacionadas con cada una de las preguntas, las cuales fueron sometidas posteriormente a debate. Gracias a la libertad de elección para identificar y solucionar problemas relacionados con las reservas marinas, los alumnos generaron varias líneas de investigación e idearon distintos prototipos como solución a diferentes problemas identificados en las reservas marinas. Algunas de las cuales fueron:



Figura 1. Cartel diseñado por los alumnos del Colegio Nazaret Los Realejos como parte de la campaña de concienciación ciudadana (<https://www.emaze.com/@AIQZIOWF/proyecto-cientifico?kun0%7CPqnflzmhgshxvTtwyvkoutpzswnljAlmszvarzwiyvrgtixvdmokvvgqclnhaTlIfietE%7C0nuk>)

(1) ¿Cómo concienciar a la población de la importancia de las reservas marinas?

Para ayudar a la concienciación, los alumnos se diseñó un cartel que fue expuesto en diferentes lugares del pueblo, además de en el propio centro educativo (Fig. 1). Pero, además, y para conseguir una mayor difusión de la campaña, se realizó un vídeo muy dinámico, cuyo guión incluía humor e imágenes muy atractivas para el espectador, titulado “**No water no life, no blue no green**”. Este vídeo fue subido a la plataforma “youtube”, alcanzando 150 visualizaciones solo en el primer día de su subida.

Figura 2. Propuesta de reservas marinas (áreas en blanco) para el Archipiélago Canario elaborada por los alumnos de 4º curso de ESO.



SOCIEDAD ATLÁNTICA De Oceanógrafos

Nuestro objetivo es iniciar un foro de discusión en el que todos aportemos nuestra experiencia personal en los distintos ámbitos en los que desarrollamos nuestra actividad profesional (académica, empresarial, etc.). Pretendemos ser referencia en los asuntos relacionados con el mar, no únicamente los relacionados con la Oceanografía, sino también en todos aquellos aspectos relativos a nuestra formación académica, que cada vez tiene más repercusión mediática en nuestro entorno geográfico.

Asóciate

Si lo deseas, puedes formar parte de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos. Para conocer más a fondo la SAO puedes consultar nuestro compromiso con la Sociedad.

Para asociarte simplemente rellena el formulario de inscripción y una vez firmado remítelo a info@sociedadatlanticadeoceanografos.org. La cuota anual es de 60 €, que puedes abonar de una sola vez o bien fraccionarla en pagos trimestrales o semestrales.

La información la puedes encontrar en:

www.sociedadatlanticadeoceanografos.org/asociate

(2) ¿Cómo potenciar la pesca artesanal frente a la industrial?

Se establecieron propuestas que se centraron en apoyar la pesca artesanal como alternativa más sostenible a la pesca industrial. Para ello, se propuso una reforma de la normativa actual de pesca orientada al aumento en de las tallas mínimas de las capturas y el descenso en la cantidad máxima de pesca permitida, así como aumentar el número de reservas marinas (Fig. 2). Otra solución propuesta fue el bajar los impuestos a la pesca artesanal, así como subirlo a la pesca industrial. También se planteó una reducción del tamaño de los buques industriales para minimizar la contaminación emitida por estos, a través del uso de estrategias similares al "Plan Pive" con objeto de renovar la flota obsoleta. Además, se vio necesario un acortamiento de la cadena de comercialización de los productos de la pesca, evitando en lo posible los intermediarios, para así reducir el precio y hacer que la pesca artesanal fuera más competitiva.

Conocer para proteger

En este contexto educativo altamente motivante, los alumnos mostraron una interesante capacidad de innovar y de búsqueda soluciones imaginativas a las incógnitas planteadas. Además, han sido capaces de afrontar el problema desde una óptica multidisciplinar,

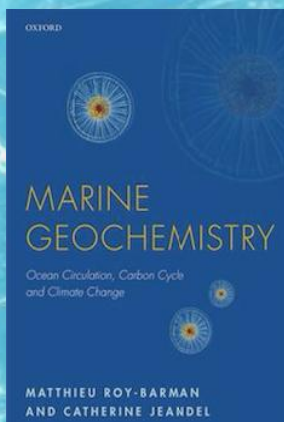
buscar y generar información, construyendo sinergias entre las distintas ramas del conocimiento y la tecnología.

En definitiva, han descubierto, entre otras muchas cosas, que: (i) es de vital importancia para la conservación de los mares y sus recursos la creación de las Reservas Marinas y su defensa por parte de toda la sociedad; (ii) la situación de desventaja en la que se encuentran los pescadores artesanales frente a los industriales; y (iii) el papel que las energías renovables pueden jugar como alternativa energética para el transporte marítimo.

Alumnos participantes

Javier Jiménez Ballesteros, Elisa Soria Padilla, Lorenzo González Martín, Elena Trujillo Chávez, Aida González Hernández, Selene Pérez Hernández, Héctor Llanos Estévez, Diego Trujillo Torres, Patricia González, Luis Díaz González de Chávez, Yadiyadara Ara González, Javier Díaz García, Alba Luis García, Paula Martín Castañeda, Sergio García Estévez y Daniel Hernández Durán.

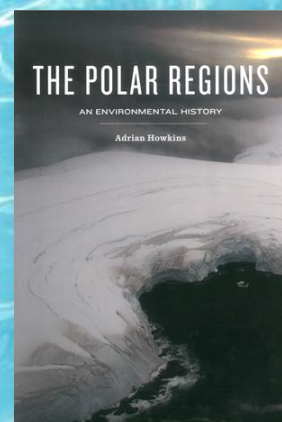
Reseñas bibliográficas



Marine Geochemistry. Ocean Circulation, Carbon Cycle and Climate Change
Matthieu Roy-Barman and Catherine Jeandel
OUP Oxford, 2016
ISBN-10: 0198787499
ISBN-13: 978-0198787495

Libro de texto dedicado a la geoquímica marina. Los elementos químicos y sus isótopos nos ayudan a conocer cómo funciona el océano en términos de circulación oceánica, su composición química, la actividad biológica y la regulación del CO₂ atmosférico, implicando a todas las disciplinas que nos ayudan a entender el océano (física, química y biológica oceanografía, geología, climatología, ecología, etc.). Proporciona respuestas cuantitativas a preguntas tales como: ¿Cuál es la velocidad de mezcla del océano profundo? ¿Cuál es la velocidad de eliminación de los contaminantes en el medio marino? ¿De qué manera los ecosistemas reaccionan a la presión antropogénica? Ofrece una introducción a los conceptos (oceanografía física, química del océano, isótopos, intercambio de gases, modelado, los ciclos biogeoquímicos), los métodos y las aplicaciones de la geoquímica marina con especial énfasis en los trazadores isotópicos. En todo momento, el libro utiliza un enfoque práctico con ejercicios y problemas (con respuestas que aparecen al final del libro), para ayudar a los estudiantes a trabajar a través de los conceptos presentados y con un enfoque amplio de todas las disciplinas que le ayudan a adquirir una perspectiva global del océano. También incluye nuevos temas que surgen de los programas de investigación en curso.

Información de interés: https://www.amazon.co.uk/Marine-Geochemistry-Circulation-Carbon-Climate/dp/0198787499#reader_0198787499

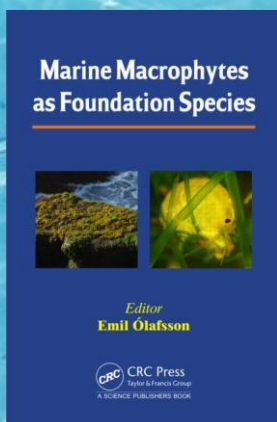


The Polar Regions. An Environmental History
Adrian Howkins
Cambridge: Polity Press, 2016
ISBN 978-0-7456-7080-5.

Adrian Howkins nos ofrece una historia comparativa, desde 1800, de la interacción humana con las regiones polares.

El libro proporciona una introducción enfocada a la evolución y las percepciones de las regiones polares en Rusia y la Unión Soviética, en particular durante la Guerra Fría. Howkins también pone de relieve las diferencias entre el destino del Ártico y la Antártida durante este período y presenta historias de casos particulares.

Información de interés:
<http://dx.doi.org/10.3402/polar.v35.33308>

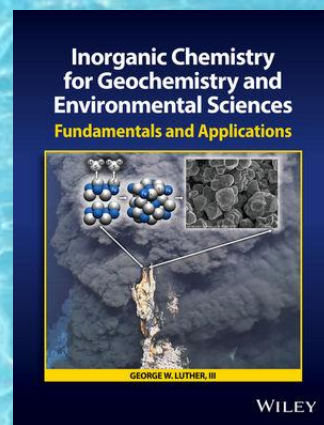
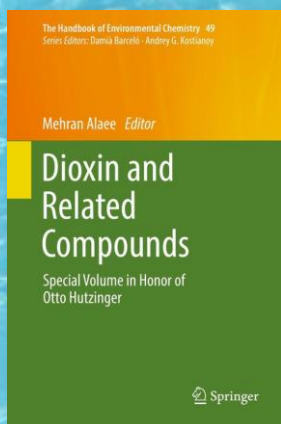
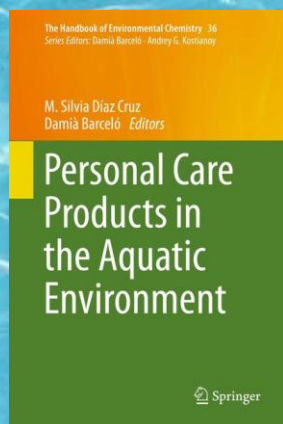


Las macrofitas marinas (macroalgas, pastos marinos y manglares) comprenden miles de especies distribuidas a lo largo de áreas de aguas poco profundas y costeras del mundo. Juegan un papel clave en los ecosistemas marinos con respecto a la biodiversidad y al flujo de energía. Una gran proporción de especies de macrofitas se puede clasificar como ingenieros de ecosistemas, que afectan directa o indirectamente la disponibilidad de recursos para otras especies a través de la modificación, mantenimiento y creación de hábitats.

Este libro se centra en la relevancia de las macrofitas para el bienestar de los hábitats marinos, y puede ser útil tanto para científicos como para estudiantes y gestores de ecosistemas, así como a personas que gustan de conocer estos organismos. El libro se divide en tres apartados principales: (i) una visión general de la diversidad de los principales organismos asociados con las macrofitas, su papel funcional y las interacciones de estas con sus huéspedes; (ii) la estructura de las redes tróficas derivadas o asociadas con macrofitas y la transferencia de producción primaria y secundaria macrofítica de un ecosistema a otro; y (iii) las amenazas inducidas por el hombre, incluyendo la eutrofización, la destrucción física, las especies invasoras y el calentamiento global.

Información de interés:
https://www.crcpress.com/Marine-Macrophytes-as-Foundation-Species/Olafsson/p/book/9781498723244?utm_medium=email&utm_source=ExactTarget&utm_campaign=160902044_1457053

Marine Macrophytes as Foundation Species
Emil Ólafsson (Editor)
CRC Press, 2016
ISBN: 9781498723244



Personal Care Products in the Aquatic Environment

The Handbook of Environmental Chemistry 36

M. Silvia Díaz Cruz and Damiá Barceló

Springer, 2015

ISBN: 9783319188089; 9783319188096

Dioxin and Related Compounds. Special Volume in Honor of Otto Hutzinger.

The Handbook of Environmental Chemistry 49

Mehran Alaee Editor

Springer, 2016

ISBN: 9783319238890; 9783319238883

Inorganic Chemistry for Geochemistry and Environmental Sciences: Fundamentals and Applications

George W. Luther, III

School of Marine Science & Policy, University of Delaware, USA.: John Wiley and Sons, Inc. 2016

ISBN 978-1-118-85137-1.

Este volumen ofrece una visión general de la presencia y distribución de productos de cuidado personal (PCPs) en aguas continentales y marinas. Presenta los métodos de análisis y tecnologías de degradación y se analiza su impacto en la salud humana.

En este libro, expertos de diferentes disciplinas ponen de relieve cuestiones importantes para cada familia de compuestos relacionados con su aparición en la columna de agua, en muestras sólidas y biota, así como las estrategias metodológicas para su análisis, las tecnologías de degradación no convencionales, datos de eco-toxicidad y evaluación del riesgo ambiental. También incluye una introducción general de los PCPs, en la que se describe sus propiedades, el uso, el comportamiento y el marco regulatorio, y un capítulo final en el que se identifican qué queda por conocer y las futuras líneas de investigación. Será de interés para expertos de diversos campos de la investigación, incluyendo la química analítica y ambiental, la toxicología y la ingeniería ambiental.

Información de interés:

<http://www.springer.com/gp/book/9783319188089#aboutBook>

Este volumen es un homenaje al Profesor Otto Hutzinger, el editor fundador de El Manual de Química Ambiental, en reconocimiento a su trabajo pionero y su contribución a nuestra comprensión de las fuentes, el destino, la exposición y efectos de los contaminantes orgánicos persistentes.

Se compone de catorce capítulos escritos por personas que se han inspirado en su trabajo y han seguido sus pasos en el conocimiento de este campo y la apertura de nuevas líneas de investigación. Siguiendo el estilo del profesor Hutzinger, se presentan los recientes avances en áreas tales como inventarios, remediación y determinaciones analíticas. También se analizan los niveles en ambientes abióticos, la biota y la exposición a través de los alimentos, así como los riesgos para el medio ambiente y los seres humanos de las dioxinas, furanos dibenzofuranos policlorados y bifenilos policlorados. Otros capítulos tratan de los temas relevantes de DDT y sus metabolitos, junto con los retardantes de llama.

Información de interés:

<http://www.springer.com/gp/book/9783319238883>

Es un libro de texto de rápida asimilación para los que estudian y trabajan en las áreas de la geoquímica, la química inorgánica y química ambiental ya que mejora la comprensión de los procesos ambientales.

La comprensión de los principios de la química inorgánica incluyendo enlaces químicos, la teoría de orbitales moleculares frontera, los procesos de transferencia de electrones, la formación de partículas y nanopartículas, los complejos de metal-ligando de transición, la catálisis de metales entre otros son esenciales para describir los procesos químicos en distintas escalas de tiempo (desde 1 nanosegundo a miles de años).

Estos principios fundamentales se ilustran con ejemplos relevantes de la geoquímica, la química ambiental y marina, permitiendo a los estudiantes comprender mejor los procesos ambientales y geoquímicos. Incluye temas como termodinámica y cinética de las reacciones redox, estructura atómica, simetría, enlace covalente y enlace en sólidos y nanopartículas, teoría de orbitales moleculares, ácidos y bases, y fundamentos de la química de los metales de transición que incluye reactividad química de materiales de interés geoquímica y ambiental. Además, incluye material complementario (diapositivas de PowerPoint, problemas y soluciones).

Información de interés:

<http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1118851374.html?productCd=1118851374>



HAMBRE Y SEQUÍA EN EL CUERNO DE ÁFRICA



Save the Children

La región del Cuerno de África lleva varias temporadas sufriendo devastadoras sequías que han provocado que 500.000 niños sufran desnutrición severa.

15 millones de personas necesitan ayuda urgente.

Por transferencia o ingreso en cuenta bancaria
(Concepto: EMERGENCIA CUERNO DE ÁFRICA)

Santander ES13 0049 0001 5224 1001 9194

CaixaBank ES89 2100 1727 1202 0003 2834

BBVA ES83 0182 5502 5800 1002 0207

Bankia ES81 2038 1004 7168 0000 9930

Por teléfono

900 37 37 15 (gratuito, de lunes a viernes de 9 a 21h)

¿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

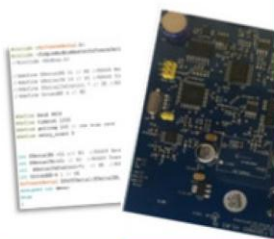
Disponemos de un equipo de desarrollo multidisciplinar. Esto nos permite desarrollar, fabricar y producir dispositivos con características únicas a la vez que multifuncionales.

Datos de contacto

Teléfono: 928402141

E-mail: info@jam-idea.com

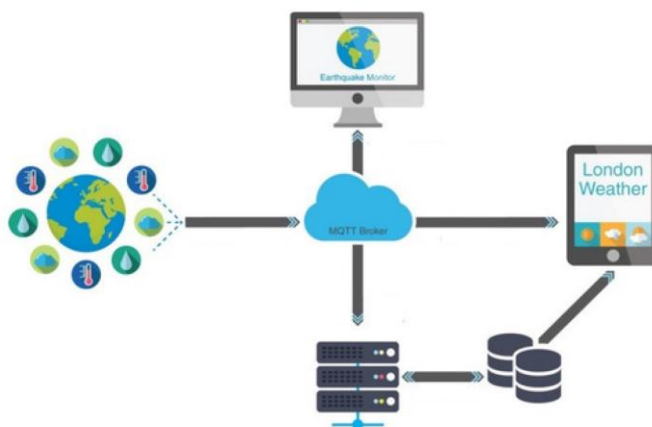
Las Palmas de Gran Canaria.



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.