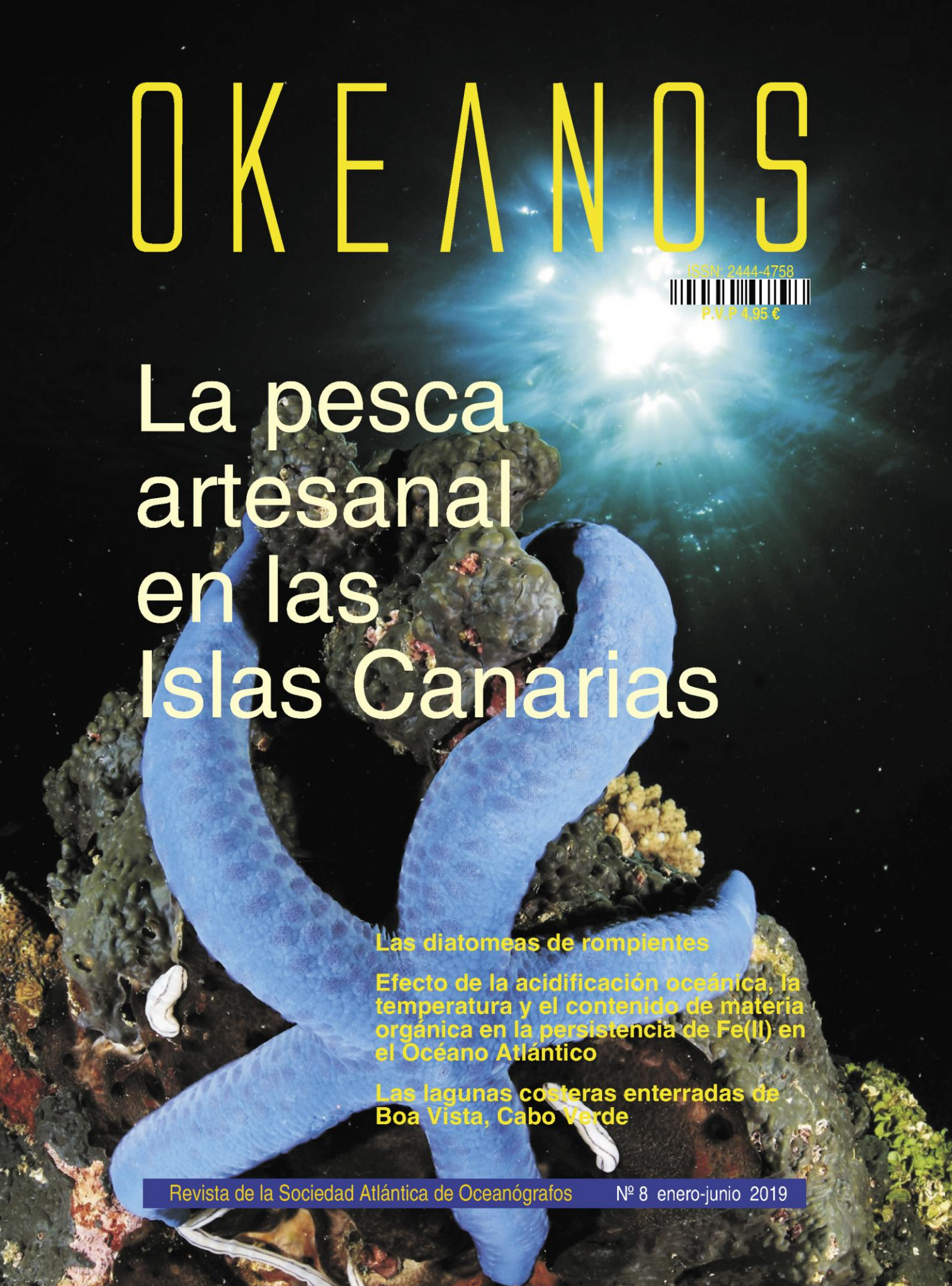


# OKEANOS



ISSN: 2444-4758



P.V.P 4,95 €

## La pesca artesanal en las Islas Canarias

Las diatomeas de rompientes

Efecto de la acidificación oceánica, la temperatura y el contenido de materia orgánica en la persistencia de Fe(II) en el Océano Atlántico

Las lagunas costeras enterradas de Boa Vista, Cabo Verde

Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

Nº 8 enero-junio 2019

# Editorial



Foto portada: Arturo J. Telle. Antípodos del Lago Baikal (*Acanthogammarus victorii*), Lago Baikal, Siberia, Rusia.

Al cierre de esta edición de *Okeanos* se produjo una noticia que no es sorprendente, pero sí la hemos considerado lo suficientemente importante como para comentarla, y es el anuncio de Japón de su retirada de la Comisión Ballenera Internacional (IWC) y su reanudación de la caza comercial de ballenas a partir de 2019. Esta noticia no resulta sorprendente porque Japón lleva tiempo amenazando con abandonar la IWC, y lo único que realmente ha hecho es oficializar la caza ilegal de grandes cetáceos que viene realizando desde 1986, encubierta bajo un falso programa de investigación científica. No obstante, quizás una de los aspectos más importantes de este nuevo programa ballenero de Japón es que circunscribirá esta caza a las aguas de la Zona Económica Exclusiva del Archipiélago. No hay que olvidar que la flota ballenera japonesa está actualmente cazando rolcuales australes o ballenas minke (*Balaenoptera bonaerensis*) en la Antártida, por lo que la retirada de esta flota de aguas australes ha sido un alivio para los gobiernos de Australia y Nueva Zelanda. No hay que olvidar que Japón finalizó su última temporada de su programa de "caza científicas" (NEWREP-A) en aguas del Océano Austral con un resultado 333 ballenas minke, de las cuales 122 eran hembras preñadas.

La IWC es una de las instituciones internacionales más antiguas del mundo, con sede en Brighton (Reino Unido) y formada pocos años después de la fundación de las Naciones Unidas en 1945, a la cual se unió Japón en 1951. Esta comisión está constituida por 88 países y en cuyo seno se dirimen dos posturas, la mayoritaria orientada a la protección y conservación de estos cetáceos y la de los países (Japón, Islandia y Noruega) que promueven la caza controlada para uso comercial. No obstante, y a pesar de las grandes tensiones internas, la IWC ha impuesto una moratoria absoluta de la caza comercial de ballenas desde 1986 en un intento desesperado por evitar la extinción de varias especies de estos cetáceos, lo que ha permitido que muchas especies de ballenas se hayan recuperado, aunque algunas aún se consideran en peligro de extinción. En la última reunión de la IWC celebrada en Brasil, en septiembre de 2018, Japón ha intentado romper ese acuerdo y obtener el beneplácito para la actividad de su industria ballenera, objetivo que no sólo no alcanzó, sino que la IWC condenó las prácticas científicas de caza de ballenas que el país nipón estaba realizando, consideradas en general como una operación comercial clandestina.

Desde 1987, Japón aprovechó un vacío legal en el acuerdo de la IWC para poner en marcha su programa de caza de ballenas con motivos científicos, lo que le permitió mantener su flota ballenera comercial que, a pesar de la moratoria, ha capturado unas 15.000 ballenas, con un saldo anual de entre 200 y 1200 cetáceos, principalmente ballenas minke, ballenas de Bryde o rolcual tropical (*Balaenoptera edeni*) y cachalotes (*Physeter macrocephalus*), cuya carne es comercializada ilegalmente. No obstante, Japón ha sufrido varios reveses internacionales, empezando por la resolución de 2014 la Corte Internacional de Justicia que rechazó el argumento nipón de la naturaleza científica de sus expediciones, tras una demanda presentada por Australia. Además, la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Salvajes en Peligro (CITES) le envió una advertencia en octubre de 2018 sobre sus cargamentos de carne de ballenas Sei (*B. borealis*).

Desgraciadamente, también países como Islandia y Noruega han mantenido programas de caza de ballenas encubiertos bajo objetivos científicos. Islandia reanudó su programa de caza comercial de ballenas en 2006, con capturas anuales que rondan los 200 ejemplares de ballenas minke y rolcual común (*Balaenoptera physalus*). Por su parte, Noruega inició su programa comercial de caza de ballenas en 1993, obteniendo 660 de estos cetáceos en 2015 y 432 en 2017, pero su industria ballenera está sufriendo un importante declive, por el progresivo rechazo de la opinión pública a este tipo de prácticas y al consumo de esta carne. Es sin duda este posicionamiento y aumento de la conciencia social el que debe acabar con estas prácticas comerciales, haciéndolas no rentable, pero resulta curioso que el mayor consumo de carne de ballena en países como Islandia no sea debido a los lugareños, sino a la demanda ejercida por los turistas llegados de otras partes del mundo.

*Okeanos* inicia una nueva singladura por los océanos del conocimiento con el objetivo claro de contribuir a una mayor sensibilización, como única ruta posible hacia la conservación y en implicación de la humanidad en la protección de todo el patrimonio natural del Planeta y, también, a nuestra propia supervivencia como especie. Suelten amarras y que los vientos nos sean favorables en este largo viaje.



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

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

**Coordinadores de sección. Artículos científicos** Dr. Aridane González González (Universidad de Las Palmas de GC) y D. Airam Guerra Marrero (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

**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) y D. Airam Guerra Marrero (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

**Entrevistas** Aridane González González y Juan Fco. Betancort Lozano

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

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

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

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

Edición papel y on-line: Mercurio Editorial

(www.mercurioeditorial.com)

Correo electrónico: jose.castro@ulpgc.es

Teléfono: (+34) 928454549

ISSN: 2444-4758 DL GC 639-2015

- 04** La pesca artesanal en las Islas Canarias. José J. Castro
- 10** Las diatomeas de rompientes. Leopoldo O' Shanahan Roca
- 14** Estudios malacológicos. Volutas de Canarias y las costas atlánticas. Juan Francisco Betancort Lozano
- 16** Las lagunas costeras enterradas de Boa Vista, Cabo Verde. Juan Francisco Betancort Lozano, Nayra Hernández Guerra y Luis Felipe López Jurado
- 18** Efecto de la acidificación oceánica, la temperatura y el contenido de materia orgánica en la persistencia de Fe(II) en el Océano Atlántico. J. Magdalena Santana Casiano, Melchor González Dávila
- 24** Variaciones recientes en el nivel del mar registradas en el patrimonio paleontológico de Canarias. Juan Francisco Betancort
- 26** ENTREVISTA A: Alberto Miguel Brito Hernández.
- 30** ENTREVISTA A: Borja Aguiar González.
- 34** MONSTRUOS MARINOS (7). El cangrejo araña gigante. José Juan Castro
- 36** EFEMÉRIDES. Ángeles Albariño. El papel de la mujer en la Oceanografía. Amir Cruz Makki y Airam Sarmiento Lezcano
- 38** OKEANOS DE FOTOS. Arturo J. Telle y Montse Grillo.
- 60** NOTICIAS OKEANOS. José J. Castro
- 65** UN MAR PARA COMERSELO. Sashimi de atún con crema de ajo blanco, dados de aloe vera y aéreo de espirulina. Abraham Ortega García
- 66** SAO. Foro océanos. Canarias y el Cambio Climático. Aridane G. González, Juan F. Betancort, Yeray Pérez, Amir Cruz, Leopoldo O'shanahan, Miriam Torres, David Jiménez, Teresa Carreiro, Vicente Benítez y José J. Castro
- 69** SAO. Investigación científica y retos locales para un Impacto global. Germana Foscale
- 75** AGENDA
- 76** RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS



Figura 1. Barco de pesca artesanal dedicado a la captura de especies bento-demersales por medio de nasas.

# La pesca artesanal en las Islas Canarias

**José J. Castro**

Instituto Universitario EcoAqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Edif. Ciencias Básicas, Campus de Tafiya, 35017 Las Palmas de Gran Canaria, España. E-mail: jose.castro@ulpgc.es

La pesca artesanal desarrollada en las Islas Canarias ha estado históricamente basada en tres grandes grupos de especies objetivo: peces, moluscos y crustáceos bento-demersales (samas, viejas, pulpos, etc.), peces pelágico-costeros (sardinas, caballa, etc.) y los atunes, todas ellas capturadas con diferentes métodos y en diferentes periodos del año<sup>1</sup>. Esta estrategia ha permitido el desarrollo de una flota polivalente (Figs. 1 y 2), multiarte, que alterna la explotación de diferentes recursos en base a los ciclos biológicos de las especies dominantes en cada grupo, acoplado a los periodos de arribada de las diferentes especies de atunes a las aguas que circundan al Archipiélago, en un proceso similar al descrito en otras pesquerías artesanales europeas<sup>2</sup>.

Las especies bento-demersales llevan mucho tiempo mostrando síntomas de sobrepesca<sup>3</sup>, lo que sin embargo no ha motivado ningún cambio significativo en la estrategia de explotación. La política de gestión de esta pesquería ha estado principalmente basada en el establecimiento de límites en el tipo y cantidad de ciertos sistemas de pesca, usados tanto por pescadores profesionales como recreativos, y en reducir el tamaño de la flota

(en un 59,1% en los últimos 40 años) (Fig. 3). Sin embargo, esta política no ha tenido éxito a la hora de reducir la sobrecapacidad pesquera y la sobrepesca.

Las especies bento-demersales han respondido más rápidamente a la excesiva presión pesquera debido al pequeño tamaño de sus poblaciones, por la escasa capacidad de soporte que tienen las estrechas plataformas insulares, y el alto valor económico que alcanzan, en fresco, en los mercados locales, similar a lo que acontece en otras pesquerías artesanales europeas, especialmente en las mediterráneas<sup>2</sup>. En cambio, las especies pelágico-costeras han tenido tradicionalmente un menor valor de mercado debido a su relativa mayor abundancia. Y, quizás por ello, desde hace tiempo se ha asumido que las caballas y sardinas estaban subexplotadas. En este sentido, Pastor y Delgado de Molina<sup>4</sup>, en 1985, estimaron que la biomasa de estas especies alcanzaba las 73.000 t, siendo la caballa (*Scomber colias*) la especie más abundante (38.000 t), seguida de la boga (*Boops boops*) (29.000 t), permaneciendo casi invariante hasta finales de la década de 1990<sup>5</sup>. No obstante, en 2008, el informe REPESCAN<sup>6</sup> destacaba la falta de datos de capturas disponibles de estas especies, lo que no permitía realizar una adecuada evaluación del estado de sus stocks. Por esta razón, no fue posible predecir el aparente colapso de la sardina europea o de ley (*Sardina pilchardus*), a principios de





Figura 2. Barco polivalente de pesca artesanal dedicado a la captura de especies pelágico costeras, mediante cerco o traíña, y de túnidos, con cebo vivo durante la zafra.

la década de 2000, y de la caballa en aguas de Gran Canaria en 2010, probablemente resultado de varios años de escaso reclutamiento (escasa incorporación de larvas y juveniles a la población de adultos) debido a condiciones climáticas adversas (en 2012, el stock de caballa mostró síntomas de recuperación, permitiendo una actividad extractiva algo menor que en los años previos, pero la situación de stock sigue siendo desconocida y la estrategia de gestión no se ha modificado y no ha tenido en cuenta estos episodios de colapso temporal; la sardina sigue aún sin mostrar síntomas de recuperación). Por otra parte, la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT) ha dejado patente que las especies de atunes objetivo de la flota canaria se encuentran en sus niveles máximos de explotación o incluso de sobrepesca.

Curiosamente, García-Cabrera, en 1970<sup>3</sup>, en vista del agotamiento de las especies bento-demersales y la escasas expectativas que estas ofrecían, sugirió, como parte de una estrategia de desarrollo futuro del sistema pesquero de las islas, reorientar la flota pesquera hacia la explotación de las especies de túnidos, particularmente en el rico y próximo caladero africano (el Banco Canario-Sahariano), y diseñar una industria pesquera basada en la manufactura y procesamiento de estas especies. Esto también obligó a redimensionar todas las infraestructuras pesquera, ca-

ra a poder afrontar esas expectativas. Pero la pérdida de los caladeros del Sahara Occidental forzó a una gradual e inexorable desaparición de la industria de procesado que se había instalado en las islas desde finales del siglo XIX y, principalmente, después de la segunda mitad del siglo XX. Desafortunadamente, hoy las perspectivas futuras de la pesca en Canarias son sombrías, principalmente debido al agotamiento de casi todos sus recursos pesqueros y al sobredimensionamiento de las flotas (profesional y recreativa), así como a las infraestructuras en tierra, muchas de las cuales están infrautilizadas, que han contribuido a la actual sobrecapacidad pesquera. Además, las capturas de atunes en aguas del Archipiélago han mostrado fuertes oscilaciones, con significativos descensos desde la década de 1990, posiblemente como resultado del impacto de otras flotas más industrializadas a lo largo de sus áreas de distribución, y a variaciones climáticas mesoescalares que han afectado a los patrones migratorios y la disponibilidad de estas especies para la flota artesanal canaria durante los años anómalos (2018 ha sido un de estos años anómalos, más frío, dando lugar a bajas capturas).

Como resultado de la falta de información, es imposible asegurar cual es el estatus de los stocks de peces en las aguas alrededor de las islas. Esta incertidumbre obliga al uso de aproximaciones

basadas en información generada para otros propósitos, distintos a la evaluación pesquera, por lo que sus conclusiones deben ser interpretadas con precaución. Desafortunadamente, estas aproximaciones son la única alternativa disponible, y las expectativas que dibujan no son diferentes a lo que ya se ha indicado previamente. En este sentido, el aumento de la capacidad de pesca en el área de las Islas Canarias es el resultado de la introducción de mejoras de los buques de pesca y en las infraestructuras en tierra de apoyo a la flota, junto con un crecimiento importante de la pesca recreativa, lo que ha llevado emparejado un aumento significativo del esfuerzo de pesca a pesar del progresivo descenso en el número de barcos de pesca artesanal y de pescadores profesionales entre 1968 y 2017 (Fig. 3).

Esta política pesquera ha llevado a la sobreexplotación de la mayoría de las especies objetivo<sup>6</sup>, a pesar de la introducción de medidas regulatorias que limitan el uso de ciertos sistemas de pesca desde 1986 y el establecimiento de áreas marinas protegidas en varias islas. Sin embargo, al mismo tiempo que se tomaban estas medidas de control, se desarrollaron infraestructuras en tierra destinadas a asistir a la flota artesanal a lo largo de todo el Archipiélago, como puertos secundarios y equipos de apoyo (e.g.: grúas, pórticos travel-lift, pantalanes, cámaras congeladoras, silos de hielo, etc.), además de mejoras en los barcos de pesca (e.g., ecosondas, radio, redes sintéticas, haladores de redes, winchers hidráulicos, etc.) (Figs. 4 y 5). Estos factores, entre otros, son el motivo del fracaso de la actual aproximación de gestión pesquera.

Otro elemento importante ha sido no prestar la suficiente atención al gran desarrollo de la pesca recreativa. En 2011, aproximadamente 116.000 personas disponían de licencia de pesca recreativa (5,4% de la población total), 2,4 veces más que en 2005 (por comparación, el número de pescadores profesionales en 2011 fue de 1766) (90 mil pescadores recreativos de media entre 2008 y 2017). Esta actividad pesquera excede considerablemente a la pesca profesional en ciertas zonas de las islas, contribuyendo de forma importante a la captura total (el 40% de la captura total desembarcada en 2005, según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). De esta forma, en 2005, la pesca recreativa en la isla de Gran Canaria, una isla con una relativamente alta capacidad de pesca profesional, significó el 63% de la captura total desembarcada, según las estimaciones realizadas por el Ministerio.

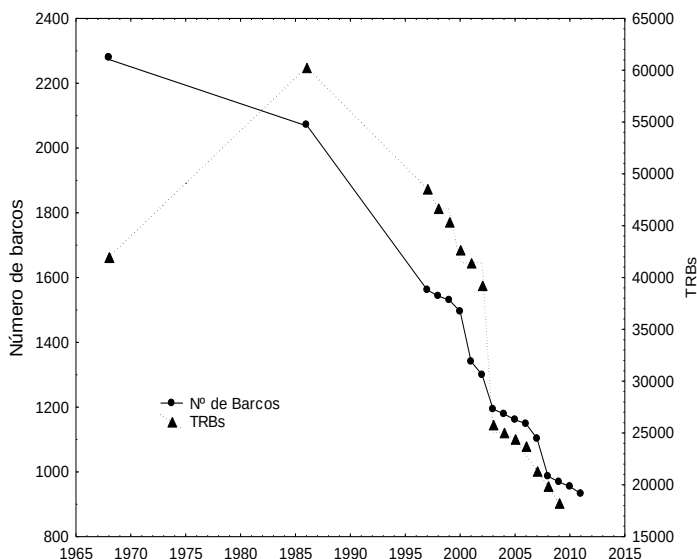


Figura 3.

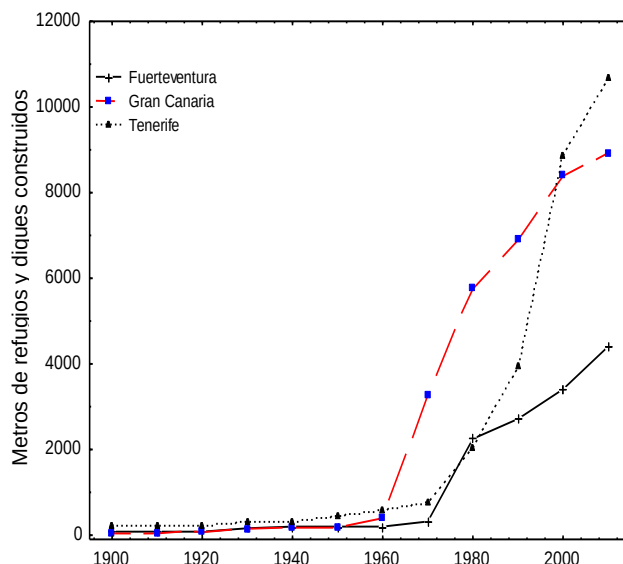


Figura 4.

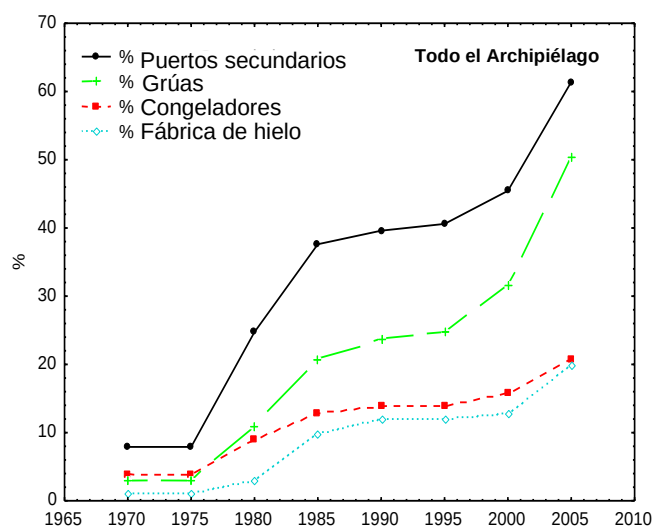


Figura 5.



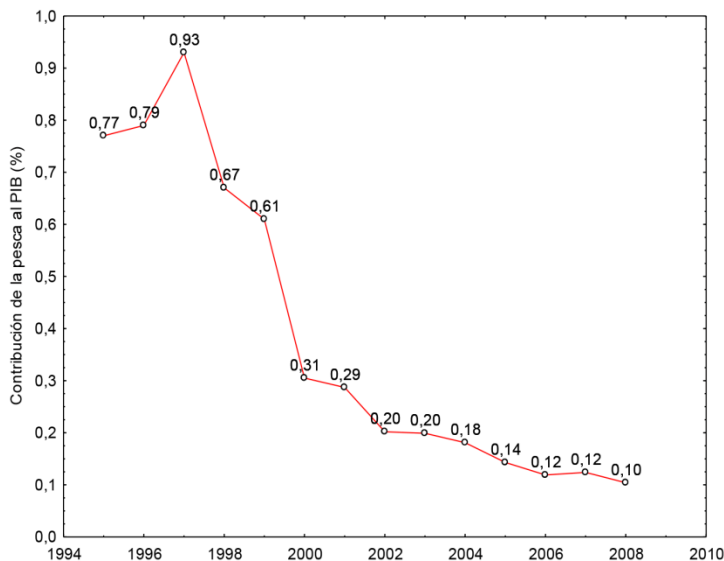


Figura 6.

La pesca recreativa en la isla de Gran Canaria, una isla con una relativamente alta capacidad de pesca profesional, significó el 63% de la captura total desembarcada, según las estimaciones realizadas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

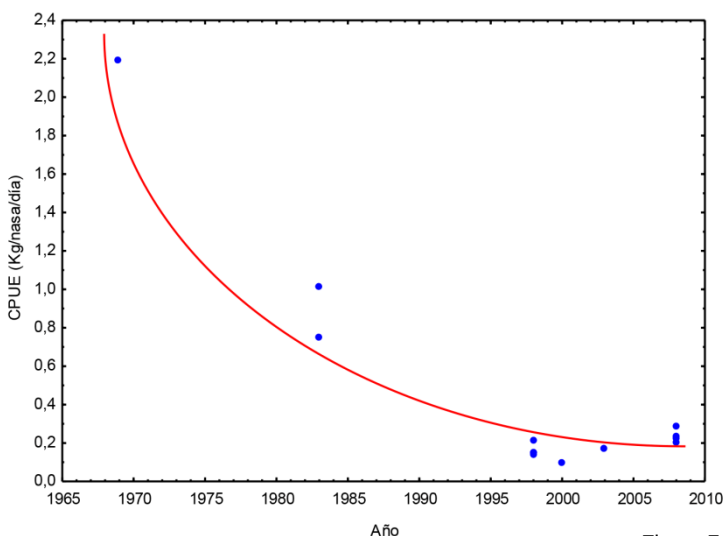


Figura 7.

Figura 3. Evolución histórica del número de barcos (línea continua) y Toneladas de Registro Bruto - TRBs (línea punteada) de la flota de pesca artesanal con base en las Islas Canarias.

Figura 4. Evolución del número de metros de diques y refugios construidos para asistir a la flota de pesca artesanal de bajura y embarcaciones de recreo en las Islas de Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife (se excluyen los puertos principales de Puerto del Rosario, La Luz y Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife).

Figura 5. Porcentaje de playas utilizadas como puntos de descarga y refugio por barquillas de pesca en 1970 que han sido dotadas progresivamente de infraestructuras para asistir a la flota artesanal y de recreo en las Islas Canarias.

Figura 6. Evolución de la contribución de la pesca y acuicultura al Producto Interior Bruto (PIB) de las Islas Canarias entre 1995 y 2008.

Figura 7. Tendencia de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de la pesquería de especies bento-demersales con nasas en Gran Canaria entre 1970 y 2010.

Este desarrollo de la capacidad de pesca excede en mucho la capacidad productiva de las aguas del Archipiélago. La biomasa de varios stocks ha decrecido progresivamente, y esto puede ser un preludio al colapso de la pesquería artesanal, tendencia que ya se aprecia en su contribución al PIB (Fig. 6). Este fenómeno de sobrepesca no es nuevo en las islas, y así García-Cabrera alertaba de que los caladeros de menos de 100 metros de profundidad de todas las islas estaban sobreexplotados ya en 1970. Además, el informe REPESCAN confirmó en 2008 las observaciones hechas por García-Cabrera 38 años antes, pero indicando que este problema ya se había extendido a todos los caladeros de pesca de

las islas y en todo el rango de profundidades en los que opera la flota. No obstante, el impacto de la pesca podría ser espacialmente variable, debido a la fragmentación espacial de los hábitats, según las variaciones orográficas y de pendiente a lo largo de las plataformas insulares, así como a las diferencias en potencial pesquero de cada fracción local de la flota artesanal y de las infraestructuras en tierra disponibles para ellas. Así, en un escenario generalizado de descenso en la productividad pesquera, y como una excepción a la regla, hay puertos secundarios que mantienen cierta estabilidad en las capturas registradas por el grupo de barcos que los usan como base de operaciones (Tabla 1).



|                              | 1984        |              |                  |       |      |     |        | 2011        |              |                  |       |       |       |  |
|------------------------------|-------------|--------------|------------------|-------|------|-----|--------|-------------|--------------|------------------|-------|-------|-------|--|
| Puertos de pesca secundarios | Captura (t) | Nº de Barcos | Nº de Pescadores | TRBs  | C/B  | C/P | C/TRBs | Captura (t) | Nº de Barcos | Nº de Pescadores | TRBs  | C/B   | C/P   |  |
| Agate                        | 100         | 30           | 50               | 39.7  | 3.3  | 2.0 | 2.5    | 110.6       | 28           | 55               | 120.8 | 3.95  | 2.01  |  |
| San Cristóbal                | 127         | 8            | 28               | 12.6  | 15.9 | 4.5 | 10.1   | 62.6        | 9            | 29               | 34.2  | 6.95  | 2.16  |  |
| Melenara                     | 35          | 13           | 48               | 36.5  | 2.7  | 0.7 | 1.0    | 36.0        | 19           | 33               | 115.8 | 1.89  | 1.09  |  |
| Castillo Romeral             | 110         | 35           | 184              | 75.1  | 3.1  | 0.6 | 1.5    | 65.3        | 20           | 50               | 46.5  | 3.26  | 1.30  |  |
| Arguineguín                  | 900         | 36           | 150              | 198.8 | 25.0 | 6.0 | 4.5    | 977.9       | 56           | 80               | 382.2 | 17.46 | 12.22 |  |
| Mogán                        | 650         | 30           | 126              | 142.9 | 21.7 | 5.2 | 4.5    | 128.3       | 21           | 70               | 177.8 | 6.10  | 1.83  |  |
| TOTAL                        | 1992        | 152          | 586              | 505.6 |      |     |        | 1380.7      | 153          | 317              | 877.2 |       |       |  |

Adicionalmente, se ha documentado la vulnerabilidad de los ecosistemas insulares a los cambios en el clima, y quizás el efecto más visible sea la presencia de nuevas especies como consecuencia de la tropicalización de la fauna y flora marina del Archipiélago. Sin embargo, también hay cambios más sutiles, como la elevada variabilidad en la abundancia de ciertas especies, particularmente las pelágicas de vida corta o con rutas migratorias que están afectadas por las condiciones climáticas, como es el caso de los atunes. Este fenómeno (sobrepesca), puede ser un factor que puede haber contribuido al colapso de la sardina europea y las fuertes oscilaciones observadas en las capturas de caballa y muchas especies bentodemersales, mayormente debido a que la pesca genera un truncamiento en la estructura de edades, lo que reduce la capacidad de las poblaciones para amortiguar los efectos ambientales negativos.

Según Myers y Worm<sup>8</sup>, tras 15 años de actividad la pesca industrial generalmente reduce la biomasa de peces en un 80%. Es decir, después de casi 70 años de pesca industrial en todo el mundo, quedarían menos del 20% de la biomasa de peces que habían a mediados del siglo XX. Desgraciadamente, las Islas Canarias y su pesca artesanal no son una excepción al fenómeno de sobrepesca mundial. Así, los datos disponibles sugieren que en Canarias, con una capacidad de pesca sobredimensionada en relación a la capacidad productiva de sus aguas, la pesca artesanal y recreativa han reducido la biomasa disponible de los stocks explotados en aproximadamente un 90% en un periodo de 30 años (Fig. 7). Esta situación ecológica aproxima a la pesca artesanal en el Archipiélago hacia su total desaparición, con todas sus consecuencias. Los indicadores económicos ya





| C/TRBs |
|--------|
| 0,91   |
| 1,83   |
| 0,31   |
| 1,40   |
| 2,55   |
| 0,72   |



Tabla 1. Rendimiento de la pesquería artesanal, medido como Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE), en diferentes puertos secundarios de la isla de Gran Canaria en 1984 y 2011. Capturas (C), número de barcos (B), número de pescadores (P), y Toneladas de Registro Bruto (TRBs) de la flota artesanal en seis puertos secundarios de Gran Canaria en 1984 y 2011. Se usa B, P y TRBs como aproximaciones al esfuerzo pesquero y se estiman las variaciones de la CPUE (C/B, C/P y C/TRBs) entre ambos años.

sugieren esta situación, de modo que la contribución de la pesca al PIB de las islas ha descendido un 88,5% en sólo doce años. Por tanto, si no se establece una estrategia de gestión alternativa, los stocks de peces podrían colapsar en un periodo de tiempo no muy largo. Los efectos de dicho colapso, en el medio o largo plazo, no sólo se circunscribirían a problemas económicos y sociales, sino también causarían problemas ecológicos de gran magnitud de consecuencias impredecibles.

## Bibliografía

- (1) Bas, C., Castro, J.J., Hernández-García, V., Lorenzo, J.M., Moreno, T., Pajuelo J.G., and González-Ramos, A.J., 1995. La Pesca en Canarias y áreas de influencia. Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria.
- (2) Guyader, O., Berthou, P., Koutsikopoulos, C., Alban, F., Demanèche, S., Gaspar, M.B., Eschbaum, R., Fahy, E., Tully, O., Reynal, L., Curtil, O., Frangoudes, K., Maynaud, F. 2013. Fish. Res., 140:1-13.
- (3) García-Cabrera, C. 1970. La pesca en Canarias y Banco Sahariano. Consejo Económico Sindical Interprovincial de Canarias. 176 pp.
- (4) Pastor, X., Delgado de Molina, A. 1985. ICES C.M. 1985/H:39: 24 pp.
- (5) Bordes, F., Barrera, A., Carrillo, J., Castillo, R., Castro, J.J., Gómez, J., Hansen, K., Hernández-García, V., Moreno, T., Pérez, F., Ublein, F., 1997. Evaluación acústica de los recursos epipelágicos y estudio de la capa de reflexión profunda en Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria (Islas Canarias). Informe Técnico. Viceconsejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. 63 pp
- (6) González, J.A. 2008. Memoria científico-técnica sobre el Estado de los recursos pesqueros de Canarias (REPESCAN). Instituto Canario de Ciencias Marinas. Telde (Las Palmas), 210 pp.
- (7) Morales-Nin, B., Moranta, J., García, C., Tugores, M.P., Grau, A.M., Riera, F., Cerdà, M. 2005. ICES J. Mar. Sci., 62:727-739.
- (8) Myers, R.A., Worm, B. 2003. Nature, 423:280-283.





Un grupo muy poco  
conocido de algas del  
litoral en las islas Canarias

Figura 1. Playa de Las Burras, San Bartolomé de Tirajana  
(marzo de 2009) (Autor: Leopoldo O'Shanahan).

# Las diatomeas de rompientes

(«surf diatoms»)

**Leopoldo O' Shanahan Roca**

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos  
Contacto: leopoldo.oshanahan@gmail.com

## Desarrollarse en la espuma de las olas

En el intermareal de muchas playas de arena de las Islas Canarias es frecuente encontrar unas acumulaciones (también llamadas discoloraciones), a modo de manchas verdes, depositadas sobre la arena o suspendidas sobre la espuma del frente de las olas que se desplazan en movimiento ascendente o descendente (Fig. 1). Estas acumulaciones, que no son nocivas para los bañistas ni para el ecosistema marino, son debidas al desarrollo masivo de unas microalgas, de la Clase Diatomeas, que son conocidas como diatomeas de rompiente (*surf diatoms* en la terminología inglesa), porque se desarrollan precisamente en las rompientes de las olas de playas arenosas. Es decir, únicamente tienen lugar en playas de arena y nunca en zonas rocosas. En todo el planeta se han descrito hasta seis especies diferentes de estas diatomeas<sup>1</sup>.

En las acumulaciones de diatomeas de rompientes en playas de Canarias se ha identificado una única especie de diatomea, *Attheya armatus* (T. West) R.M. Crawford (1994). *Armatus* ha sido descrita en todo el planeta desde hace décadas y fue citada por primera vez para las Islas Canarias y en el Atlántico Centro Oriental en 2004, por Ojeda y O'Shanahan<sup>2</sup>. Por lo general, las discoloraciones están formadas por una sola especie de diatomea y se han observado en numerosas latitudes de ambos hemisferios (Fig. 2).

Los filamentos de *Attheya armatus* se organizan en cadenas de 7 a 14 células. Estas células tienen forma elípticas u ovaladas, con una elevación en la parte central y dos cloroplastos claramente visibles, y además muestran pequeñas espinas cerca de la base de las setas, características de esta especie (Fig. 3). La longitud valvar varía en un rango de 23 a 32  $\mu\text{m}$  y un ancho máximo de 11 a 15  $\mu\text{m}$  (Figs. 4 a 6)<sup>2</sup>.



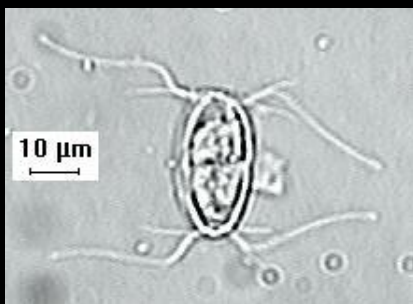


Figura 3.

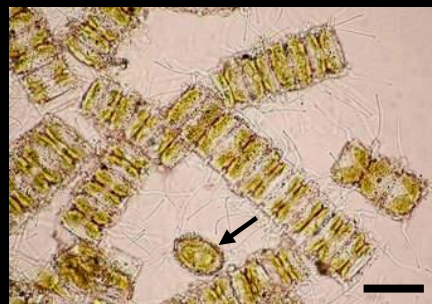


Figura 5.



Figura 6.



Figura 4.

Figura 2. Zonas donde se han descrito acumulaciones de *Attheya armatus* por numerosos investigadores en todo el planeta, desde hace varias décadas (adaptado de Campbell, 1991).

Figura 3. Vista valvar de una sola célula en la que se observan las espinas típicas que le da nombre "armatus" a la especie (Autor: Alicia Ojeda).

Figura 4. Observación microscópica de discoloraciones/acumulaciones de *Attheya armatus* (Microscopio Óptico, 160 X) (Autor: Alicia Ojeda).

Figura 5. Fotografía obtenida con microscopio electrónico de cadenas de diatomeas de la especie *Attheya armatus*. Barra de escala equivale a 10 μm. Se observa también una célula aislada en vista valvar (flecha negra) (Autora: Alicia Ojeda).

Figura 6. Cadenas de células formando agregados (Autora: Alicia Ojeda).

Frente a la idea de que estas manchas se producen por algún proceso que contamina o ensucia el agua de mar (por ejemplo vertidos de aguas residuales, aguas de rechazo de desaladoras u otras), como podría aparentar en las fotografías (Figs. 7 a 9), en realidad este fenómeno es absolutamente natural y se genera por procesos naturales. No obstante, las acumulaciones de diatomeas de rompientes sí pueden ser debidas a un enriquecimiento en nutrientes de las aguas del litoral que acceden al mismo a través de los sedimentos terrestres, posiblemente procedentes de los jardines de urbanizaciones costeras. En Canarias, ninguna de las playas en las que se han detectado presentaba contaminación fecal.

### Una importante fuente de alimento en un hábitat aparentemente poco productivo

El hábitat natural de las diatomeas de rompientes es la arena de las playas que queda al descubierto durante la bajamar, sobre cuyos granos las células se fijan mediante filamentos de mucílago y ahí desarrollan su vida (Fig. 10). Debido a esto también se las conoce como algas "epipsámicas" (del griego *epi*- "sobre" y *psammo*- "arena"). Cuando a la zona intermareal llegan cantidades importantes de nutrientes, las diatomeas de rompientes adquieren una alta tasa de proliferación, por lo que se multiplican masivamente y se van desprendiendo del fondo, formando esas grandes manchas (acumulaciones) que sobrenadan un tiempo en el agua de la ola ascendente y descendente, por la suave pendiente de la playa, para luego quedar depositadas sobre la arena del intermareal.

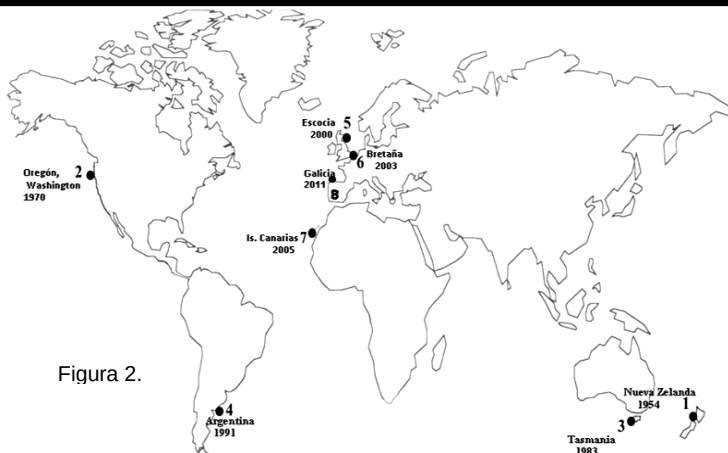


Figura 2.

La presencia de estas diatomeas en la arena está condicionada por un cambio intermitente en la intensidad de la luz que les llega, causada por el paso de las olas, cuyo movimiento suspende la arena y forma espuma, disminuyendo el paso de la luz y aumentando cuando la ola se retira<sup>3</sup>. A pesar de esta oscilación periódica y continua de la llegada de la luz, las rompientes son consideradas como zonas eufóticas. En este contexto, las células se desprenden de los granos de arena y se adhieren a la superficie de las burbujas de aire que se originan en la rotura de las olas. De esta manera, esta flotación hace que las células queden expuestas a una irradiación muy cambiante en cortos periodos de tiempo, dado que pasan de estar totalmente expuestas a la luz (inhibitoria para la fotosíntesis) antes de subida de las olas, a quedar parcialmente oscurecidas por la turbidez generada por la arena que se levanta del fondo por el estallido de las olas y, por tanto, recibiendo bajas irradiaciones, muy discretas, exiguas para la fotosíntesis<sup>2,4</sup>.



Figura 9. Acúmulos de *Attheya armatus* sobrenadando en la superficie de las olas durante la resaca en la Playa de Güy-güy (Gran Canaria) (enero de 2018) (Fotografía: Airam Sarmiento).







Figura 7. Acumulaciones de agregados de células de la diatomea *Attheya armatus* flotando en la superficie de las olas (Playa de San Agustín, Gran Canaria, marzo de 2009; Autor: Leopoldo O' Shanahan).

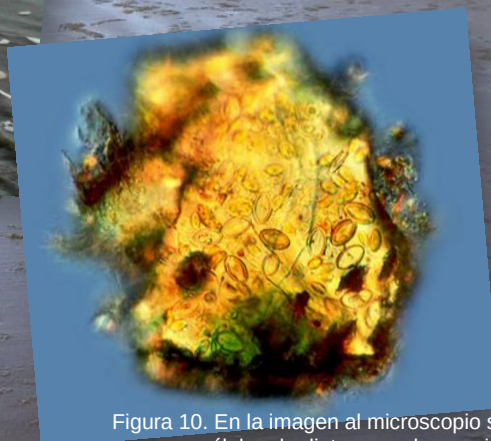


Figura 10. En la imagen al microscopio se observan numerosas células de diatomeas de rompientes epipsámicas, adheridas a un grano de arena. También las células se mueven entre los granos de arena (Autor: Proyecto Agua - <http://www.flickrriver.com/photos/microagua/18185140734/>).

Figura 8. Acumulaciones de diatomea *Attheya armatus* depositados por el oleaje sobre la Playa de San Agustín, Gran Canaria (Gran Canaria) (Autor: Leopoldo O'Shanahan).

Las diatomeas de rompientes tienen un papel fundamental en las redes tróficas del litoral. Algunos autores resaltan la idea de que la presencia tan abundante de diatomeas de rompientes en playas arenosas, normalmente consideradas como ecosistemas oligotróficos, origina niveles muy altos de producción primaria, la cual es aprovechada por los moluscos filtradores que habitan inmersos en estos ecosistemas<sup>5</sup>. Estas acumulaciones pueden generar tasas excepcionalmente altas de carbono en las redes tróficas (hasta 2000 g C/m<sup>3</sup>) y una parte significativa (más del 50%) se puede producir como carbono orgánico disuelto. En algunos lugares llegan a suponer hasta el 95% de la producción secundaria.

Algunos autores apuntan que las diatomeas de rompientes juegan un papel importante en la mineralización y proporcionan nutrientes inorgánicos disueltos suficientes para sostener la producción primaria en la columna de agua y ser utilizables por las bacterias. En algunos ambientes con acumulaciones de diatomeas de rompientes, hasta el 46% del carbono exudado por estas algas microscópicas es luego

consumido por bacterias. No obstante, los conocimientos sobre la ecología microbiana de las zonas de rompientes son aún escasos para entender el papel jugado por las bacterias en la ecología de las zonas de rompientes de las playas arenosas. Hasta ahora se han descrito unas noventa playas de todo el mundo en las que se han encontrado acumulaciones de diatomeas de rompientes, situadas en ambos hemisferios, aproximadamente entre las latitudes 42° S y 42° N (Fig. 2).

### Bibliografía

- (1) Du-Preez, D., Campbell, E.E. 1997. *Surf-zone Diatoms*. <http://www.upe.ac.za/botany/surfdiat/surfd.html>.
- (2) Ojeda, A., O'Shanahan, L. 2005. *Vieraea*, 33:1-7
- (3) Carballeira, R.M., Leira, M. López-Rodríguez, M.C., Otero, X.L. 2018. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 204:114-129.
- (4) Du-Preez, D., Campbell, E.E. 1996. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 69:545-551.
- (5) Odebrecht, C., Du-Preez, D., Abreu, P.C., Campbell, E.E. 2014. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 150:24-35.

# Volutas de Canarias y las costas atlánticas

**Juan Francisco Betancort Lozano**

Laboratorio de Paleontología, Facultad Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España.

Contacto: juanbetancort@gmail.com

Las Volutas (Familia Volutidae Rafinesque, 1815, genero *Cymbium* Röding, 1798,) pertenecen a una familia de gasterópodos marinos con una de las conchas más espectaculares y reconocibles<sup>1</sup>. Por su forma, y el gran tamaño que pueden llegar a alcanzar, son muy apreciadas por coleccionistas, esto hace que sea raro encontrar ejemplares vivos en el medio. La morfología de la concha es muy característica de esta familia, con una estructura alargada y globosa, con una espira poco marcada u oculta, apertura muy grande y alargada, con fuertes pliegues columelares, y de color naranja-rosa. Se distribuyen por el Mediterráneo y las costas orientales del Atlántico, desde Portugal al Golfo de Guinea, incluyendo las Islas Canarias<sup>2,3</sup>.

Estos moluscos viven generalmente enterrados en sedimentos finos, a poca profundidad, son carroñeros y activos predadores de otros gasterópodos y bivalvos. En Canarias hay descritas al menos tres especies de *Cymbium*: *Cymbium cucumis* Röding 1798, *C. cymbium* (Linnaeus 1758) y *C. tritonis* (Broderip 1830) (Fig. 1).

## El extraterrestre de Taliarte

Hace unos años, unos chicos que vivían en la Playa de Taliarte (costa este de Gran Canaria) encontraron buceando un organismo en la playa que no podían identificar (Fig. 2). «¡Es como un pulpo raro con concha!» «¡es un extraterrestre!» Cuando tuvimos la ocasión de revisar ese “extraterrestre”, que se movía lentamente en un acuario, vimos que se trataba de un precioso ejemplar de *Cymbium cucumis*. Con una concha cubierta de una capa de tejido protector (denominada periostraco) que le confería un tono dorado-ambarino, cercana a 15 centímetros, rodeada por un manto musculoso de unos 35 centímetros de diámetro y un peso cercano al kilo, con un color naranja y rosa, con motas de tonalidad verdosa. Encontraron este animal enterrado en el limo.

«¡Es como un pulpo raro con concha!» «¡es un extraterrestre!». Cuando tuvimos la ocasión de revisar ese ‘extraterrestre’, que se movía lentamente en un acuario, vimos que se trataba de un precioso ejemplar de *Cymbium cucumis*.

Tras explicarle que no se trata de un extraterrestre, y que es algo que es mejor no comer, si no que se trata de un hermoso ejemplar del que cada vez quedan menos, lo devolvieron a la playa donde lo habían encontrado.

## Bibliografía

- (1) Weaver, C.S., Du Pont, J.E. 1970. *Living Volutes. A monograph of the Recent Volutidae of the World*. Monograph Series nº 1. Delaware Museum of Natural History.
- (2) Wolff, W.J., Montserrat, F. 2005. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 85:949-953.
- (3) Hernández, J.M., Rolán, R., Swinnen, F., Gómez, R., Pérez, J.M. 2011. *Moluscos y Conchas Marinas de Canarias*. Ed. ConchBooks.



Figura 1. Concha de *Cymbium cucumis* Röding, 1798.



Figura 2. Vistas del “extraterrestre” de Taliarte.



# Las lagunas costeras enterradas de Boa Vista, Cabo Verde

Juan Francisco Betancort Lozano<sup>a</sup>, Nayra Hernández Guerra<sup>a</sup> y Luis Felipe López Jurado<sup>b</sup>.

a- Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

b- Departamento de Biología, Univ. de Las Palmas de Gran Canaria

Contacto: juanbetancort@gmail.com

Las islas oceánicas son ecosistemas únicos, auténticos laboratorios de la naturaleza donde su aislamiento, junto con las condiciones locales, ha favorecido procesos de especiación a todos los niveles, generándose una muy alta biodiversidad. Por desgracia, esta cantidad de especies endémicas está también ligada a una alta sensibilidad y fragilidad de los ecosistemas que las soportan. Pequeñas alteraciones de origen y naturaleza diversa pueden suponer la desaparición de especies vegetales y animales, y afectar a ecosistemas enteros, tanto marinos como terrestres.

El Archipiélago de Cabo Verde está compuesto por diez islas mayores y numerosos islotes, todos de origen volcánico. Se localizan a aproximadamente 16° N, distando unos 560 kilómetros de la costa de Senegal (África Occidental). Estas islas, permanecieron inhabitadas hasta su descubrimiento en 1456. Posteriormente, pasaron a ser un puerto base fundamental en el tráfico de personas entre África y Europa y América entre los siglos XV y XVII<sup>1</sup>. Con la llegada de los primeros pobladores, se produjo la entrada a estas islas de ganado, principalmente cabras que fueron liberadas, junto con burros y caballos<sup>2</sup>. El impacto de estos mamíferos sobre la vegetación local es un factor ya descrito anteriormente en islas y ambientes especialmente sensibles<sup>3</sup>, siendo un factor fundamental en la desaparición del suelo<sup>4</sup>.

## Un descubrimiento casual

La excavación de pozos en la región de Corral Belho y Prazeres, sur de la isla de Boa Vista (Fig. 1), entre 1997 y 1998, cerca de 1,5 kilómetros de la línea costera actual, puso al descubierto la existencia de

un nivel de sedimentos muy finos y de colores claros, con restos de moluscos marinos. Sobre este nivel, se dispone una capa con marcada estratificación de materiales finos de color marrón rojizo de aproximadamente 2,5 metros de potencia. En este ambiente se han identificado diferentes especies de malacofauna (Fig. 2), tales como *Tympanotonos fuscatus* (Linnaeus 1758), *Cerithium sp.*, *Semicassis cf. undulada* (Gmelin 1791), *Bulla striata* Bruguière, 1792, *Perna perna* (Linnaeus 1758), *Senilia cf. senilis* (Linnaeus 1758), *Dendostrea cf. folium* Gmelin 1791, *Tellina planata* Linnaeus 1758, y *Dosinia exoleta* (Linnaeus 1758).

## Una antigua laguna costera

Estos niveles se interpretan como una laguna costera rica en fauna, que ha sufrido un proceso de colmatación por la entrada de grandes cantidades de sedimentos arrastrados por aguas de escorrentía. El arrastre aluvial de estos sedimentos que colmataron y terminaron de cubrir esta laguna está asociado a los procesos de colonización y alteración de las islas de Cabo Verde.

La introducción de herbívoros en sistemas insulares tiene un efecto directo sobre la vegetación. Desde la llegada de los europeos a estas islas, en torno a 1460, los ecosistemas insulares han sufrido una severa degradación siendo una consecuencia primaria la desaparición del suelo. Este depósito fosilífero, se muestra como una prueba del impacto de los seres humanos en las islas. La introducción de cabras y roedores no sólo presenta un impacto severo sobre la cobertura vegetal (y por extensión, sobre el suelo) sino además sobre la composición de las comunidades, siendo especialmente sensibles las especies vegetales endémicas de las islas<sup>3</sup>. En Cabo Verde, la acción del ganado, principalmente cabras, se identifica como un factor predominante sobre la desaparición de los suelos<sup>4,5</sup>, observándose que la vegetación natural del archipiélago ha desaparecido casi en su totalidad.



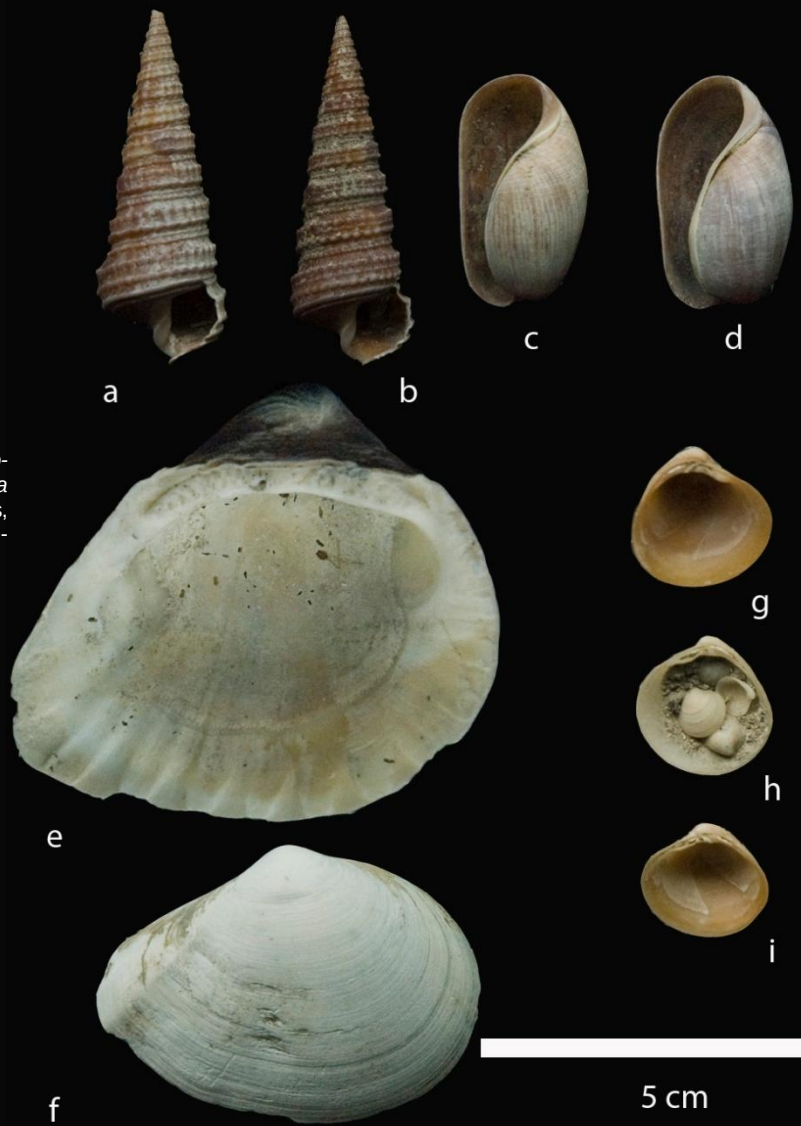
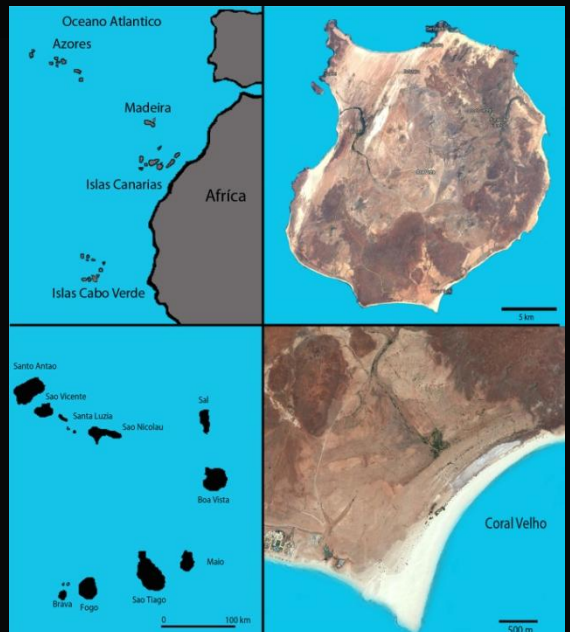


Figura 2. Moluscos de la laguna fosil. a b.- *Typanotonos fuscatus* (Linnaeus, 1758), c d.- *Bulla striata* Bruguière, 1792, e.- *Senilia cf. senilis* (Linnaeus, 1758), f.- *Tellina planata* Linnaeus, 1758, g, h i - *Dosinia exoleta* (Linnaeus, 1758)

Figura 1. Localización de Corral Velho, isla de Boa Vista, Archipiélago de Cabo Verde.



## Bibliografía

- (1) Lobban, R.A. Jr.1995. *Cape Verde: Crioulo Colony to Independent Nation*. Routledge. Taylor & Francis Ed.
- (2) Hazevoet, C.J., Masseti, M. 2011. *Zool. Caboverd.*, 2(1):12-24.
- (3) Gangoso, L., Donazar, J.A., Scholz, S., Palacios, C.J., Hiraldo, F. 2006. *Biodiv. Conserv.*, 15:2231-2248.
- (4) Frahm, J.P., Lindlar, A., Sollman, P., Fischer, E. 1996. *Trop. Bryol.*, 12:123-153.
- (5) Pasiiecznik, N.M., Vera-Cruz, M.T., Harris, P.J.C. 1996. *J. Arid Envirom.*, 34:507-519.

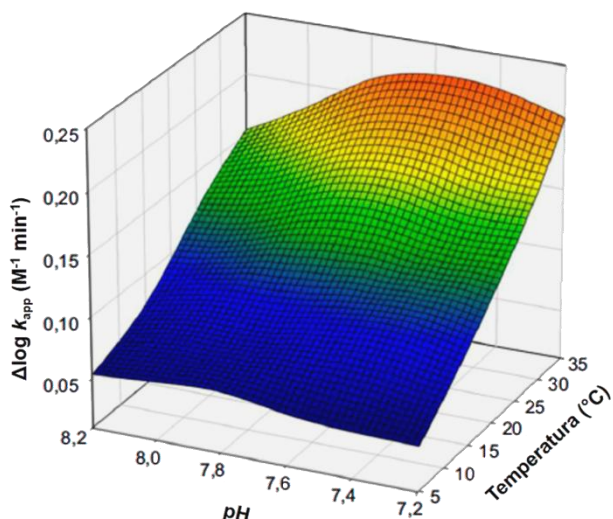
Proyecto ATOPFe

# Efecto de la acidificación oceánica, la temperatura y el contenido de materia orgánica en la persistencia de Fe(II) en el Océano Atlántico





Figura 1: Oxidación de Fe(II) en distintas condiciones de pH y Temperatura (modificado de Samperio-Ramos et al., 2016).



## J. Magdalena Santana Casiano, Melchor González Dávila

Instituto Universitario de Oceanografía y Cambio Global  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria  
Contacto: magdalena.santana@ulpgc.es

ATOPFe es un proyecto I+D correspondiente al programa estatal de fomento de la investigación científica y técnica de excelencia, subprograma estatal de generación de conocimiento (convocatoria 2017), concedido al grupo QUIMA (Química Marina) del Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOGAG) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Los investigadores que participan en ATOPFe son la Dra. J. Magdalena Santana Casiano, el Dr. Melchor González Dávila, el Dr. Aridane González, la Dra. Norma Pérez-Almeida, la Dra. Milagros Rico, el Dr. Miguel Suárez de Tangil, el Dr. Argimiro Rivero, y la investigadora en formación Carolina Santana. El proyecto también cuenta con la colaboración de la Dra. Antera Martel del Banco Español de Algas (BEA) de la ULPGC y de la Dra. Maite Maldonado, de la Universidad de British Columbia (Canadá).

### ¿Qué se estudia en ATOPFe?

En el proyecto ATOPFe se estudia el efecto del pH, la temperatura (T), oxígeno disuelto ( $O_2$ ) y la materia orgánica en la cinética de oxidación del hierro y en su persistencia en el océano. El Fe es un metal esencial para la vida de los organismos marinos, de ahí la importancia de estudiar su química en el océano. Para este estudio, se han seleccionado tres regiones específicas del océano, la zona polar, la subtropical y las regiones volcánicas submarinas, como base fundamental para poder contrastarlas con los estudios que se han realizados en laboratorio y desarrollar un modelo cinético global para el hierro (Fe) en el contexto de la acidificación y calentamiento oceánico.

El conocimiento actual sobre los ciclos biogeoquímicos de los metales traza y la influencia del aumento del  $CO_2$  en cuanto a acidificación del medio y calentamiento y su efecto en los organismos marinos, se ha incrementado notablemente en esta década debido al desarrollo de programas a escala internacional, como GEOTRACES (<http://www.geotraces.org/>), de metales traza, y proyectos como CARBOCHANGE (<http://carbochange.b.uib.no/>), CARBOOCEAN (<http://www.carboocean.org/>), dedicados al estudio del  $CO_2$ , EPOCA (<http://www.epoca-project.eu/>), y BIOACIDS (<http://www.bioacid.de/>), más específicos sobre acidificación desde la perspectiva biológica. Sin embargo, la investigación sobre la influencia del aumento del  $CO_2$  y la investigación sobre la biogeoquímica de los metales traza se sigue tratando como disciplinas independientes.

El pH y la temperatura son dos variables clave y como tales controlan los procesos químicos y biológicos. Por lo tanto, investigaciones relacionadas con la biogeoquímica de los metales traza, la acidificación oceánica y el calentamiento de las aguas superficiales deberían estar ligadas. Las publicaciones relacionadas con estudios en el océano sobre las múltiples interacciones entre el pH, la temperatura y los metales traza son escasas, pero dan cuenta de la complejidad y el significado que tendría el realizar este tipo de investigación. El papel del pH y la temperatura en la cinética de oxidación de Fe(II) se puede observar en la figura 1.

Actualmente, existe un conocimiento más detallado de la química del  $CO_2$  que del comportamiento químico de los metales traza en el medio marino, y en particular del hierro, y su interacción con la materia orgánica. Es por esto que desde el grupo QUIMA, se ha planteado un proyecto innovador, donde se tratará la química del Fe e interacciones con otros metales traza junto a la química del sistema del carbono en el océano. Esto permitirá tener una visión integrada de los ciclos biogeoquímicos marinos.

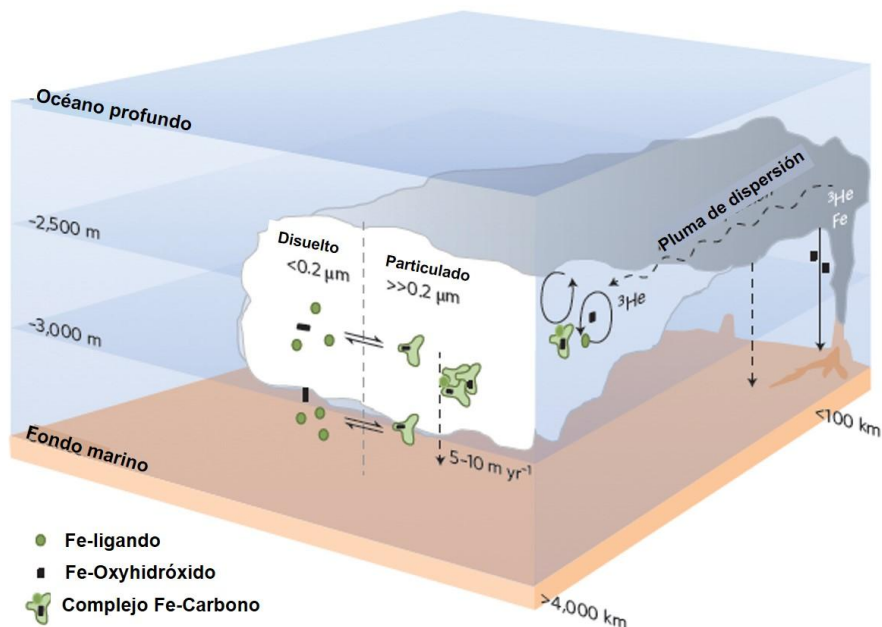


Figura 2: Emisión de Fe en una fuente hidrotermal e interacción con los componentes orgánicos del medio (modificado de Homoky, 2017).

### ¿Por qué estudiar el comportamiento del hierro en el océano?

El hierro es un elemento traza esencial para el desarrollo de los organismos y tiene un gran impacto en el ciclo del carbono a través de las comunidades planctónicas y su productividad. El hierro soluble en su forma reducida, Fe(II), es la especie principalmente asimilable por el fitoplancton, a diferencia del hierro oxidado, Fe(III), de baja solubilidad y fuertemente complejoado con los compuestos orgánicos del medio. Debido a las condiciones de pH, T y  $O_2$  del medio marino, el Fe(II) es termodinámicamente inestable y tiende a oxidarse rápidamente. La acidificación del océano favorece la presencia de Fe(II), frente a la situación actual donde se favorece la presencia de la especie oxidada, Fe(III). Además, la materia orgánica juega un papel esencial en el ciclo del Fe en el océano. Los compuestos orgánicos puede reducir Fe(III) a Fe(II) y también estabilizar el Fe(II) a través de su complejación. Es importante destacar que el Fe en agua de mar está complejoado, asociado, con la materia orgánica en un 99%.

### ¿Qué se investiga en ATOPFe?

Se investigan qué mecanismos son los que determinan la presencia de Fe(II) en el medio marino, y cómo se ven estos afectados por la acidificación, calentamiento oceánico y la presencia de materia orgánica.

Para ello se combinan los estudios que se están realizando en las tres regiones seleccionadas (la polar, la subtropical y las regiones volcánicas submarinas) con los estudios en laboratorio, para dar respuesta, desde el punto de vista teórico de la química-física marina, a aquellos mecanismos que controlan el comportamiento del Fe(II) y que explican el que pueda persistir como tal en el océano.

El proyecto ATOPFe tiene cuatro objetivos fundamentales. El primero es estudiar la cinética de oxidación de Fe(II) para describir su persistencia en las masas de aguas encontradas en tres distintas regiones del océano Atlántico. Las regiones polares son las más frías y sensibles al efecto de la acidificación oceánica. Las regiones subtropicales siguen una tendencia intermedia y las regiones volcánicas se podrían utilizar como laboratorios naturales en los que estudiar el efecto de la acidificación. Estos efectos serán diferentes en zonas profundas, como la de la dorsal media atlántica, o en regiones someras, como el volcán Tagoro (en la isla de El Hierro), afectadas por la luz, donde se favorecería la productividad del fitoplancton y, por lo tanto, el contenido de carbono orgánico, aunque también existirá un importante "pool" microbiano en los fondos. En ambos casos, se generaría una gran cantidad de materia orgánica. La importancia del Fe en zonas hidrotermales se observa en las Figuras 2 y 3.

Como segundo objetivo, en ATOPFe se analiza el comportamiento químico del Fe(II) en regiones volcánicas realizando estudios en laboratorio que consideren las interacciones iónicas con otros componentes también emitidos por el volcán como silicatos, manganeso ( $Mn^{2+}$ ), azufre ( $HS^-$ ) y cobre (Cu), que afectarán a su especiación. Esto permitirá entender la especiación del hierro en estos sistemas singulares por su alto contenido en iones en disolución. Con este objetivo se profundiza en la química del Fe y se obtienen datos para extrapolarlo a un escenario más real.

En ATOPFe se estudia, en tercer lugar, la interacción Fe-Cu-fitoplancton, a través de la determinación de los compuestos orgánicos excretados como consecuencia de la interacción Fe-Cu y su efecto en la asimilación por parte del fitoplancton. La interacción de Fe y Cu en presencia



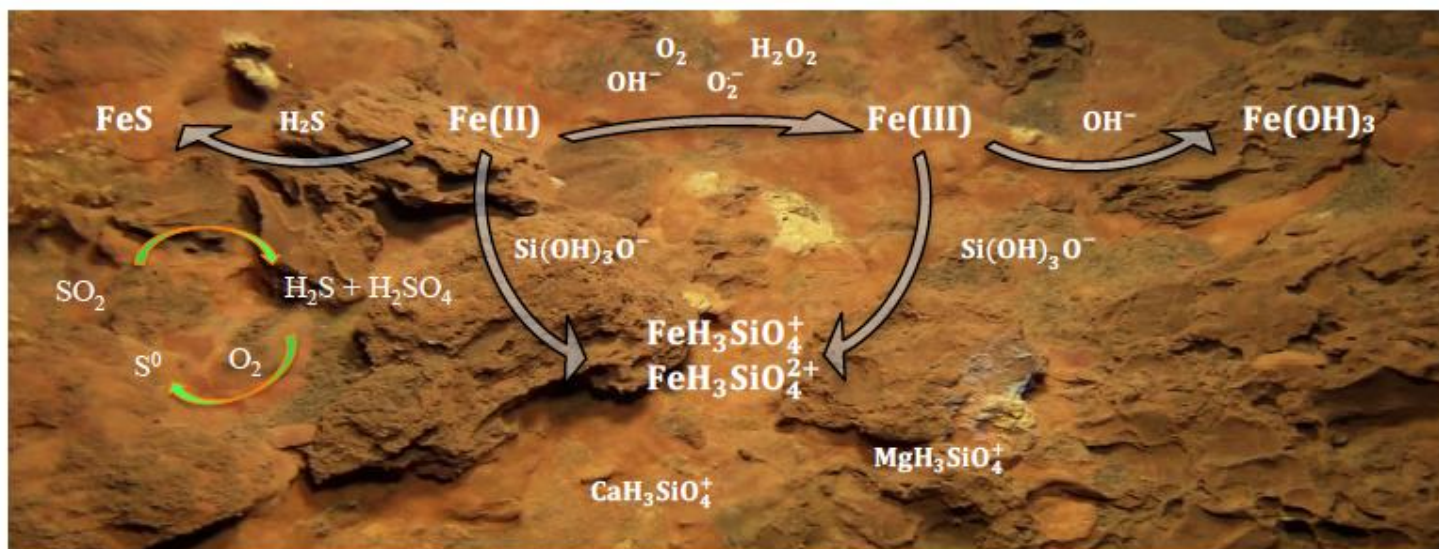


Figura 3: Emisión de Fe(II) en ambientes volcánicos submarinos e interacción con otros componentes químicos inorgánicos.

de fitoplancton sigue siendo lo suficientemente compleja y poco conocida como para realizar estudios directos de campo en este sentido. Por ello, se propone la realización de ensayos controlados en laboratorio usando microcosmos y especies fitoplanctónicas individuales. De esta manera se podrá mejorar el conocimiento y entender a fondo las reacciones y procesos que se muestran en la figura 4. En este tercer objetivo, el proyecto se centra en responder dos cuestiones fundamentales que están interrelacionadas y que deben ser resueltas:

- Investigar los mecanismos de adquisición de metales traza por el fitoplancton marino bajo condiciones limitantes de Cu, focalizándose en la liberación de exudados orgánicos y su efecto en la especiación de Cu y Fe en agua de mar. En relación a los compuestos orgánicos producidos, será posible extraer y caracterizar determinados compuestos procedentes de cultivos individuales de fitoplancton sometidos a la vez a estos dos metales, lo que permitirá la cuantificación y caracterización de ligandos (polifenoles, sacáridos y aminoácidos) en diferentes condiciones experimentales.
- Estudiar cómo la acidificación oceánica afecta a la especiación de Cu-Fe y a la biodisponibilidad de estos dos metales para el fitoplancton. La acidificación oceánica afecta a la biodisponibilidad de los metales traza cambiando la especiación inorgánica, su capacidad de complejación con compuestos orgánicos y los parámetros cinéticos del transporte del metal en el fitoplancton. Actualmente los estudios de acidificación y biodisponibilidad se han centrado principalmente en el Fe, pero el efecto en la especiación y biodisponibilidad de Cu no se ha examinado. Un aumento de la acidificación podría aumentar la toxicidad del Cu y decrecer la productividad de las aguas.

Para alcanzar este objetivo se cuenta específicamente con la experiencia y colaboración de la Dra. Maldonado, de la Universidad de British Columbia (Canadá), especialista en la interacción de metales traza con fitoplancton y que se ha trasladado a los laboratorios que posee la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) para realizar una serie de experimentos conjuntos. Esta colaboración se mantendrá a lo largo del desarrollo del proyecto.

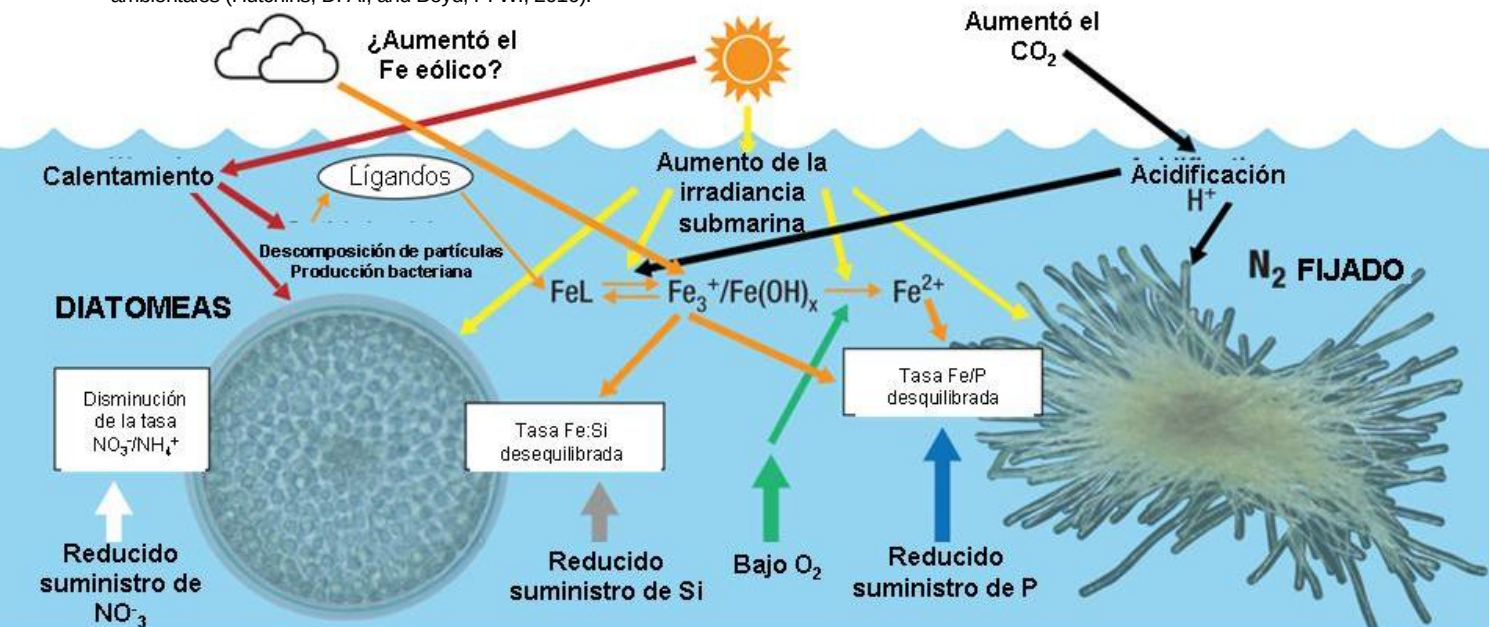
El cuarto objetivo del proyecto considera la necesaria modelización de un sistema complejo como el aquí indicado. Es necesario realizar una comparación de las cinéticas de oxidación de Fe(II), en el océano con estudios en laboratorio y con compuestos orgánicos individuales, para determinar su contribución a la velocidad de oxidación del Fe(II) y poder modelizar el comportamiento en condiciones naturales. En este caso, la serie de estudios experimentales permite profundizar en el planteamiento de nuevas reacciones de oxidación, reducción y complejación de Fe en el medio marino, además de introducir las reacciones químicas que determinan la interacción con otros metales como el Cu.

### Impacto del proyecto

El proyecto ATOPFE promueve la investigación de calidad, evidenciada por la internacionalización de sus actividades y la publicación de sus resultados en foros de alto impacto científico y tecnológico.

La acidificación oceánica (<http://ocean-acidification.net/>) y la química del Fe (<http://www.geotrac.es/>) son dos de los temas de relevancia en oceanografía a nivel internacional. Estos estudios contribuirán a dar respuestas a los resultados encontrados en otros proyectos en relación con los estudios de mesocosmos, fertilización oceánica y emisiones de hierro en zonas hidrotermales, al poder justificar la presencia de Fe(II) en función de las condiciones del medio marino.

Figura 4: Interacción Fe-fitoplancton en distintas condiciones ambientales (Hutchins, D. A., and Boyd, P. W., 2016).



El proyecto contribuirá al estudio y el conocimiento del ciclo biogeoquímico del Fe en el medio marino, un elemento que es esencial para el crecimiento de los organismos y generará conocimiento científico relacionado con la acidificación y calentamiento oceánico y sus repercusiones en la sostenibilidad de la vida en el medio marino.

En los estudios en la dorsal Atlántica media, se cuenta con la colaboración de la Dra. Lohan, de la Universidad y Centro Oceanográfico Nacional de Southampton (NOCS, Reino Unido), implicada en el programa GEOTRACES, que ha ofrecido la posibilidad de participar en la campaña FRidge, y con el estudiante de doctorado David González de la Universidad de la Bretaña Occidental (UBO, Francia) que realizará los estudios cinéticos de Fe(II). También, en los estudios de la dorsal atlántica norte, contamos con la invitación de los doctores Gladyshev y Sokov del Instituto de Oceanología Shirshov (SIO), de la Academia Rusa de las Ciencias, para participar en las campañas en la región subártica organizadas por dicha institución.

Por otra parte, y a través de la colaboración del Dr. González y la Dra. Sarthou de la Universidad de Brest y Laboratorios de Medio Marino (LEMAR, Francia), se dispondrá de muestras de la región polar y del Atlántico Centro-Occidental, en la región de la estación de series temporales BATS de proyectos correspondientes al programa GEOTRACES. Además, para el estudio de la interacción de Fe y Cu con el fitoplancton, se cuenta con la colaboración de la Dra. Maldonado, implicada en GEOTRACES, que se incorporará al grupo de investigación en la ULPGC durante varios meses trabajando en la interacción Fe-Cu-Fitoplancton.

## La acidificación oceánica y la química del Fe son dos de los temas de relevancia en oceanografía a nivel internacional.

En el asesoramiento sobre la determinación de compuestos orgánicos se cuenta con la participación del Dr. Coimbra, de la Universidad de Aveiro (Portugal), y en la modelización se cuenta con la colaboración y experiencia del Dr. Voelker del Instituto Alfred Wegener (AWI, Bremerhaven, Alemania), que actualmente es uno de los investigadores más importantes relacionados con la modelización de los ciclos biogeoquímicos a nivel global.

En el blog eacfe-quima podrán encontrar información relativa a la temática del proyecto y a los miembros de su equipo (<http://eacfe-quima.blogspot.com.es>).

### Bibliografía

- (1) Du-Preez, D., Campbell, E.E. 1997. *Surf-zone Diatoms*. <http://www.upe.ac.za/botany/surfdiat/surfd.html>.
- (2) Ojeda, A., O'Shanahan, L. 2005. *Vieraea*, 33:1-7
- (3) Carballeira, R.M., Leira, M. López-Rodríguez, M.C., Otero, X.L. 2018. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 204:114-129.
- (4) Du-Preez, D., Campbell, E.E. 1996. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 69:545-551.
- (5) Odebrecht, C., Du-Preez, D., Abreu, P.C., Campbell, E.E. 2014. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 150:24-35.



# Galardones Océanos

## 2019

**Galardón de reconocimiento *Océanos* a la labor personal, colectiva y empresarial para el estudio y conservación de los océanos 2019**

Con objeto de favorecer el estudio y/o conservación de la vida en los océanos, la Sociedad Atlántica de Oceanógrafo (SAO) ha establecido el galardón "Océanos" con motivo de reconocer la labor individual de personas, empresas y comunidades, asociaciones o instituciones, realizada en favor de la promoción de las ciencias marinas y/o la protección de los mares y océanos y de la vida que estos soportan, a lo largo de toda una trayectoria vital o profesional. En 2019 se presenta la séptima edición de este galardón.







Figura 4: Vista de las huellas de ovicaprinus marcadas sobre la capa sedimentaria del Holoceno.

# Variaciones recientes en el nivel del mar registradas en el patrimonio paleontológico de Canarias





Figura 1: Vista de los niveles sedimentarios holocenos presentes en la costa de Fuerteventura.



Figura 2: Vista de los niveles de capas de gravas y arenas negras del Holoceno.



Figura 3: Huellas de ovicaprinus marcadas sobre la capa sedimentaria del Holoceno.

## Juan Francisco Betancort

Laboratorio de Paleontología, Facultad Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España.  
Contacto: juanbetancort@gmail.com

En este trabajo se explica los resultados de una publicación científica reciente<sup>1</sup> sobre un aspecto del patrimonio paleontológico de Canarias del Holoceno. El Holoceno se corresponde a los últimos 11.000 años en la historia del planeta Tierra. Siempre se ha considerado que a lo largo de esta época, las condiciones climáticas y ecológicas actuales no han sufrido cambios significativos.

### Los niveles Holocenos

En la costa suroriental de la isla de Fuerteventura aparece un depósito sedimentario costero con una fuerte estratificación (Fig. 1). Se trata de capas muy marcadas de gravas y arenas negras con restos de fauna (principalmente moluscos), cuya datación cronológica oscila en un intervalo entre 4.200 y 1.400 años antes de la actualidad (Fig. 2). Los diferentes horizontes o capas datados se encuentran a 4 y 3,5 metros sobre el nivel del mar actual. Sin embargo, Fuerteventura es una región tectónicamente estable, es decir, que no se han producido movimientos verticales de la isla en ese rango de edades. Por tanto, si comparamos con el nivel del mar actual, estos depósitos nos hablan de una altura relativa del nivel del mar más alta, entre 2,5 y 2 metros, respectivamente. Estos incrementos en el nivel del mar hace 4.200 y 1400 años, en plena edad media, se corresponden a una temperatura del mar diferente al actual, concretamente una temperatura superficial del agua más fría, entre 0,5 y 1,5 °C, respectivamente.

### La llegada de una especie invasora

Entre los dos depositos datados, aparecen unas extrañas marcas a lo largo de la superficie de uno de los niveles. Estas marcas se corresponden a huellas de ovicaprinos (cabras u ovejas) (Figs. 3 y 4). Este ganado paseó por una playa de arena grisácea tranquila, quizás lamiendo la sal de rocas y charcos como lo hace hoy en día, y dejaron sus huellas en una arena blanda. Por su edad, entre 4.200 y 1.400 años, y por que alguien debió traer a estos animales, se trata de uno de los testimonios más antiguos del poblamiento de Canarias.

### Bibliografía

- (1) Meco, J., Lomoschitz, A., Rodríguez, A., Ramos, A.J.G., Betancort, J.F., Coca, J. 2018. Mid and Late Holocene sea levels variations in the Canary Island. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 507(2018):214-225.

# Alberto Miguel Brito Hernández

## “La microalga más peligrosa es la cianobacteria de fondo que ya ha eliminado praderas extensas de sebadal en las islas orientales”

**Alberto Miguel Brito Hernández, catedrático de la Universidad de La Laguna, doctor en Biología y especialista en Biología Marina. Nació en Valle Gran Rey (La Gomera) en 1954 e ingresó en la ULL en 1980.**

**Alberto Brito fue condecorado el pasado año 2018 con el Galardón Océanos de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos por su implicación y dedicación al estudio y la conservación de los mares de Canarias. El Dr. Brito imparte Biología y Zoología Marina en la Universidad de La Laguna desde 1980.**

**Dr. Brito, ¿puede contarnos como empezó todo? ¿Dónde y por qué empezó el amor a la biología? ¿Y a la biología marina?**

Supongo que todo empezó en la costa de Valle Gran Rey en los años de la infancia y la primera juventud, pues siempre me gustó observar la vida en los bajíos y fondos costeros, con la curiosidad de entender cómo funcionaba la naturaleza marina. Luego fue muy importante la influencia de los profesores de biología, en los años que cursé el bachillerato superior en Santa Cruz de Tenerife. Ya en la universidad, fue decisiva la formación recibida con profesores que conocían bien el medio marino y su naturaleza.

**¿Cuál cree usted que es el estado actual de nuestros mares? ¿Podría ponerle una nota del 0 al 10?**

El estado actual de nuestro mar es notablemente peor que a finales de los años setenta y principios de los ochenta, cuando comencé a realizar investigaciones sobre la biodiversidad marina, salvo en algunas áreas marinas protegidas y zonas remotas expuestas. Sin duda, el aumento de población ha intensificado mucho la presión sobre los ecosistemas litorales y los recursos vivos, y tenemos muchos problemas con los efectos de la sobrepesca, la contaminación, las obras costeras y, desde finales de los años noventa, con el cambio climático, que están generando procesos de degradación y cambios de composición en las comunidades marinas; desde hace algunos años empezamos a tener ya problemas importantes con las especies introducidas potencialmente invasoras, aportadas principalmente por el tráfico marítimo. Le pondría una nota de 5.

**Actualmente trabaja en diversos proyectos sobre tropicalización de la región de Canarias y la invasión de especies. ¿Tenemos un problema en este sentido? ¿Corren riesgos nuestros ecosistemas?**

La tropicalización de la fauna y la flora marina está relacionada con el aumento de la temperatura del mar debido al cambio climático. Esto permite que especies de origen tropical hayan llegado a nuestro mar por sus propios medios de dispersión, muchas





de las cuales se han establecido y, al mismo tiempo, hace que tengan menos éxito aquellas especies de origen templado, lo cual es muy importante sobre todo si son especies que forman la estructura base, o son especies claves de las comunidades. De esta forma, nuestros ecosistemas están modificando su composición, particularmente en las islas más cálidas, las occidentales. Pero, el aumento de temperatura también favorece a las especies termófilas introducidas por el hombre, con el consiguiente riesgo de que se produzcan invasiones que alteren los ecosistemas.

#### **¿Cuáles son las principales actividades industriales que nos afectan en este asunto?**

En lo que se refiere a las especies introducidas, el riesgo ha aumentado mucho con la llegada a los puertos principales de plataformas petrolíferas, pues estos buques transportan una gran cantidad de fauna incrustada y asociada después de un tiempo largo de residencia en las zonas de perforación. La mayoría proceden de zonas tropicales y aportan organismos que, en el contexto actual de cambio climático, pueden reproducirse en Canarias y generar invasiones. Por otra parte, el aumento de obras litorales, como puertos industriales y deportivos, favorece el asentamiento y la dispersión de estos organismos recién llegados.

#### **De todas las especies que ha estudiado en términos de invasión y tropicalización, ¿cuál considera que es más peligrosa para el medio ambiente de Canarias?**

De las especies favorecidas por la tropicalización, aparte de las conocidas microalgas que tanta polémica social han creado, probablemente la más peligrosa es la cianobacteria de fondo del género *Lyngbya*, que, además de ser tóxica, sobrecrece sobre los organismos del fondo y ya ha eliminado praderas extensas de sebadal en las islas orientales. También los dinoflagelados productores de toxinas, como es el caso de *Gambierdiscus*, que están en el origen de la enfermedad conocida como ciguatera. En cuanto a la fauna, probablemente son los corales tropicales del género *Tubastraea*, introducidos por las plataformas petrolíferas, y el hidrozoo *Macrorynchia philippina*, que tienen una gran capacidad de invadir, sobrecreciendo y eliminando a otros organismos.

#### **¿Qué considera que debe hacer la administración pública al respecto?**

La administración debe crear un sistema permanente de control de lo que entra en los puertos, tanto en aguas de lastre como en las plataformas, adoptando las medidas adecuadas para frenar estos procesos. La puesta en marcha de un monitoreo en los puertos y su entorno es necesario también para localizar y eliminar los focos de riesgo.



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



Los números anteriores los puedes conseguir  
en versión digital en plataformas profesiona-  
les o solicitar en papel en tu librería habitual.  
Los índices están disponibles en:  
[www.mercurioeditorial.com](http://www.mercurioeditorial.com)

Por otra parte, la creación de nuevas áreas mari-  
nas protegidas, bien gestionadas, permitiría conser-  
var mejor nuestros ecosistemas y hacerlos más  
resilientes frente a los efectos del cambio climático y  
las especies potencialmente invasoras.

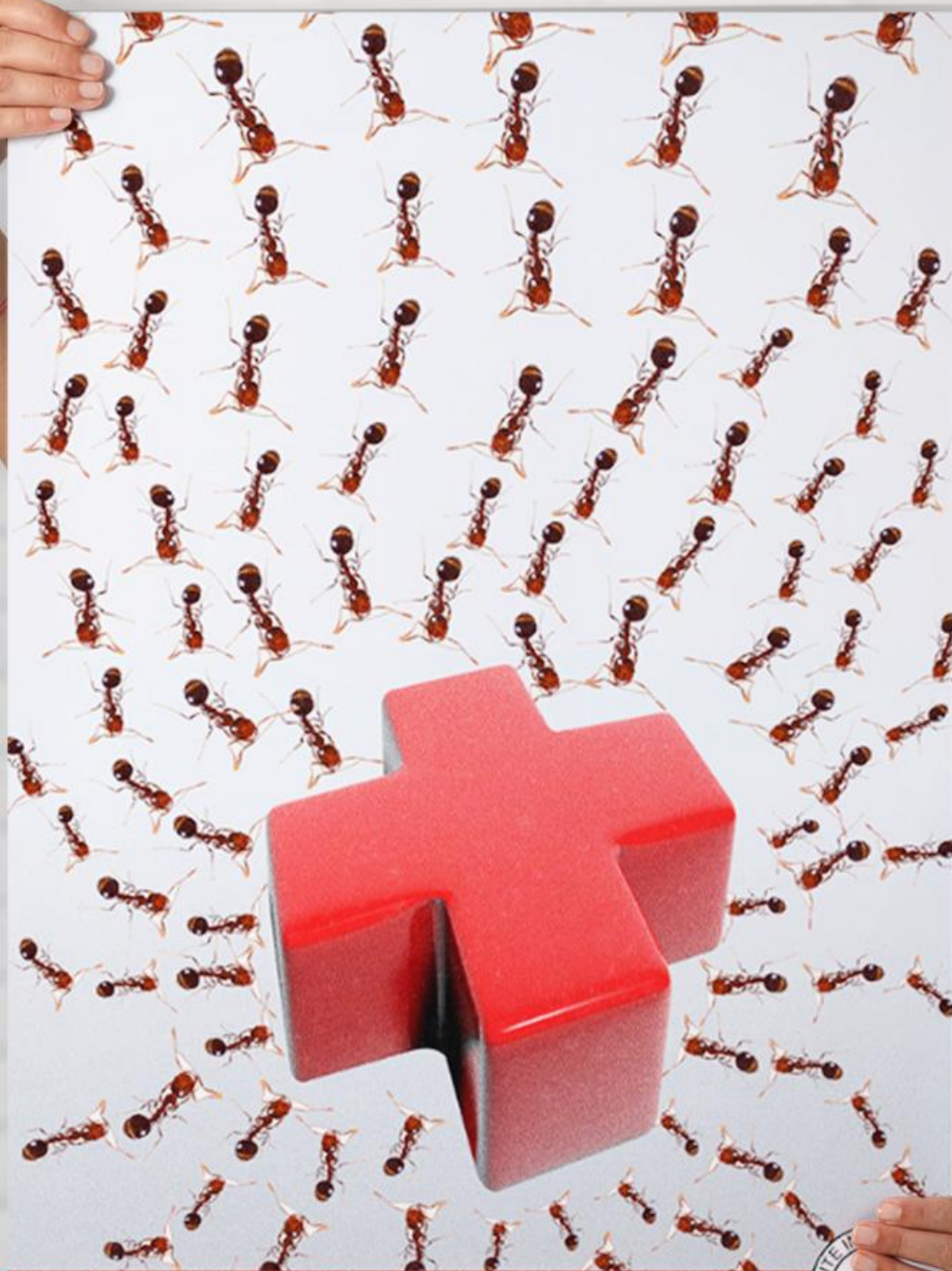
### ¿Cree que la sociedad es consciente de los pro- blemas ambientales marinos que tenemos en Canarias?

En general no, falta mucha educación ambiental y  
formación al respecto, divulgando los valores patri-  
moniales de nuestra naturaleza marina. Sí que se  
observa una preocupación creciente relacionada con  
los focos de contaminación y los procesos extraordi-  
narios generados por el cambio climático, que pue-  
den constituir un punto de partida importante para  
dicha concienciación.

### Ya para terminar, nos gustaría que no hiciera una reflexión sobre su visión de las ciencias marinas en Canarias.

Las Ciencias Marinas tienen actualmente un gran  
potencial en Canarias, pues hay una masa importante  
de investigadores que abordan muchos temas en los  
diferentes centros, desde estudios básicos de ocea-  
nografía y sobre la biodiversidad hasta otros aplica-  
dos, dedicados tanto a la gestión de los ecosistemas y  
los recursos como a la acuicultura y la biotecnología.  
Sin embargo, la precariedad de muchos puestos de  
trabajo puede limitar el éxito de tanto esfuerzo.





*12 millones de voluntarios*



# Borja Aguiar González

## “Evalué las escalas de variabilidad pasadas y presentes en el intercambio de masas de agua entre el Océano Índico y el Atlántico”

**Borja Aguiar González (Las Palmas de Gran Canaria, 1982), Licenciado en Ciencias del Mar, Máster y Doctor en Oceanografía por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). Tras una primera experiencia postdoctoral en el NIOZ Royal Netherlands Institute for Sea Research (Países Bajos), actualmente es investigador postdoctoral en la Universidad de Delaware (EEUU) e investigador asociado honorario del South African Environmental Observation Network en Ciudad del Cabo.**

**¿Podría decirnos cuál fue su motivación para estudiar Ciencias del Mar y doctorarse en Oceanografía?**

Por pura fascinación ante lo que los océanos esconden bajo la superficie; fascinación por entender su rol en el clima actual y pasado, por entender cómo ha moldeado grandes ciudades y civilizaciones a través del tiempo. El mar es un elemento clave en nuestra historia geológica y social, somos habitantes de un planeta vivo donde la interacción atmósfera-océano marca el compás de nuestro clima actual.

Al igual que muchos investigadores jóvenes de España, tras finalizar su tesis doctoral, ha emigrado para seguir avanzando en su carrera investigadora. ¿Cómo fue ese primer paso en Países Bajos? ¿Cómo un doctorando consigue ese primer contacto que le abre las puertas de un centro de relevancia como es el NIOZ?

Comencé mis estudios de doctorado, como muchos investigadores, siguiendo un plan inicial que fue evolucionando y adaptándose con el tiempo. Dicho plan inicial comprendía una estancia investigadora en La Haya, en el Departamento de Acústica Submarina del TNO Defence, Safety & Security. En este centro estuve trabajando en modelos de predicción oceánica costera en tiempo real; es decir, en predicciones a corto plazo del estado de la mar, análogo al trabajo que realiza un meteorólogo en el diagnóstico y pronóstico del tiempo que cabe esperar en los próximos días.

En principio se trataba de un período de aprendizaje en programación y modelación numérica con fecha de regreso, pero hacia el final de dicha estancia fui invitado por mi supervisor en el TNO a conocer el lugar donde él realizó su tesis doctoral. Se trataba del NIOZ, un centro de investigación oceanográfico ubicado en una isla del Mar del Norte, Texel, y del que había leído numerosos artículos en oceanografía física durante mi etapa de estudiante de Ciencias del Mar. Una oportunidad única se desplegaba ante mis ojos. Me invitaron a dar una charla







sobre mi proyecto y, sin saberlo, estaba asistiendo a una entrevista, la mía propia, que me abrió las puertas a un nuevo océano de posibilidades. La permeabilidad investigadora de mis directores de tesis en la ULPGC favoreció la construcción de un nuevo plan colaborativo para mi tesis, entonces en asociación con un tercer director de tesis en el NIOZ. Los años siguientes fueron un ir y venir entre Gran Canaria y Texel, dos islas atlánticas con personalidad oceanográfica propia.

Un mes antes de defender mi tesis doctoral, en Julio de 2013, ya había firmado con el NIOZ mi incorporación como Investigador Postdoctoral por un período de tres años y medio. Tras mi paso por la ULPGC como doctorando, el NIOZ depositaba así su confianza en mí para continuar mi carrera investigadora en Texel; sentí con fortuna que mi paso como doctorando por el centro fue un continuo entrenamiento para lo que me depararía la finalización de la tesis.

### **Una vez allí, ¿en qué proyectos trabajó?**

El aterrizaje en el NIOZ se produjo dos días después de mi defensa doctoral en la ULPGC. El proyecto me planteaba nuevos retos, cambiar mi línea de investigación doctoral en oceanografía costera y procesos de mesoescala, por un océano *más profundo y a mayor escala*, el Océano Índico. El marco concreto de dicho proyecto se centraba en evaluar las escalas de variabilidad pasadas y presentes en el intercambio

de masas de agua entre el Océano Índico y el Océano Atlántico. En mis manos caía una serie temporal de velocidades de la corriente, temperatura y salinidad para cuantificar la variabilidad de los flujos de masa y calor dominantes a través del Canal de Mozambique, uno de los principales contribuyentes de aguas fuente al Sistema de Corrientes de Agulhas; este último, motor del intercambio de propiedades entre el Océano Índico y Atlántico. Los datos a analizar proceden de una línea de anclajes que cubre el Canal de Mozambique en su región más estrecha (unos 350 km), desde la superficie hasta el fondo oceánico, a unos 2700 m de profundidad.

En paralelo a dicho proyecto, tuve la oportunidad de co-dirigir mi primera tesis doctoral, cuyo tema principal complementaba mi proyecto postdoctoral. Esta tesis abordó por primera vez las escalas de variabilidad inter e intranuales de la Corriente Este de Madagascar, otro de los principales contribuyentes de aguas fuente al Sistema de Corrientes de Agulhas.

### **¿Qué diferencias veía respecto a su etapa formativa en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria?**

La principal diferencia consistió en afrontar mi primera etapa como investigador independiente, donde el trabajo a realizar no iba a contar con una supervisión guiada al estilo de una tesis doctoral. Se esperaba de mí que desarrollase mis propias líneas de investi-





gación dentro del marco del proyecto para el que fui contratado y, además, contribuyese en la supervisión de tesinas de estudiantes de máster y doctorado ... todo un reto que asumí con la mayor de las ilusiones y dedicación. Varios artículos publicados, asistencia a workshops y conferencias, participación en campañas, supervisión de estudiantes, ... nunca podré agradecer lo suficiente las numerosas oportunidades que el NIOZ y la Universidad de Utrecht me ofrecieron durante esta etapa.

**¿Con qué dificultades se encontró en Países Bajos? ¿Qué diferencias destacaría entre los centros en los que ha estado trabajando? Esto puede ser una ayuda para los/as jóvenes investigadores que se vayan a ese mismo país.**

La única dificultad con la que me encontré en Países Bajos fue aquella con la que prácticamente todo emigrante debe lidiar, la distancia geográfica que te separa de tus seres queridos. Esta fue la única dificultad con la que me encontré en Países Bajos, porque tanto

su gente como su forma de trabajar no pueden ser más positivas para acoger al extranjero con los brazos abiertos. Representan, desde mi experiencia, el ejemplo perfecto de profesionalidad y sociabilidad; un balance donde el tiempo de ocio personal y descanso se considera fundamental para el éxito laboral.

Recuerdo cómo a las cinco de la tarde la calefacción del NIOZ se apagaba, la jornada laboral tocaba a su fin y la gran mayoría abandonaba el edificio para comenzar su tiempo en familia. Ocasionalmente veía que algunos despachos mantenían sus luces encendidas unas horas más; se trataba en su mayoría del personal investigador extranjero que aún no había aprendido *el gran secreto*, que uno es más eficiente en su jornada laboral cuanto más feliz es en su tiempo libre. Esto es algo que nunca dejó de llamarme la atención y que aplico desde entonces allá donde voy, a pesar de que en otros países no esté tan bien visto abandonar tu silla puntualmente a las cinco de la tarde, hayas o no terminado esa gráfica que planeas para tu próximo artículo. El caso es que



trabajamos con la mente y esta necesita reposo diario, así aprendí que la gráfica finalmente acaba saliendo mejor tras un merecido descanso.

**Una vez terminada esa etapa, es seleccionado para un nuevo proyecto en Estados Unidos. ¿Qué nos puede contar sobre esta nueva etapa y su proyecto de investigación actual?**

Los meses previos a concluir mi contrato en el NIOZ empecé a buscar nuevas oportunidades con las que continuar mi carrera investigadora pero, desafortunadamente, no encontraba opciones que despertaran mi interés. Estaba convencido en no aplicar a ninguna plaza por la que no sintiera vocación por trabajar. Así pasaron los meses hasta que apareció el proyecto por el que querría luchar. Desde la Universidad de Delaware (EEUU) abrieron una convocatoria para contratar a un PostDoc en Oceanografía Física, que debía investigar el papel del Océano Sur en el retroceso de los glaciares del margen occidental de la Península Antártica.

Así, mi experiencia previa en investigación antártica, adquirida durante mis años en la ULPGC, me abrió las puertas a mi puesto actual de investigador postdoctoral en la Universidad de Delaware. Tras un primer filtro de candidatos, fui invitado a una entrevista personal por videoconferencia. Dos semanas más tarde obtuve el resultado por e-mail: trabajo conseguido! ¿El reto? Integrar todas las bases históricas existentes de datos oceanográficos y construir campos climatológicos, que sirvan de base para el estudio de anomalías interanuales en los flujos de calor forzantes de la costa peninsular antártica.

¿La novedad? La principal contribución de datos procede de mamíferos instrumentados (elefantes y leones marinos) con sensores de presión, temperatura y conductividad, y que han recogido estos datos de manera pasiva en sus rutas habituales alrededor de la Antártida. Hasta ahora estos datos han sido utilizados fundamentalmente por biólogos y ecólogos para estudiar los patrones de comportamiento de dichos animales; no obstante, en los últimos años estamos empezando a descubrir el enorme potencial que estos datos tienen también para los físicos.

Debido a las condiciones climáticas y del estado del mar que gobiernan la plataforma continental antártica, la mayoría de las medidas con las que se contaba procedían de instrumentación tradicional (perfiles de CTD, XBT, ...) y mayoritariamente durante el verano austral. Sin embargo, nuestros 'pequeños' amigos marinos nos ofrecen datos de la Antártida con una cobertura espacial y temporal en rincones a los que nunca podríamos haber soñado llegar con un buque oceanográfico.

**“A las cinco la mayoría abandonaba el edificio. Ocasionalmente veía que algunos despachos mantenían sus luces encendidas unas horas más; se trataba en su mayoría del personal investigador extranjero que aún no había aprendido el *gran secreto*, que uno es más eficiente en su jornada laboral cuanto más feliz es en su tiempo libre”.**

**Ahora mismo, ¿en qué proyectos está involucrado? ¿Cuáles son sus planes de futuro?**

Me encuentro en la fase final de redacción y publicación de los resultados alcanzados durante mi etapa en la Universidad de Delaware. No obstante, como en toda investigación, nuevas preguntas se abren a la luz de los resultados conseguidos, así que tenemos los ojos puestos ya en futuros proyectos antárticos que den continuidad a esta línea de investigación.

Por otro lado, y gracias al avanzado estado actual de las telecomunicaciones, sigo supervisando de manera remota estudiantes de máster y doctorado en la Universidad de Utrecht y en la Universidad de Ciudad del Cabo; una experiencia enriquecedora de la que sin duda se sigue nutriendo mi crecimiento profesional y personal.

¿Planes de futuro? Volver a España ha sido siempre mi objetivo. Ese fue la idea con la que un día cogí la maleta, pensando que si la traía de vuelta cargada de nuevas experiencias y mayor madurez investigadora, encontrar trabajo en mi tierra sería más viable. Desafortunadamente, la realidad actual de la investigación en España es otra. No ha terminado mi contrato en EEUU y ya tengo opciones de continuidad laboral en otros países ... pero *mi tierra* se sigue resistiendo. Mis estudios de doctorado fueron financiados en una primera etapa por la ULPGC y, posteriormente, con una beca pre-doctoral de Formación de Profesorado Universitario (FPU) del Ministerio de Ciencia e Innovación. Mi formación universitaria e investigadora ha crecido en gran medida fruto de la educación pública y, es por ello, por lo que siento un fuerte compromiso de devolver a la sociedad que financió mis primeros pasos el conocimiento y experiencia adquiridos. A corto o largo plazo, *in situ* o desde la distancia, mis planes futuros siempre cuentan con mantener vivos mis lazos investigadores con España.

Dos cangrejos de araña japoneses (*Macrocheira kaempferi*) expuestos en el Museo de Historia Natural de Gotemburgo, Suecia (autor: Gunnar Creutz).



# El cangrejo araña gigante

**José J. Castro**

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Entre los invertebrados gigantes que pueblan los océanos sin duda destaca el cangrejo araña gigante japonés (*Macrocheira kaempferi*), el cual puede ser considerado el artrópodo vivo más grande que existe en el planeta. Este enorme cangrejo vive en aguas profundas del Océano Pacífico Occidental, en el entorno del Archipiélago Japonés y Taiwan. La especie fue descrita por primera vez, en 1936, por el naturalista holandés Coenraad Jacob Temminck (1778-1858), a partir de ejemplares recogidos por Philipp Franz von Siebold cerca de la estación comercial holandesa en la isla artificial de Dejima (Nagasaki, Japón). Temminck denominó a esta especie con el apellido del naturalista alemán Engel Bert Kaempfer,

que vivió en Japón entre 1690 y 1692, y había publicado un libro sobre la historia natural del país en 1729.

Mientras el caparazón triangular de este cangrejo araña alcanza un tamaño máximo de 30 cm de anchura, las extremidades que portan las pinzas o quelípedos (primer par de pereiópodos) pueden llegar a medir hasta 3,7 m. de largo, lo que puede hacer que su tamaño máximo (entre los extremos de estos pereiópodos) casi alcance los 8 metros (lo normal es que no superen los 4 m). Sin embargo, y a pesar de su enorme tamaño, el peso máximo registrado es de 13,6 Kg. En la mayoría de los casos, las patas que contienen las pinzas son más largas que las demás.





Cangrejo gigante japonés  
(autor Michael Wolf).

Este cangrejo es de color naranja intenso, con puntos blancos a lo largo de las patas. Aunque se indica que tiene la costumbre de adherir a su cuerpo esponjas, restos de algas u otros objetos que encuentran, con el objetivo de camuflarse con ellos, parece ser que los cangrejos arañas gigantes adultos no tienen este comportamiento. Normalmente son solitarios y, en las profundidades en las que habitan, tienen pocos predadores naturales. Pueden sobrevivir aún faltándoles 3 patas, las cuales regeneran en la siguiente muda.

Habita sobre fondos arenosos y rocosos de la plataforma continental y talud, en rangos de profundidades que oscilan entre los 50 y 600 m, donde las temperaturas rondan los 10°C. Los individuos más pequeños se distribuyen por aguas más someras y cálidas. Se han encontrado en las costas del sur de la isla japonesa de Honshu, desde la bahía de Tokio a la prefectura de Kagoshima. También se han encontrado en la prefectura de Iwate y fuera de Su-ao, en el este de Taiwán. No existe mucha información sobre su biología y comportamiento, pero parece que se alimenta fundamentalmente de carroña, la cual detecta a partir de señales químicas (rastro del olor).

Sin embargo, si se tiene una extensa información sobre su reproducción en cautividad, ya que han habido varios proyectos destinados a este objetivo, principalmente en grandes acuarios de exhibición.

Las hembras llevan los huevos fertilizados unidos a sus apéndices abdominales hasta que eclosionan en pequeñas larvas planctónicas. Pueden poner alrededor de 1,5 millones de huevos durante cada período reproductivo, que generalmente abarca de enero a abril. El desarrollo de las larvas planctónicas depende de la temperatura y dura entre 42 y 67 días a 12-15°C. Parece ser que la mortalidad larvaria es muy alta. No existen trabajos científicos sobre su longevidad, aunque hay algunos textos que apuntan a que puede superar los 100 años.

Aunque no existe una pesquería dirigida a la captura de esta especie, ocasionalmente se captura con redes de arrastre y se destina al consumo humano en Japón. No obstante, parece que la población ha sufrido una fuerte regresión, ya que entre 1976 y 1985 su captura disminuyó un 87% (de 24,7 t a 3,2 t, respectivamente). Esta disminución ha obligado a prohibir su captura durante la primavera, período durante el cual el cangrejo gigante migra hacia aguas menos profundas, entorno a 50 m, para reproducirse.

# Ángeles Alvariño

## El papel de la mujer en la oceanografía

**Amir Cruz Makki y Airam Sarmiento Lezcano**

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

En un momento donde el papel de la mujer en la ciencia comienza a ser visible, desde la Revista *Okeanos* conmemoramos el aniversario del fallecimiento de la Dra. Ángeles Alvariño, investigadora marina cuyo empeño y trabajo quedó reflejado en más de 100 libros y trabajos de investigación, el descubrimiento de nuevas especies y su legado para las generaciones venideras.

En Serantes, en el municipio de Ferrol (Galicia), nació el 3 de octubre de 1916, hija de Antonio Alvariño y María del Carmen González. Obtuvo el título de bachiller en 1933 y seguidamente comienza la carrera de Ciencias Naturales, en Madrid. Con el inicio de la Guerra Civil Española se ve obligada a volver a su lugar de origen para, tras la finalización de ésta, acabar su carrera en 1941.

En 1940 se casa con el oficial de la Marina de Guerra Española, Eugenio Leira, quién es traslado a Madrid y destinado al Instituto Español de Oceanografía. Esto permitió que también Ángeles se incorporara, en 1950, al IEO como becaria de investigación. Finalmente, en 1952 obtiene una plaza de investigadora titular y es destinada a Vigo para poder comenzar sus estudios sobre el plancton entre otras funciones.

En octubre de 1953, el British Council le concede una beca para realizar investigaciones sobre el zooplancton en el Plymouth Marine Laboratory (Gran Bretaña), bajo la supervisión de los profesores Frederick S. Russell y Peter C. Corbim. Durante estos meses viaja por Millport, Aberdeen y Edimburgo, visitando distintos laboratorios para ampliar sus conocimientos sobre el zooplancton e ictioplancton. Ya en 1954 regresa a Madrid, incorporándose a los laboratorios centrales del IEO.

Consigue, en el año 1956, una beca de estudios durante nueve meses en el prestigioso Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI) en Massachusetts (EE.UU.), donde analiza muestras de plancton procedentes también de la NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) y del Fish and Wildlife Service. Enviaba informes de manera recurrente al IEO, en España, donde intentaba establecer similitudes entre muestras de ambos lados del Atlántico que en algunas ocasiones daban resultados sorprendentes. Dada la burocracia existente, pese a su deseo de alargar su permanencia en Estados Unidos, regresa a España nuevamente en 1957.

Debido al éxito que cosecha, sigue la recomendación del director de la Scripps Institution of Oceanography (SIO) de La Jolla (California), Roger Revelle. Éste la ayuda con los trámites burocráticos para viajar a Estados Unidos nuevamente en 1958, e incorporarse durante once años a esta institución. Comienza a estudiar la población de sardina californiana (*Sardinops caerulea*) y las ingentes muestras de plancton procedentes de dichos estudios, llegando a casi las 2.000. Gracias a ello descubre nuevas especies de quetognatos como la *Sagitta bierii*, *S. euneritica*, *S. scrippsae*, etc. (Fig. 1). La SIO consigue, a finales de los años cincuenta, realizar expediciones en el Océano Índico donde Ángeles Alvariño consigue ser la encargada de analizar las muestras de plancton y describir tres nuevas especies. En 1966 consigue la ciudadanía estadounidense y obtiene su doctorado en la Universidad de Madrid, en 1967, con su tesis *Los quetognatos del Atlántico, distribución y notas esenciales de sistemática*, fruto de la ingente cantidad de campañas en las que participaba.



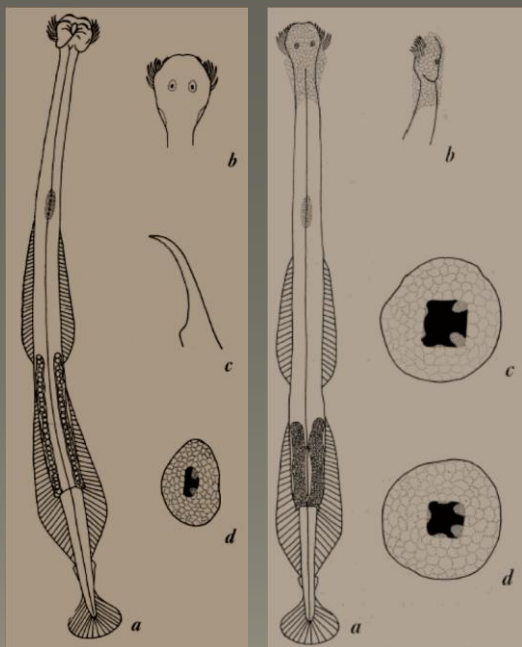


Figura 1

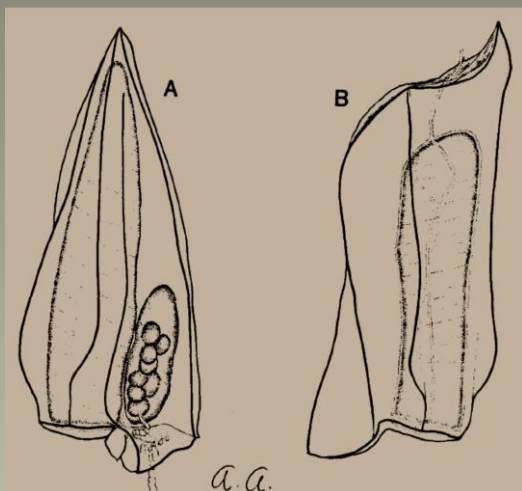


Figura 2

Su fuerte carácter y competitividad hace que abandone la SIO en el año 1969 y se incorpore de inmediato en el South West Fisheries Center, de la NOAA, con el merecidísimo esfuerzo y reconocimiento de todos los años de investigación que ha atesorado. Se traslada al edificio del Centro de Oceanografía de La Jolla, donde comienza a estudiar la pesquería y biología del atún blanco (*Thunnus alalunga*) y abandona “brevemente” sus estudios sobre plancton. Tal era su insistencia en el mundo planctónico que, en 1971, publica un trabajo sobre los sifonóforos en el Pacífico que provoca una revisión de este orden a nivel mundial (Fig. 2).

En la década de 1980 colabora de manera activa en la publicación sobre *Biología Reproductiva de Invertebrados* que editan K.G. y R.G. Adiyodi, encargándose de los quetognatos y publica, en otros medios, más especies nuevas de sifonóforos, quetognatos, medusas, etc. A lo largo de los años continúa estudiando la relación de distintas pesquerías



Figura 3. Buque Oceanográfico Ángeles Alvariño (Autor: Instituto Español de Oceanografía).



Figura 1. (Izquierda) Grabados de *Sagitta bierii* y (Derecha) de *Sagitta euneritica*, extraídos de González-Garcés.

Figura 2. *Lensia landrumae*, extraído de González-Garcés. Este dibujo fue realizado por Ángeles Alvariño; tiene como distintivo la “a.a.” de sus iniciales.

con el plancton, tanto como depredador de las larvas de los peces de interés comercial como futura comida para las mismas. Sumada a la labor de investigación que llevaba a cabo, impartió docencia en diferentes universidades americanas y dirigió varias tesis doctorales alrededor del mundo.

Ángeles Alvariño, investigadora incansable y mujer pionera en la oceanografía, fallece en La Jolla el 29 de mayo de 2005. Su nombre, y logros, fue incluido en el libro *Scientists: their lives and their Works*, en 1996, donde se presenta la biografía de 150 científicas y científicos que han revolucionado la ciencia. También fue incluida, en 2007, en la *Encyclopedia of World Scientist*. Aunque, sin lugar a dudas, el mérito más reconocido tuvo lugar en 2012 cuando el IEO le dedica su buque estrella, el “B.O. Ángeles Alvariño” (Figura 3).

### Bibliografía

González-Garcés, A. (2016). *Ángeles Alvariño González, investigadora marina de relevancia mundial*. IEO. ISBN: 978-84-95877-54-3.

# Okeanos de fotos



## Fotos:

- 01 Tamboril espinoso (*Diodon hystrix*), Komodo, Indonesia, de noche
- 02 Cangrejo ermitaño (*Dardanus calidus*), Taliarte, Gran Canaria
- 03 Pez escorpión (*Scorpaenopsis oxycephala*), Komodo, Indonesia
- 04 Pez cocodrilo (*Cymbacephalus beauforti*), Komodo, Indonesia, de noche
- 05 Congrio de arena, o congrio balear (*Heteroconger balearicum*), El Porís de Abona, Tenerife, de noche
- 06 Pejesapo, o pez rata (*Uranoscopus scaber*), Puerto del Carmen, Lanzarote, de noche
- 07 Ascidia verde (*Didemnum molle*), Alor, Indonesia
- 08 Cangrejo xeno, o cangrejo del coral látigo (*Xenocarcinus tuberculatus*), Alor, Indonesia
- 09 Cangrejo de playa, Alor, Indonesia
- 10 Pulpo de brazos largos, o Fabiana (*Octopus macropus*), Arinaga, Gran Canaria, de noche
- 11 Anfípodo del Lago Baikal (*Acanthogammarus victorii*), Lago Baikal, Siberia, Rusia
- 12 Estrella de mar azul (*Linckia laevigata*), Alor, Indonesia
- 13 Sepia, o choco (*Sepia officinalis*), Puerto del Carmen, Lanzarote, de noche
- 14 Salmonete (*Mullus surmuletus*), Arinaga, Gran Canaria, de noche
- 15 Langostino tigre (*Melicertus kerathurus*), Puerto del Carmen, Lanzarote, de noche
- 16 Pez lagarto (*Synodus saurus*), Puerto del Carmen, Lanzarote, de noche
- 17 Camarón (*Parapandalus narval*), Puerto del Carmen, Lanzarote, de noche
- 18 Cangrejo araña, o cangrejo flecha (*Stenorhynchus lanceolatus*), El Porís de Abona, Tenerife

**Arturo J. Telle**, de origen alemán, se mudó a Gran Canaria con su familia a la edad de 7 años. Fue aquí, en la Playa de Las Canteras, donde enseguida descubrió su pasión por el mar. Pronto empezó a unir sus dos aficiones, y a la edad de 15 años construyó su primera carcasa subacuática para una cámara fotográfica. A principios del año 1997 empezó a participar en campeonatos de fotografía, obteniendo muy pronto muy buenos resultados. A lo largo de estos años se ha convertido en uno de los fotógrafos subacuáticos más laureados en concursos y competiciones alrededor del Mundo, y uno de los referentes por su constante contribución al desarrollo de la fotografía subacuática.

En su palmarés figuran títulos de Campeón de Canarias, de España, Subcampeón del Mundo, 4 veces Campeón del prestigioso Open Fotosub de El Hierro, y centenares de otros premios y trofeos.

Esta serie de fotografías muestra su tipo de fotografía preferido, la fotografía angular de aproximación, o “close focus wide angle, CFWA” en inglés. Este tipo de fotografía se caracteriza por la aproximación extrema con una lente angular, normalmente ojo de pez, lo que requiere una gran paciencia y conocimiento de los animales para conseguir acercarse lo suficiente a ellos.





1



2



3



4







5

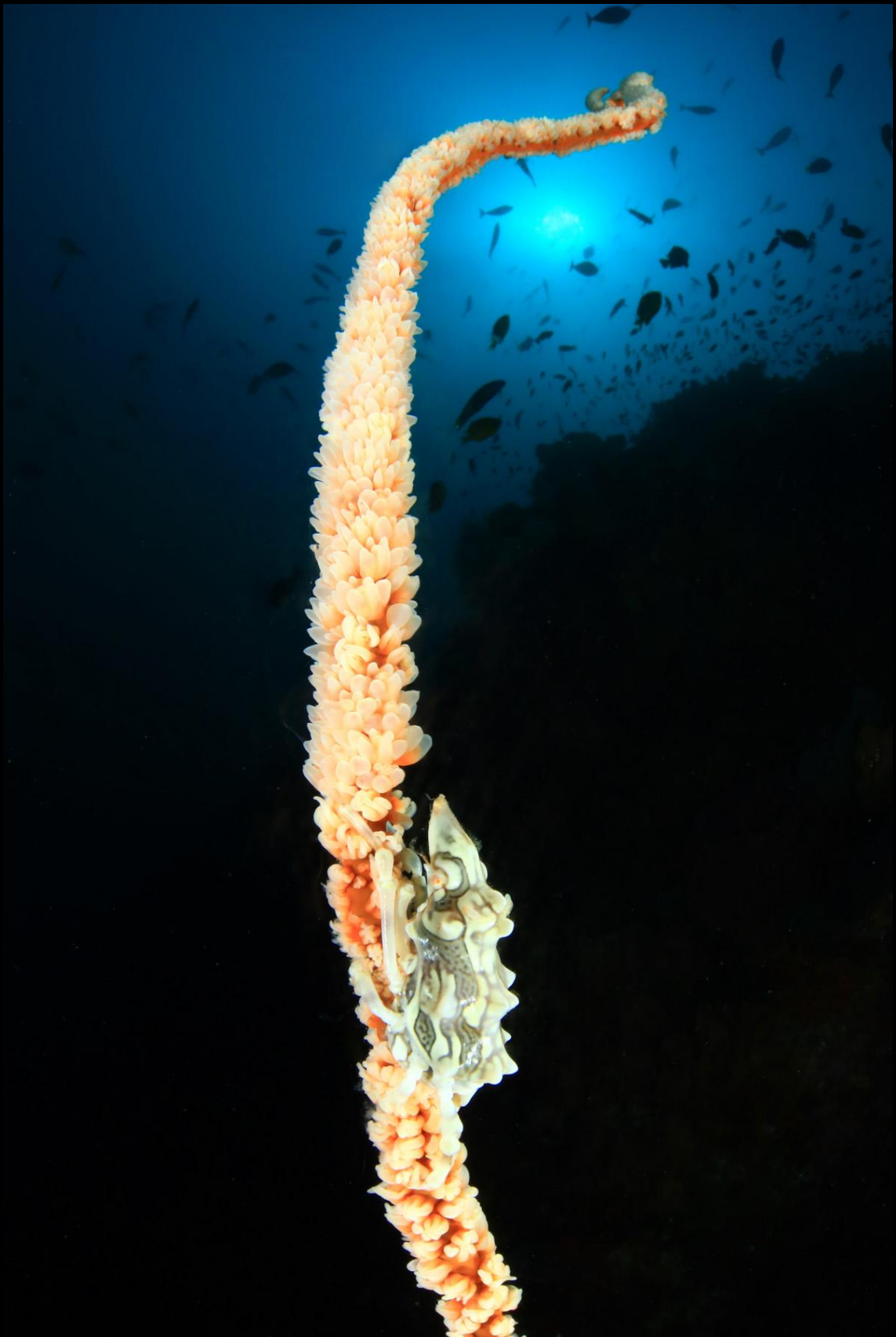


6











9

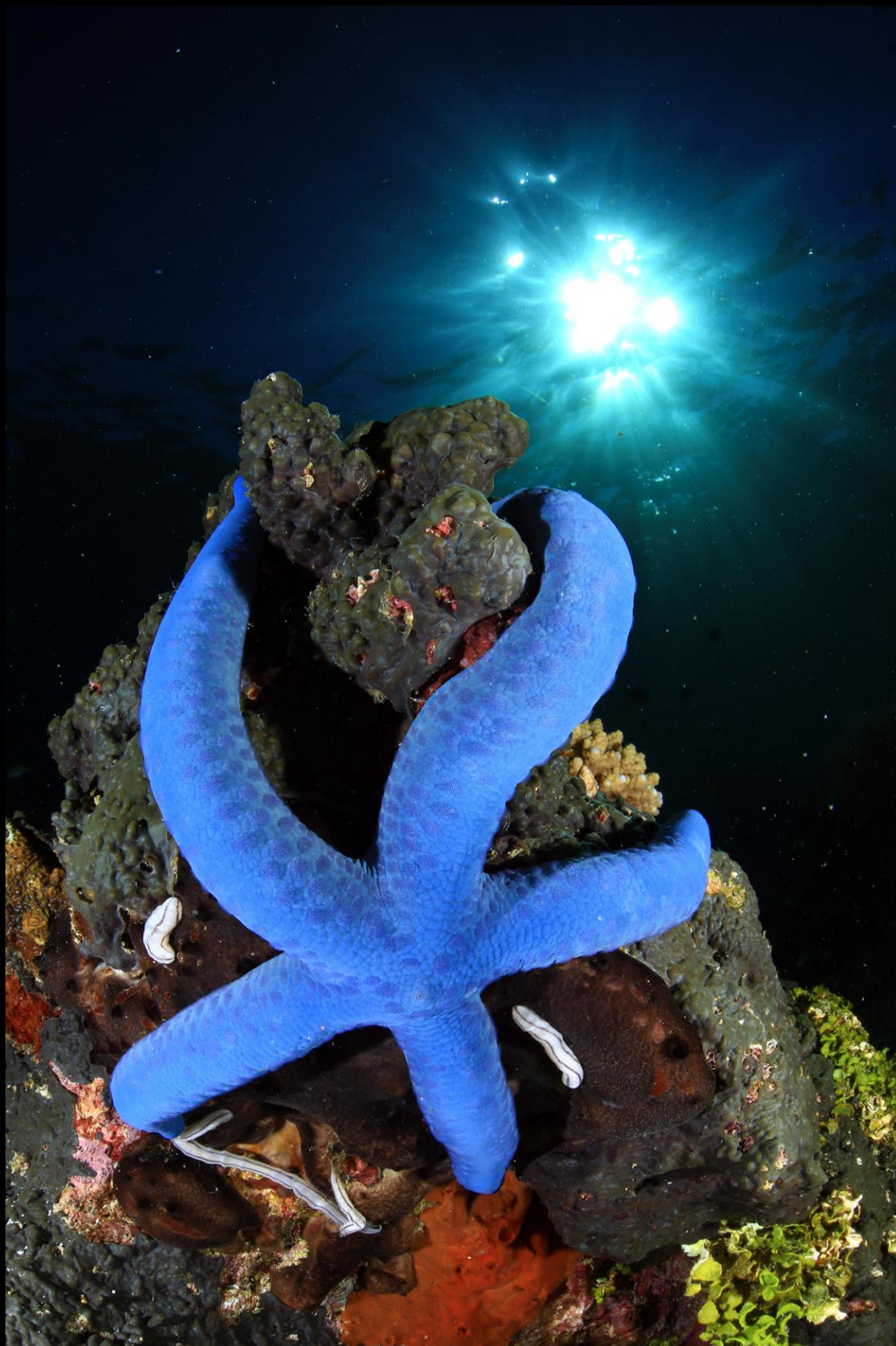


10













13



14



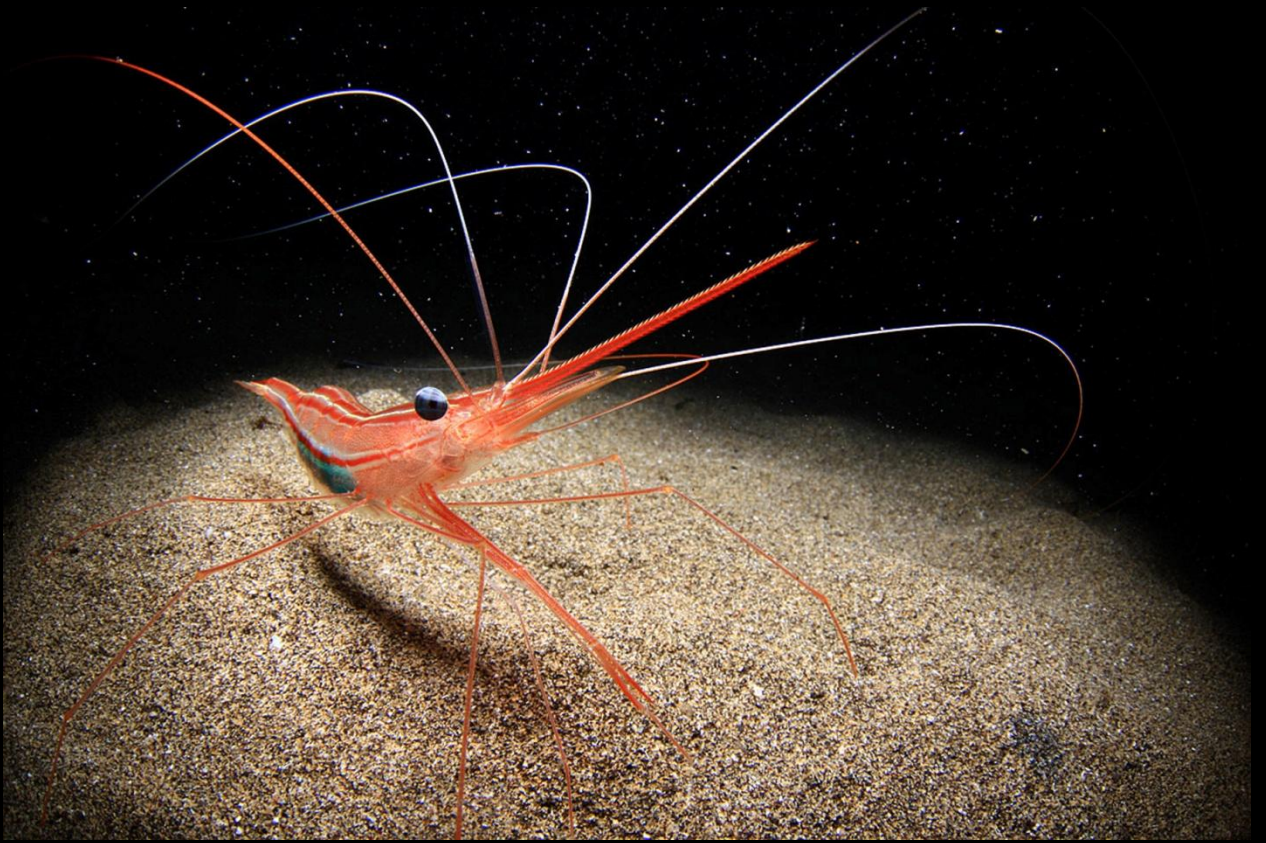
15



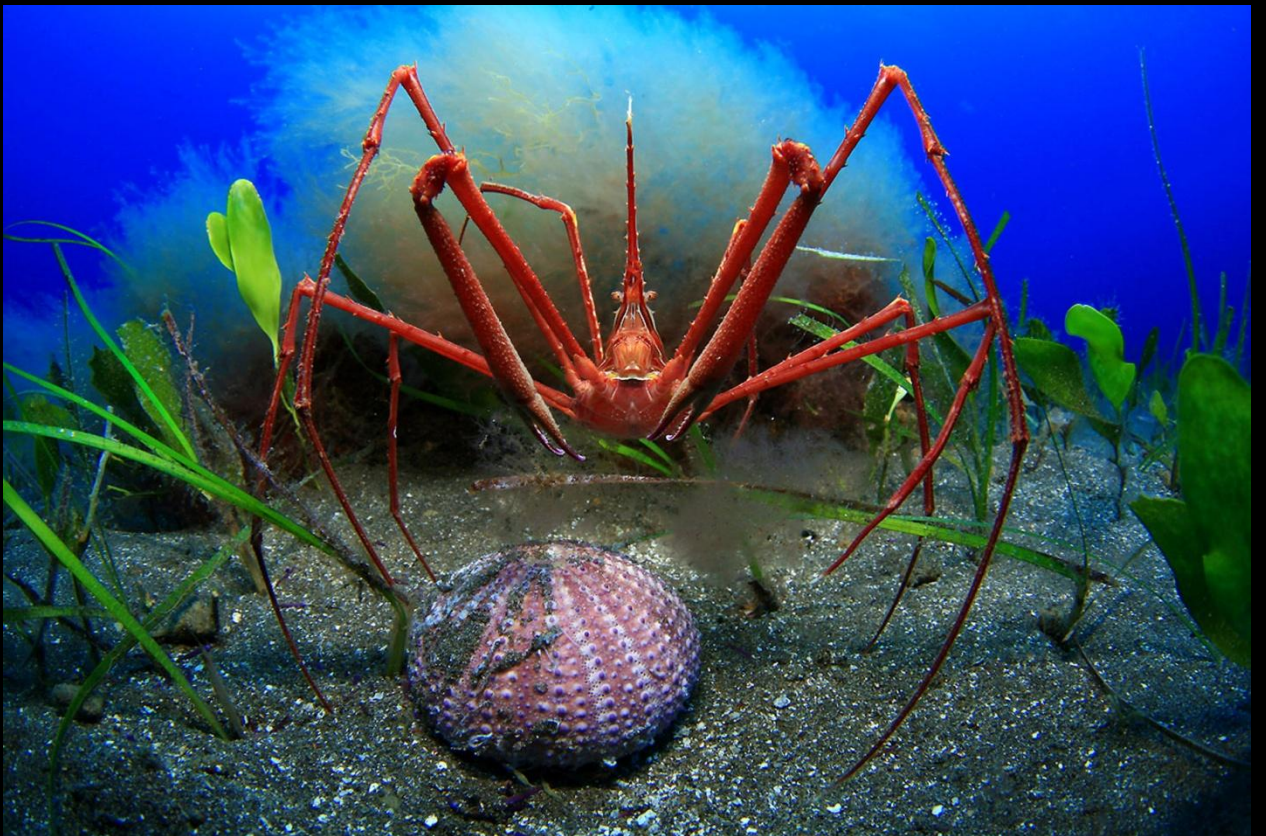
16







17



18



# Okeanos de fotos



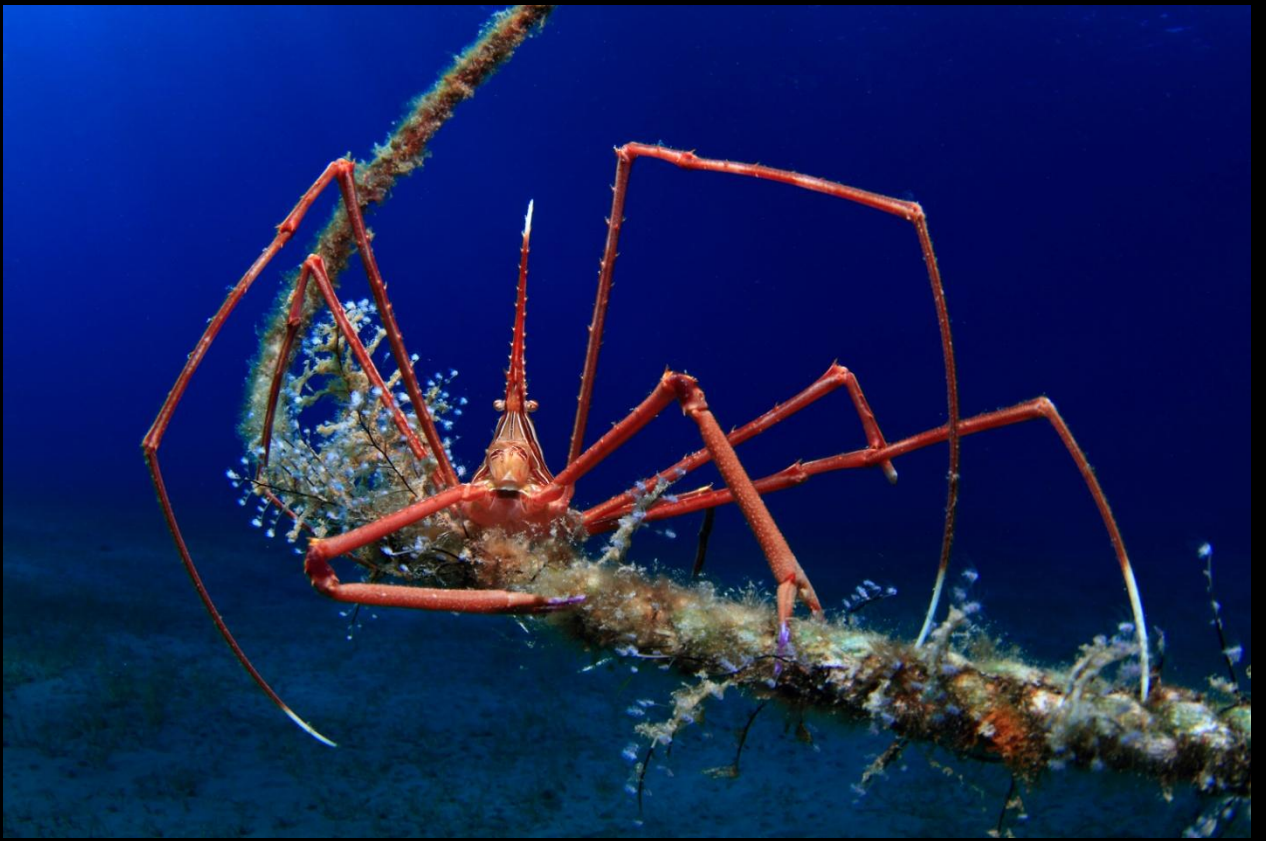
## Fotos:

- 01 Cangrejo araña (*Stenorhynchus lanceolatus*), El Porís de Abona, Tenerife.
- 02 Cabrilla (*Serranus atricauda* Günther), Tenerife.
- 03 Fragata portuguesa (*Physalia physalis*), Tenerife.
- 04 Tortuga verde (*Chelonia mydas*), Tenerife.
- 05 Tortuga verde (*Chelonia mydas*), Tenerife.
- 06 El lago de las medusas, Islas Palaos, Micronesia.
- 07 Pez León (*Pterois*), Mar Rojo.
- 08 Murión (*Gymnothorax unicolor*), Tenerife.
- 09 Obispo (*Pteromylaeus bovinus*), Los Cristianos, Tenerife.
10. Pez ballesta gris (*Ballistes carolinensis*), Tenerife.
- 11 Morena negra (*Muraena helena*), Tenerife.

**Montse Grillo** vive en Guía de Isora, Tenerife. Siempre le gustó la fotografía, pero no fue hasta finales de 2011 cuando tomó sus primeras fotografías submarinas. Apenas unos meses más tarde muchas de sus fotografías recibieron premios en las competiciones más prestigiosas del mundo. Montse ha publicado en importantes revistas internacionales. Colabora con proyectos de investigación y también forma parte de asociaciones para la difusión y la protección del medio marino. Sus imágenes son el resultado de su pasión por la fotografía submarina y todo ello requiere mucho tiempo y dedicación bajo el agua. "Se necesita muchas horas y paciencia para captar el momento perfecto".

montsegrillo@hotmail.com  
<http://www.flickr.com/photos/76700471@N07/sets>  
y al final pon tu web <http://www.lahuertadesign.com>





1



2







4



5



6



7





8



9

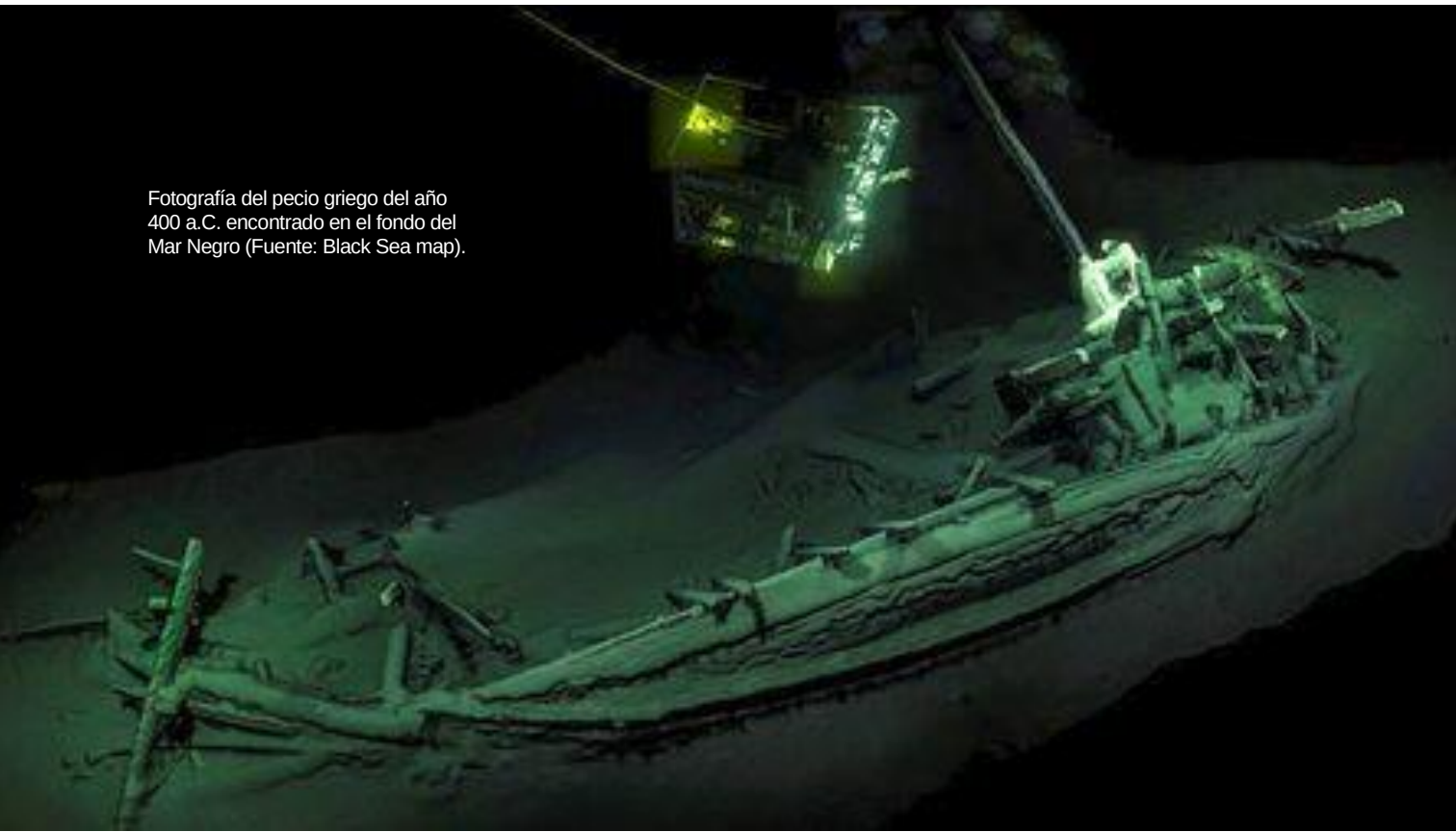








Fotografía del pecio griego del año 400 a.C. encontrado en el fondo del Mar Negro (Fuente: Black Sea map).



### Los arqueólogos descubren el naufragio más antiguo del mundo

La localización del pecio de una antigua embarcación griega en el fondo del Mar Negro es, según The Guardian, la embarcación más antigua que jamás se haya encontrado en el mundo. El barco de 23 m de largo se hundió hace más de 2400 años frente a las costas de Bulgaria y se encuentra a unos 2000 m de profundidad. Debido a la falta de oxígeno en esa profundidad, el barco está prácticamente intacto, conservando incluso el mástil, remos y timones. Los investigadores creen que el pecio era un antiguo barco de comercio griego, un estilo de embarcaciones que hasta ahora se conocía solo a partir de grabados pintados sobre cerámica.

### Balleneros de la antigüedad

Una nueva técnica que permite la detección de especies a partir de pequeños fragmentos de ADN en restos de huesos ha permitido identificar los restos de cinco especies de ballenas en los primeros asentamientos humanos de Nueva Zelanda (aproxima-

damente en el 750 a.C.), incluyendo especies pequeñas como focas y elefantes marinos, que fueron posiblemente los objetivos más accesibles para estos antiguos cazadores. Con el método de "ADN metabarcoding", los arqueólogos han sido capaces de demostrar que los primeros neozelandeses posiblemente también diezmaron poblaciones de un loro nativo. Y, con este mismo método de análisis de ADN, se han recopilado evidencias de que los romanos también cazaban ballenas grises (ya extinta en el Atlántico) y ballenas francas en aguas del Estrecho de Gibraltar entorno al año 400 a.C., adelantando en 1000 años los inicios de la caza e industria ballenera.

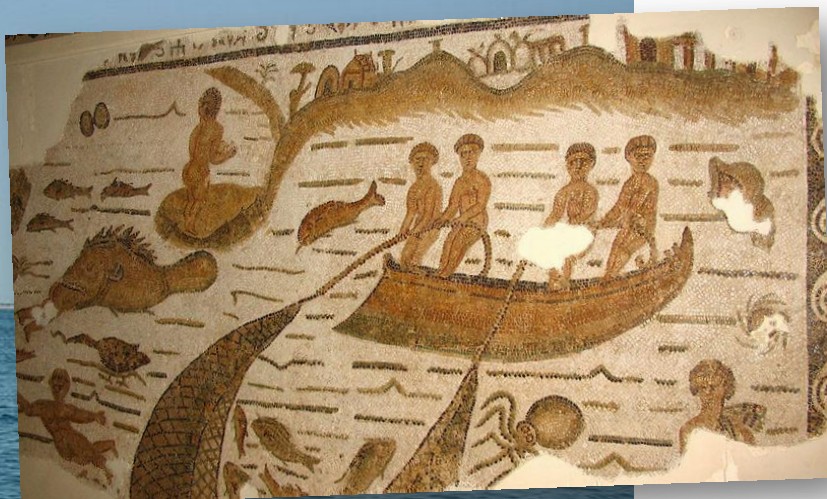
### El salto del salmón

Los juveniles de salmón rojo del Pacífico (*Oncorhynchus nerka*) muestra el curioso comportamiento de saltar fuera del agua, una nueve veces al día en promedio, incluso hacen esto cuando no hay obstáculos en su camino. Según un estudio realizado por Emma Atkinson y colaboradores (Fish. Biol., 93(2), 2018), de la Universidad Simon Fraser (Canadá), indica que el motivo de este comportamiento es simplemente liberarse de los piojos de mar (copépo-





Ballena gris adulta junto a su cría (autor: José Eugenio Gómez Rodríguez, 2010).



Mosaico romano con escenas de pesca. Museo Nacional Bardo de Túnez (siglo II d.C.) (autor: Giorces).



Hembra y macho de salmón rojo (*Oncorhynchus nerka*) (U.S. Fish and Wildlife Service).

dos) que los parasitan. Los peces plagados de piojos saltan fuera del agua 14 veces más a menudo que los que no están infectados.

Los investigadores diseñaron un experimento con juveniles de salmón rojo infestados y los separaron en dos jaulas flotantes oceánicas, en una de las cuales se les permitía saltar y en la otra no, gracias a la instalación de una red que la cubría. Después de tres días comprobaron que los salmones que no podían saltar tenían un 28% más de parásitos que aquellos que podían hacerlo.



Hembra y macho del piojo de mar *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda, Caligidae) (Autor: 7Barrym0re).



Corriente en chorro arrastrando nubes  
sobre Canadá (Fuente: NASA).



## Las corrientes de chorro y la ventilación de los mares del Sur

Las aguas superficiales del Océano Austral actúan como una válvula de control a través de la cual se intercambian calor, agua dulce y CO<sub>2</sub> entre la atmósfera y el océano. El proceso que transporta estos "trazadores" a través de la superficie hacia el interior del océano se conoce como ventilación del océano.

Se cree que los cambios en la ventilación oceánica fueron importantes para las rápidas transiciones en la reversión de la circulación oceánica durante la última deglaciación, así como para la absorción y almacenamiento del exceso de calor y CO<sub>2</sub> como consecuencia del cambio climático antropogénico. Andreas Klocker, del Instituto de Estudios Marinos y Antárticos (Universidad de Tasmania, Australia) ha mostrado como la interacción entre las corrientes del





Océano Austral, las características topográficas y la estratificación oceánica, puede llevar a cambios rápidos en la ventilación del Océano Austral en función del estrés del viento. Para vientos crecientes, esta interacción pasa desde un estado en el que los trazadores se confinan en la capa superficial hasta un estado en el que alcanzan el océano profundo. Para vientos suficientemente fuertes, la dinámica de la corriente cambia abruptamente, lo que permite que el trazador ventile una masa de agua conocida como Agua Intermedia Antártica localizada a profundidades intermedias del Océano Austral. Los cambios abruptos en la ventilación del Agua Intermedia Antártica han jugado un papel importante en las rápidas transiciones climáticas en el pasado de la Tierra, y los resultados de Andreas Kloker (Sci. Adv., 3 Oct. 2018) sugieren que la dinámica de las corrientes en chorro de la atmósfera desempeñan un papel prominente al contribuir, o incluso a desencadenar, rápidas transiciones de el sistema climático global.

## Retraso en el correo marino

Una familia ha encontrado en una playa de la isla de Wedge, al suroeste de Australia, un botella de ginebra holandesa con un mensaje dentro, escrito el 12 de junio de 1886, y arrojado desde el barco alemán *Paula* cuando navegaba a 950 kilómetros de la costa. Es la nota embotellada más antigua que se conoce en el mundo, y que ha llegado a un destino 132 años después de ser enviada, con bastante más retraso que la otra ya conocida de 108 años.

Este mensaje embotellado era parte de un experimento oceanográfico que realizó el Observatorio Naval Alemán, con el objetivo de estudiar las corrientes oceánicas a través de miles de botellas que se arrojaron al mar desde barcos alemanes entre 1864 y 1933. Las botellas contenían un mensaje en el que el capitán de la nave registraba la fecha, las coordenadas donde se encontraba el barco y los detalles de su ruta y, en el reverso del manuscrito, se pedía la devolución de la nota al Observatorio Naval Alemán o al consulado alemán más próximo.

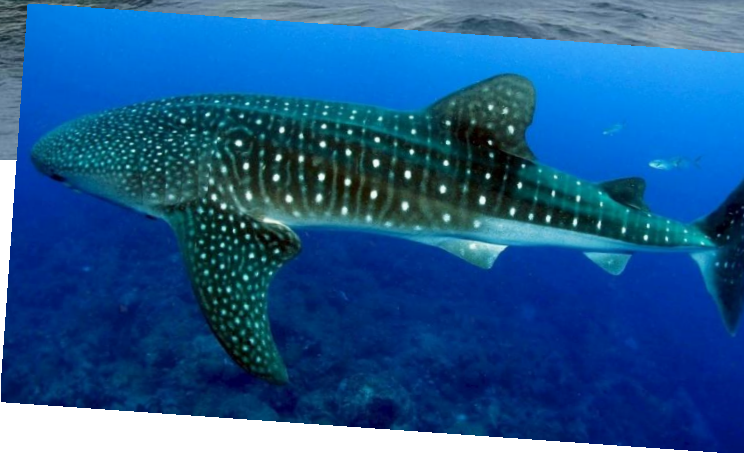


Fotografía de Robert Pittman de orcas en aguas de la isla Unimak, en el Archipiélago de las Aleutianas, Alaska (Fuente: U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA).

### Las orcas amenazadas por los PCBs

Según Jean-Pierre Desforges y sus colaboradores (Centro de Investigación Ártica, Universidad de Aarhus, Dinamarca) las orcas (*Orcinus orca*) se encuentran entre los mamíferos más contaminados por bifenilos policlorados (PCB), lo que está generando una gran preocupación por las consecuencias que esto tiene en las posibilidades de supervivencia de estos cetáceos. Las altas concentraciones de PCBs en los tejidos de las orcas a nivel mundial están induciendo efectos negativos en la reproducción y función inmunológica, lo que amenaza la viabilidad, a largo plazo, de más de la mitad de las poblaciones de esta especie (*Science*, 361(6409):1373-1376; 2018).

A pesar de la prohibición casi global del uso de PCBs desde hace más de 30 años, estos productos químicos siguen presentes en el medioambiente marino, y continúan magnificándose sus efectos tóxicos en los grandes predadores marinos a través de procesos de bioacumulación a lo largo de las cadenas tróficas.



### Larga vida a los tiburones ballena

Un estudio recientemente publicado por Cameron Perry y su equipo de la Nova Southeastern University en Florida (EE.UU.) ha demostrado que los tiburones ballena (*Rhincodon typus*) pueden vivir hasta 130 años, lo que convierte a estos peces en una de las criaturas marinas más longevas del planeta. Según este estudio (*Mar. Freshw. Res.*, 69:1487-1495), la talla máxima alcanzable por estos gigantes de los mares es de 19,6 m, muy próxima al talla que ya se define para la especie en la literatura existente. A esta talla pueden alcanzar un peso cercano a las 34 toneladas.



Un mar para comérselo

# Sashimi de atún con crema de ajo blanco, dados de aloe vera y aéreo de espirulina

## INGREDIENTES:

### 1 Crema de ajo blanco

- Ajo (1 unidad)
- Almendra blanca sin tostar (100 g)
- Agua fría mineral (333 ml)
- Pan (1 unidad)
- AOVE\* (150 ml)

### 2 Atún

- Lomo de atún (800 g limpio)

### 3 Dados de aloe

- Aloe vera (1 unidad)
- Agua mineral (1,5 litros)
- Azúcar (30 g)
- Zumo de limón (15 g)

### 4 Polvo de aloe

- Piel del aloe (cuchara sopera)

### 5 Aéreo de espirulina

- Azúcar (80 g)
- Espirulina (80 g)
- Harina (20 g)
- Huevos (3 unidades)
- Cargas de N<sub>2</sub>O (2 unidades)

## Abraham Ortega García

Chef Restaurante *El Santo* y Asesor Gastronómico

## Elaboración

Para preparar la crema de ajo blanco pondremos en una termomix el ajo, las almendras y el aceite, trituramos todo a máxima velocidad hasta obtener una pasta. Seguidamente se echa el agua fría poco a poco, hasta obtener algo parecido a una crema ligera y, por último, le ponemos el pan para que coja consistencia. Colamos por un chino colador y reservamos en la nevera.

Por otro lado, para hacer el aéreo de espirulina se ponen todos los ingredientes en la termomix y trituramos a máxima potencia, durante 1 minuto. Se introduce la mezcla en un sifón de medio litro y lo cargamos con el N<sub>2</sub>O y lo dejamos reposar en la nevera durante 2 horas.

Mientras esperamos, prepararemos nuestro aloe vera. Se pela el Aloe vera dejando la piel bien limpia de carne y escalfamos la piel y la carne separado tres veces, cambiando el agua cada vez que lo hacemos. La carne la cortamos en cubos de 1 centímetro y lo ponemos en un almíbar que elaboraremos con el limón, el azúcar y el agua. Hacer el almíbar es muy sencillo, y para ello se pone el agua, el limón y el azúcar a cocer y cuando rompa a hervir lo apagamos y enfriaremos. Reservamos en la nevera 1 hora.



Por otra parte, las pieles las pondremos a deshidratar, a 40 °C, durante 7 horas. Cuando la tengamos, con ayuda de un molinillo de café, haremos un polvo que se guardará en un bote hermético.

Para elaborar el plato final, pondremos el aéreo en un vaso de plástico con una incisión en el fondo, y lo introducimos en el microondas a máxima potencia, durante 1 minuto (el tiempo dependerá de la potencia del microondas, pero tiene que quedar como el de la foto). Mientras tanto, se en el plato se pone un gotón de ajo blanco y con la parte de atrás de una cuchara le daremos un golpe para darle sensación de caído. Por otro lado, cogeremos el atún y lo cortaremos en tataki (corte japonés que da forma rectangular a la pieza) y luego en lonchas de un grosor de unos 0,8 mm y dispondremos encima del ajo blanco. Con ayuda de unas pinzas pondremos unos dados de aloe en el plato, unos limpios y otros “empanados” en el polvo de aloe.

Cuando tengamos nuestro aéreo con la textura adecuada, lo sacaremos del vaso y lo partiremos con las manos para intentar que no se pierdan los alveolos de aire generados y lo pondremos por el plato a gusto. Para terminar, nosotros hemos decidido ponerle unos germinados y unas salicornias, pero, como siempre digo, eso va al gusto de cada uno.

# Foro Océanos: Canarias

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

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

Durante el desarrollo del Foro Océanos (septiembre 2017) se trabajó en cinco mesas técnicas: Contaminación Marina, Pesca y Acuicultura, Biodiversidad, Gestión del Medio Litoral, Educación e I+D+i y Gobernanza.

Dentro de cada mesa técnica se acordaron una serie de horizontes o líneas de actuación a poner en marcha, acorde a las capacidades y posibilidades de cada uno de los actores implicados, y en el ámbito geográfico, económico y humano en el que se desarrolla la actividad de cada uno de ellos. Estas están orientadas a posibilitar la recuperación de los sistemas ecológicos marinos de la Región Atlántica en la que se ubican las Islas Canarias, así como a apoyar y promover todas aquellas estrategias que se orienten a la sostenibilidad de su actividad social y económica. El objetivo es minimizar los impactos sobre el medio natural marino y terrestre. Estos compromisos individuales serán ratificados y firmados por todos los agentes que quieran adherirse al Foro Océanos. Cada compromiso será publicado, al igual que toda la información del Foro Océanos, en la web [www.foroceanos.org](http://www.foroceanos.org).

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

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



# y el cambio climático

## Mesas

---

Contaminación

Pesca y Acuicultura

Biodiversidad

Gestión del Medio Litoral

Educación e I+D+i

rias un ejemplo internacional de medidas en este sentido.

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

### Compromisos adquiridos

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

Entre las casi 70 acciones propuestas ([www.foroceanos.org](http://www.foroceanos.org)), destacamos los horizontes más relevantes a desarrollar, detallados por mesas técnicas:

#### Mesa Técnica de Contaminación

---

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

2- Instar a los ayuntamientos a conectar a la red de saneamiento a aquellos núcleos de población que lo necesiten en función de los costes y del tipo de depuración seleccionada. Este objetivo debe ser alcanzado antes de finales de 2020.

3- Instar a los ayuntamientos, cabildos y Gobierno de Canarias a alcanzar la meta de Vertidos Cero. Este objetivo debe ser alcanzado antes de 2022.

4- Instar a los ayuntamientos, cabildos y Gobierno de Canarias a alcanzar la meta de Plástico Cero mediante el sistema de retorno de envases (e.g. Programa Retorna). Este objetivo debe ser alcanzado antes de finales de 2020.

5- Promover e incentivar la no utilización de plásticos (e.g. bolsas y bandejas) en tiendas y grandes superficies comerciales, al igual que su recogida. Esta meta debe ser alcanzada antes de finales de 2018.

#### Mesa Técnica de Pesca y Acuicultura

---

1- Establecer tallas mínimas para todas las especies objeto de explotación pesquera en Canaria en base a datos científicos. Este compromiso debe ser alcanzado antes de mediados de 2018.

2- Establecer paros biológicos para cada una de las especies durante los 15 días coincidentes con los picos reproductivos de las mismas (ver anexo). Estos paros deberían estar establecidos antes de 2019.

3- Instar a los ayuntamientos y cabildos insulares a establecer puntos limpios en los puertos de modo que se facilite el reciclaje y la recogida de basuras procedentes del mar o de la actividad pesquera, o un punto limpio móvil que facilite la acción de reciclado por parte de los pescadores. Este compromiso debe ser alcanzado antes de finales de 2018.

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

### Mesa Técnica de Biodiversidad

1- Instar al Gobierno de Canaria a hacer uso de los Protocolos de actuación y de Alerta temprana existentes ante las diferentes adversidades como las floraciones masivas de algas o presencia de especies invasoras. Estos protocolos deben estar operativos desde finales de 2017.

2- Instar al Gobierno de Canarias a impulsar un cambio legislativo. Inclusión de especies en el Catálogo de especies protegidas y regulación de actividades (Gobierno de Canarias). Esta regulación debería estar disponible antes de 2020.

3- Creación, por parte del Gobierno de Canarias y Cabildos Insulares, de diferentes paneles informativos a colocar en zonas sensibles para las diferentes especies amenazadas o vulnerables que se encuentran en nuestras aguas. Esta señalización debería estar disponible antes de finales de 2018.

4- Instar al Gobierno de Canarias a crear nuevos espacios protegidos, a modo de refugios climáticos, en zonas claves para las especies marinas más sensibles.

5- Instar al Gobierno de Canarias y al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Medio Ambiente a establecer un nuevo modelo de gobernanza del mar, haciendo un mayor esfuerzo en el cambio legislativo, aprovechando el marco que puede generar la nueva normativa de Planificación Espacial Marina u otra *ad hoc*, e incrementar su seguimiento para alcanzar los objetivos propuestos. Este nuevo modelo de gobernanza debería estar acordado, consensuado y establecido para 2021.

### Mesa Técnica de Gestión del Medio Litoral

1- Desarrollar una planificación de Gestión Integral de las Zonas Costeras cuyas directrices tengan una vigencia temporal mínima de 30 años, dónde se definan objetivos específicos, niveles de competencia y estrategias de cooperación obligatoria entre administraciones y agentes sociales. La sostenibilidad debe plantearse a largo plazo y ello debe estar implementado de manera independiente a la formación o formaciones políticas que estén gobernando. Todos los proyectos o programas de obras a desarrollar en la franja costera, establecidos a través de convenios de financiación entre administraciones públicas, deben estar sometidos a compromisos de sostenibilidad. Esta política de planificación debe estar elaborada y consensuada antes de 2020.

2- Establecer un inventario de los impactos previsibles del Cambio Climático en los sectores costeros (recursos hídricos, biodiversidad y ecosistemas, urbanismo e infraestructuras, agropecuario y turismo) así como medidas paliativas (refuerzo de defensas costeras, adaptación de las infraestructuras a vientos más intensos y/o subida del nivel del mar, olas de calor, etc.). Elaborar un plan de seguimiento de los impactos. Todo ello debería estar incluido en la Estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española (MAPAMA, 2016). Este inventario debería estar disponible antes de 2019.

### Mesa Técnica de Educación e I+D+i

1- Formar al profesorado y/o ofrecer conferencias con expertos (cursos presenciales, online, conferencias).

2- Revisar los recursos didácticos existentes y desarrollar nuevos recursos en torno al medio litoral y oceánico.

3- Fomentar proyectos de investigación y/o proyectos de educación ambiental relacionados con el medio marino.

### Compromisos Transversales de Gobernanza

1.- Instar al Gobierno de Canarias y al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Medio Ambiente a establecer un nuevo modelo de gobernanza del mar, haciendo un mayor esfuerzo en el cambio legislativo, aprovechando el marco que puede generar la nueva normativa de Planificación Espacial Marina u otra *ad hoc*, e incrementar su seguimiento para alcanzar los objetivos propuestos. Este nuevo modelo de gobernanza debería estar acordado, consensuado y establecido para 2021.



## INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y RETOS LOCALES PARA UN IMPACTO GLOBAL

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



### Germana Foscale

Investigadora independiente, Islas Canarias, España

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

La primera ponencia, que estuvo a cargo del Prof. Francisco José Pérez Torrado, Catedrático de la ULPGC y miembro del grupo de investigación "Geología de Terrenos Volcánicos" (GEOVOL), trató de la erupción submarina de El Hierro (2011-12) y su encaje en el modelo evolutivo de Canarias. Un recorrido por la historia de la formación del supercontinente Pangea hace 250 millones de años y su evolución, ponen de manifiesto que las Islas Canarias representan una verdadera anomalía sísmica, siendo islas volcánicas intraplacas situadas en la corteza oceánica más vieja, de unos 180 millones de años. Dicha corteza es relativamente fría y gruesa, lo que garantiza las condiciones necesarias para soportar el peso de las islas evitando, por tanto, su hundimiento, situación muy diferente respecto a la que podemos encontrar, por ejemplo, en Hawái, cuyo archipiélago está situado sobre una corteza mucho más joven, de unos 60 millones de años. Las islas Hawái, donde la litosfera oceánica está perforada por un punto caliente, son mucho más jóvenes respecto a las Islas Canarias, ya que tienen una antigüedad de menos de 5 millones de años. En el archipiélago canario, las islas más antiguas son Lanzarote y Fuerteventura, con 20,2 millones de años y, de un punto de vista geológico, representan una superestructura volcánica separada de las otras islas. Las demás islas, hacia el oeste, tienen una orografía más abrupta, clara indicación de una evolución geológica más reciente respecto a las islas orientales.

La charla incluyó una descripción de los acontecimientos que tuvieron lugar de octubre de 2011 a marzo de 2012, durante la erupción y formación del volcán submarino Tagoro<sup>1</sup>. En opinión del Dr. Pérez-Torrado, las deficiencias en la gestión de la crisis volcánica por parte de las autoridades responsables de la seguridad ciudadana y la llegada tardía del buque oceanográfico Ramón Margalef del Instituto Español de Oceanografía (IEO), desde Vigo, no permitió la realización de un seguimiento científico adecuado de la evolución de la erupción.

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

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



Figura 1 - Objetivos de desarrollo sostenible - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD/UNDP).

Fuente: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

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

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

En su ponencia, el Dr. Aridane González reiteró el objetivo principal del Foro Océanos: lograr un compromiso por parte de los actores involucrados para poner en marcha iniciativas locales que contribuyan a aumentar la resiliencia de los ecosistemas marinos y frenar el impacto del cambio climático, siguiendo el lema “piensa global, actúa local”. Este foro se conformó en torno a cinco mesas técnicas: Contaminación, Pesca y Acuicultura, Biodiversidad, Gestión del Medio Litoral, Educación e I+D+i. Estas estrategias locales se enmarcan dentro de un contexto global, como los objetivos de desarrollo sostenible (Fig. 1), promovidos por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD/UNDP).

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

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

### El sistema de carbono en regiones costeras

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

Con el aumento de los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico como consecuencia de las actividades humanas, aumenta la acidez del océano y disminuye su capacidad de absorción del CO<sub>2</sub>. Han sido observados efectos adversos en



# Contaminación



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

muchos organismos calcáreos marinos, que tienen una menor capacidad de formar y mantener conchas y esqueletos de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ). Estos cambios químicos dificultan también el crecimiento de los arrecifes coralinos, muchos de los cuales son de aragonito, que es más soluble. Aunque ciertas observaciones indiquen que algunos organismos toleran la acidificación o que pueden llegar a proliferar con ella, como algunos equinodermos o crustáceos, la pérdida de arrecifes coralinos afectará a ecosistemas completos, con consecuencias para la biodiversidad, la pesca y la protección de las costas.

El océano es el mayor sumidero de  $\text{CO}_2$ , ya que absorbe alrededor del 25-30% de las emisiones anuales derivadas de las actividades humanas. Las regiones costeras juegan un papel importante en la dinámica del carbono, sobre todo en una zona de afloramiento donde las aguas profundas, y más ácidas, ascienden de forma natural hacia la superficie, transfiriendo nutrientes y carbono inorgánico disuelto. Los nutrientes estimulan el crecimiento del fitoplancton, mientras que el  $\text{CO}_2$  disminuye el estado de saturación del  $\text{CaCO}_3$  ( $\Omega$ ) de las aguas costeras, aumentando asimismo la vulnerabilidad de los organismos marinos calcificadores de estas zonas.

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



## Recuadro 1 El pH y la acidificación del océano

**Escala de pH:** mide la acidez de las soluciones acuosas. Los valores del pH inferiores a 7 indican acidez y los superiores, basicidad. Disminuir el pH en una unidad representa multiplicar por 10 la acidez. El pH medio de las aguas superficiales de los océanos se ha reducido alrededor de 0,1 unidades, de 8,2 a 8,1, desde el inicio de la revolución industrial, lo que corresponde a un aumento del 26% de su acidez<sup>3</sup>.

**Acidificación del océano:** disminución del pH del océano durante un período prolongado, normalmente decenios o períodos más largos, causado primordialmente por la incorporación de dióxido de carbono de la atmósfera, pero también por otras adiciones químicas o sustracciones del océano. La acidificación del océano antropógena hace referencia a la proporción de la disminución del pH causada por la actividad humana<sup>4</sup>.

do un aumento del  $\text{CO}_2$  y una disminución del pH en el período 1996-2014<sup>5</sup>.

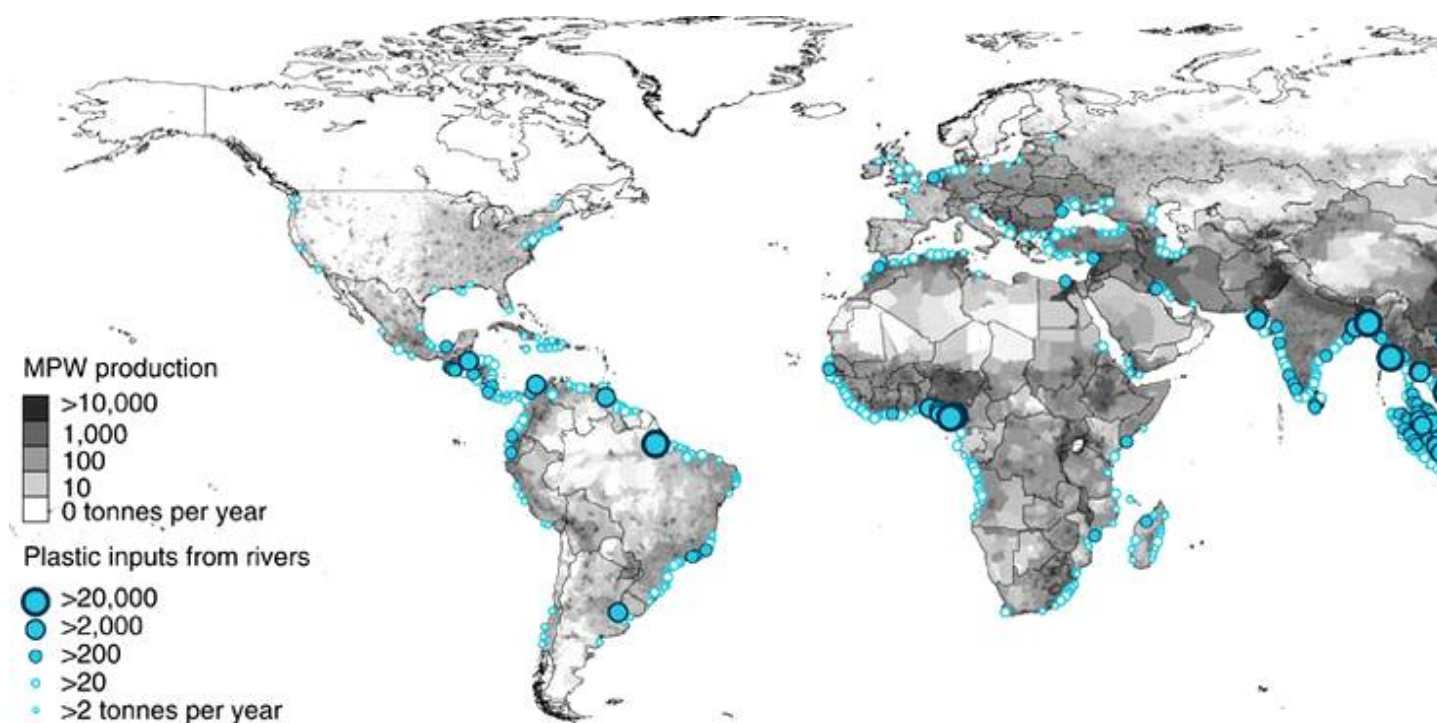


Figura 3 - El plástico llega a los océanos (Fuente: Lebreton et al., 2017).

### Investigando con medusas, otro gran enigma del océano

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

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

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

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

### Herramientas moleculares y biodiversidad marina

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



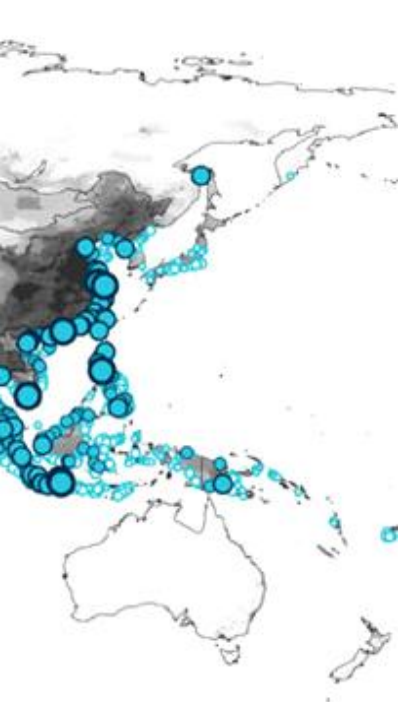


Figura 4 – *Cymodocea nodosa*. (Autor, Miguel Verdú; <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Cymodocea.JPG>).

El laboratorio emplea ADN extraído de peces y de muestras planctónicas para la identificación de taxones tras la observación del patrón electroforético y estas informaciones son almacenadas en la base de datos marinos BANGEN – Barcoding Marino de la Macaronesia, creada a raíz del proyecto homónimo del Programa de Cooperación Transnacional Madeira-Azores-Canarias MAC 2007-2013<sup>6</sup>. No hay que olvidar que en los océanos existen alrededor de 1 millón de especies eucariotas, de las que sólo unas 230.000 han sido descritas, reconocidas y clasificadas.

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

Otros proyectos destacados del Laboratorio BioMol incluyen, por ejemplo, la gestión del Banco Genético

Marino de la Reserva de la Biosfera de Gran Canaria (BARCODING RBGC), creado en 2015 para llevar a cabo un censo genético de la biodiversidad marina en determinadas zonas de la isla. BioMol participa además en el proyecto europeo MAC 2014-2010 MACBIOBLUE (Nuevos Productos y Proceso en el Ámbito de la Biotecnología Azul de la Macaronesia) y se centra en la determinación de la calidad y trazabilidad de la sal y salmueras comestibles, así como en el seguimiento de la calidad de las aguas de origen y de las propias salinas. Finalmente, el proyecto ECO-TOUR estudia la calidad ecológica de las aguas costeras de la Reserva de la Biosfera de Gran Canaria, a través de la detección y seguimiento por métodos moleculares de microorganismos nocivos e invasores.

### Importancia de los sebaales en Canarias

El profesor de la UPGC y miembro del grupo Biodiversidad y Conservación del IU-ECOQUA, Fernando Tuya Cortés, mostró la importancia de los sebaales en Canarias. Los sebaales son praderas submarinas constituidas por fanerógamas marinas que, a diferencia de las algas, tienen tallo, rizoma, raíces, hojas, flores, frutos y semillas. Por su reconocido valor ecológico, constituyen un hábitat imprescindible para la salud de las costas. Asentadas sobre fondos marinos arenosos, tienen una distribu-



ción batimétrica bastante amplia (entre 2 y 35 m) y ejercen un papel protector frente a la erosión costera gracias a su función de atenuación del oleaje. Albergan una alta diversidad biológica por ser zonas de refugio, cría y alimentación de muchos organismos marinos. En los sebales de Canarias se han contabilizado 62 especies de peces, de las cuales 40 son de interés comercial. Además, los sebales actúan como sumideros de carbono reteniéndolo en el sedimento, contribuyendo por tanto a mitigar el efecto invernadero.

De las 72 especies de fanerógamas marinas reconocidas a nivel mundial, 3 están presentes en Canarias: *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii* y *Halophila decipiens*. Muchos sebales están en declive por la presión antrópica en determinadas zonas del litoral. Esta situación, evidenciada en Canarias por los análisis espacio-temporales de varios sebales realizados por equipos del IU-ECOQUA, ha impulsado la adopción de medidas para la conservación y la recuperación de estas plantas, como la *Cymodocea nodosa* (Fig. 4), denominada popularmente “seba” en Canarias<sup>7</sup> y que ha sido incluida en el Listado español de Especies de Protección Especial.

### Reflexionando sobre las Jornadas

Las Jornadas organizadas por la SAO son un escaparate del esfuerzo investigador en varios ámbitos de la ciencia y ponen de manifiesto que nos enfrentamos a retos importantes y complejos. Las características químicas de los océanos pueden estar cambiando demasiado rápido para que muchas especies o poblaciones se adapten a través de la evolución. Además, estos cambios no afectan únicamente a los ecosistemas oceánicos, sino también a las redes alimentarias, a la biodiversidad, a la acuicultura y, por tanto, a las sociedades de nuestro planeta. El estudio de las consecuencias del impacto de los procesos antropogénicos sobre los ecosiste-

mas, así como sus repercusiones socioeconómicas, es fundamental a la hora de realizar un cambio de rumbo tanto a nivel local como global.

Hay que celebrar que una de las líneas de actuación en el apartado de Educación del Foro Océanos de Canarias 2017 incluya dar a conocer el fenómeno de la acidificación del océano. Constituye un ejercicio valioso que contribuye a mejorar la transmisión del conocimiento científico hacia la sociedad y se trata de una acción concreta para aumentar la concienciación de los estudiantes sobre la

degradación del medio marino y la necesidad urgente de protegerlo. En este contexto, la investigación sobre los procesos físicos muy complejos que interesan el transporte de CO<sub>2</sub> en el océano avanza rápidamente. Necesitamos reducir las incertidumbres y buscar modelos que nos ayuden a predecir los posibles efectos a medio y largo plazo, así como extrapolar los resultados obtenidos a todo el océano. Canarias representa, en este sentido, uno de los mejores laboratorios del mundo.

### Bibliografía

- (1) Pérez-Torrado, F.J. et al., 2012. Estudios Geológicos, 68(1): 5-27.
- (2) Lebreton, L.C.M. 2017. Nature Comm., 8:15611. <https://www.nature.com/articles/ncomms15611#1>
- (3) IGBP, COI, SCOR. 2013. La acidificación del océano. Resumen para responsables de políticas – Tercer simposio “El océano en un mundo con altos niveles de CO<sub>2</sub>. Programa Internacional Geosfera – Biosfera, Estocolmo (Suecia). 26 p.
- (4) IPCC. 2013. Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. et al. (eds.)]. Cambridge University Press, 22p.
- (5) González-Dávila, M., J.M. Santana Casiano. 2015. Inorganic carbon, pH and alkalinity in the Canary Current Large Marine Ecosystem. In: Oceanographic and biological features in the Canary Current Large Marine Ecosystem. Valdés, L. and Déniz-González, I. (eds.) IOC-UNESCO, Paris. IOC Technical Series n° 115, pp 143-150
- (6) PLOCAN .2010. Boletín Marino Marítimo Macaronésico B3M n° 1, abril 2010. 8 p. <http://plocan.eu/b3m/b3m-n1.pdf>
- (7) Espino, F., F. Tuya, I. Blanch, R.J. Haroun. 2008. Los sebales en Canarias. Praderas de fanerógamas marinas. BIOGES, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 68 p.



Agenda

Enero-Junio 2019

| ENERO   |                                                                                                                                      |                           |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Fecha   | Evento                                                                                                                               | Lugar                     |
| 10-11   | VIII Congreso Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad.                                                                       | Lisboa (Portugal)         |
| FEBRERO |                                                                                                                                      |                           |
| Fecha   | Evento                                                                                                                               | Lugar                     |
| 4-7     | I Congreso de la Sociedad Ibérica de Ecología.                                                                                       | Barcelona (España)        |
| 11-13   | Trazadores en el Océano.                                                                                                             | Eilat (Israel)            |
| 21-22   | Encuentro de Consulta de Usuarios sobre Circulación Oceánica Mundial (World Ocean Circulation User Consultation Meeting). ESA/ESRIN. | Roma (Italia)             |
| 23-2    | ASLO 2019 – Congreso Aquatic Sciences Meeting.                                                                                       | San Juan (Puerto Rico)    |
| MARZO   |                                                                                                                                      |                           |
| Fecha   | Evento                                                                                                                               | Lugar                     |
| 6-8     | Conferencia Internacional de Cambio Climático.                                                                                       | Donostia (España)         |
| 7-8     | Symposium: Adaptación al cambio climático en Oriente Medio y el Norte de África.                                                     | Rabat (Marruecos)         |
| 8-10    | Conferencia internacional sobre avances en Tecnología de aguas y Tratamiento de aguas residuales (2W2T 2019).                        | Shenzhen (China)          |
| 17-22   | Conferencia de la Gordon Research: Polar Marine Science, Lucca.                                                                      | Barga (Italia)            |
| 28-29   | Tecnología futura de algas y hongos.                                                                                                 | Tokio (Japón)             |
| ABRIL   |                                                                                                                                      |                           |
| Fecha   | Evento                                                                                                                               | Lugar                     |
| 7-12    | Congreso: Unión General de Geociencias de Europa (EGU).                                                                              | Viena (Austria)           |
| 9-11    | SEA-ASIA 2019.                                                                                                                       | Singapur                  |
| 25-28   | 6ª Conferencia internacional sobre costas e ingeniería costera (ICCOE 2019).                                                         | Thailandia                |
| MAYO    |                                                                                                                                      |                           |
| Fecha   | Evento                                                                                                                               | Lugar                     |
| 6-9     | GODAE Ocean View Simposio 2019 - OceanoPredict19.                                                                                    | Halifax (Canadá)          |
| 7-10    | XVII Congreso Nacional de Acuicultura.                                                                                               | Cartagena (Murcia-España) |
| 10-12   | Congreso Internacional de Cambio Climático.                                                                                          | Huelva (España)           |
| 28-31   | 4ª Conferencia Europea sobre Adaptación al Cambio Climático.                                                                         | Belem (Portugal)          |
| JUNIO   |                                                                                                                                      |                           |
| Fecha   | Evento                                                                                                                               | Lugar                     |
| 1-3     | SAOS 2019- Simposio Internacional sobre Ciencias Atmosféricas y Oceánicas.                                                           | Kunming (China)           |
| 5-9     | Deltas y Humedales 2019.                                                                                                             | Tulcea (Rumanía)          |
| 7-9     | 2ª Conferencia internacional sobre Medioambiente e ingeniería costera (ICEOE 2019).                                                  | Xiamen (China)            |
| 11-12   | Congreso EurOcean 2019.                                                                                                              | París (Francia)           |
| 12-14   | Symposium: Océano y cambio climático.                                                                                                | Valetta (Malta)           |
| 15-16   | AMOS-ICSHMO 2019 - Conferencia Internacional sobre Meteorología Tropical y Oceanografía.                                             | Darwin (Australia)        |
| 15-16   | Conferencia de la Gordon Research: Dinámicas del Océano Costero.                                                                     | Biddeford (EE.UU.)        |
| 16-21   | Conferencia de la Gordon Research: Dinámicas del Océano Costero.                                                                     | Biddeford (EE.UU.)        |
| 17-21   | Congreso: IMBER Ocean Sciences.                                                                                                      | Brest (Francia)           |
| 22-23   | Conferencia internacional sobre oceanografía y ciencias marinas.                                                                     | Roma (Italia)             |



Proyecto de Ciencias para estudiantes de Primaria, Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
*UN MAR DE CIENCIAS*

Un Mar de Ciencias es un proyecto orientado a alumnos de primaria, secundaria, bachillerato y formación profesional de la Comunidad Autónoma de Canarias, cuyo objetivo es fomentar la conservación de la biodiversidad marina y el conocimiento de los océanos a través de las ciencias.

Inscripción y plazo de presentación

El plazo de inscripción de los proyectos a cualquier de las cinco modalidades finaliza el **21 de enero de 2019**. La inscripción se ha de realizar a través de la página web de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos (<http://www.sociedadatlanticadeoceanografos.org/>)

Temática

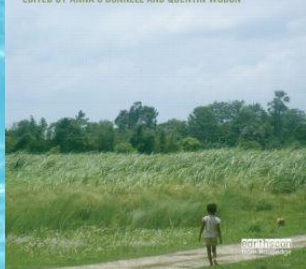
El trabajo/experimento propuesto ha de versar sobre algún aspecto relacionado con los océanos, su conocimiento o conservación, a través de cualquiera de las disciplinas científicas experimentales o técnicas. Se aceptaran trabajos de investigación y difusión en cualesquiera de los campos de conocimiento (biología, ecología, física, geología, química y matemáticas, incluyendo la gestión y educación ambiental o cualquier otra disciplina, incluyendo el dibujo y la música).



## Reseñas bibliográficas

### CLIMATE CHANGE ADAPTATION AND SOCIAL RESILIENCE IN THE SUNDARBANS

EDITED BY ANNA O'DONNELL AND QUENTIN WODON

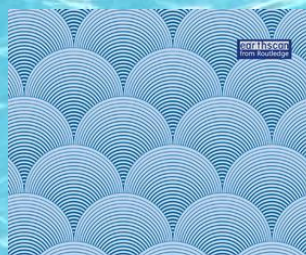


#### Climate Change adaptation and Social Resilience in the Sundarbans (Adaptación al cambio climático y resiliencia social en el Sundarbans) (Enero 2019)

Editores: Anna O'Donnell y  
Quentin Wodon  
ISBN-13: 978-1138783805  
Precio aproximado: 60 €

La vulnerabilidad de los hogares a las crisis climáticas y las condiciones climáticas cambiantes se ha convertido en una preocupación importante en los países en desarrollo. Sin embargo, las evidencias empíricas sobre el impacto que las condiciones ambientales tienen en los hogares siguen siendo limitadas. Este libro explora la adaptación al cambio climático utilizando un enfoque de resiliencia social.

El libro se basa en datos primarios de Sundarbans, un área densamente poblada ubicada entre Bangladesh y la India (Bengala Occidental), que es altamente vulnerable a los fenómenos meteorológicos extremos y al cambio climático. El enfoque está en evaluar cómo los ciclones afectan a los hogares: si son capaces de hacerles frente, adaptarse y recuperarse de los eventos y cambios; si son advertidos de antemano; si se benefician de las redes de seguridad del gobierno y otros programas sociales; y, finalmente, si están obligados a una migración temporal o permanente. Esta evaluación lleva a una mejor comprensión de cómo la exposición de un área a la vulnerabilidad y riesgo ante el cambio climático afecta y da forma a las respuestas humanas.



### MANAGEMENT SCIENCE IN FISHERIES

An introduction to simulation-based methods

Edited by CHARLES T.T. EDWARDS  
and DOROTHY J. DANKEL

**Management Science in  
Fisheries (Gestión científica  
en pesquerías) (Julio 2018)**  
Editores: Charles T.T. Edwards  
y Dorothy J. Dankel  
ISBN-13: 978-1138806801  
Precio aproximado: 70 €

Un objetivo clave de la ordenación pesquera es regular la presión extractiva sobre un recurso para garantizar la sostenibilidad social, económica y ecológica. Este libro proporciona un punto de entrada accesible a las ciencias de la gestión pesquera para estudiantes y profesionales, con el fin de facilitar la adopción de las últimas ideas y métodos.

Los enfoques tradicionales de la gestión se han basado en la evaluación de los stocks tomando como base la comprensión del estado y dinámica de los recursos, y en la predicción de la posible respuesta a una estrategia de gestión estática. Sin embargo, todas estas predicciones incluyen un grado inherente de incertidumbre, pero en las últimas décadas ha surgido un enfoque adaptativo que utiliza la retroalimentación como forma de aproximar comportamientos futuros. La retroalimentación se logra a través de una regla de control, que define una relación entre el estado percibido del recurso y una acción de gestión. Las evaluaciones de tales reglas normalmente incluyen pruebas de simulación por ordenador en un amplio rango de incertidumbres, de modo que las partes interesadas y los gestores puedan seleccionar una regla adecuada y robusta. El libro se centra en este enfoque, que generalmente se conoce como Evaluación de la Estrategia de Gestión. El libro se enriquece con ejemplos de estudios de casos de diferentes partes del mundo, así como con información sobre la teoría y la práctica de quienes participan activamente en la ciencia de la gestión de la pesca.

## Puedes comprar y reservar tus libros en

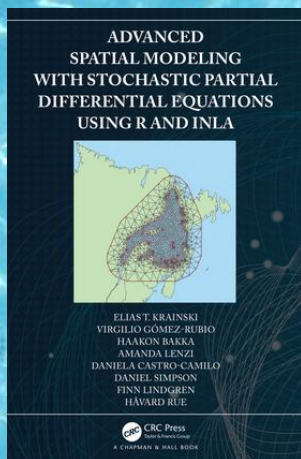


Calle Perdomo, 6  
35002 Las Palmas de Gran Canaria  
[www.libreriasinopsis.com](http://www.libreriasinopsis.com)  
929 381438

# SINOPSIS

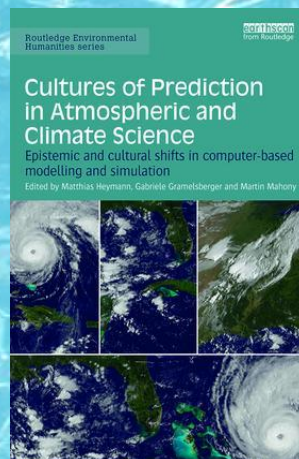
## Librería





**Advanced Spatial Modeling with Stochastic Partial Differential Equations using R and INLA (Modelado espacial avanzado con ecuaciones diferenciales parciales estocásticas usando R e INLA) (Enero 2019)**

Editores: Elias T. Krainski, Virgilio Gómez-Rubio, Haakon Bakka, Amanda Lenzi, Daniela Castro-Camilo, Daniel Simpson, Finn Lindgren y Håvard Rue  
ISBN-13: 978-11388369856  
Precio aproximado: 63 €



**Cultures of Prediction in Atmospheric and Climate Science (Culturas de predicción en la ciencia atmosférica y climática) (Enero 2019)**

Editores: Matthias Heymann, Gabriele Gramelsberger y Martin Mahony  
ISBN-13: 978-1138222984  
Precio aproximado: 74 €

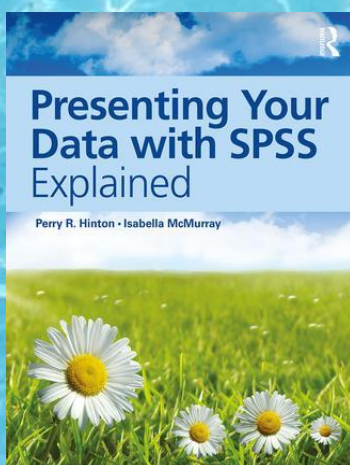
Este libro ha sido escrito por expertos líderes en estadística espacial, incluidos los principales desarrolladores de las metodologías INLA y SPDE, y el paquete R-INLA. También incluye una amplia gama de aplicaciones:

- Modelos espaciales y espacio-temporales para resultados continuos.
- Análisis de patrones de puntos espaciales y espacio-temporales.
- Corregionalización espacial y modelos espacio-temporales.
- Modelos espaciales de error de medición.
- Modelado de muestreo preferencial.
- Modelos espaciales y espacio-temporales con barreras físicas.
- Análisis de supervivencia con efectos espaciales.
- Regresión dinámica del espacio-tiempo.
- Modelos espaciales y espacio-temporales para extremos.
- Modelos de vallas con efectos espaciales.
- Prejuicios de complejidad penalizada por modelos espaciales.

Todos los ejemplos en el libro son completamente reproducibles. Más información sobre este libro, así como el código R y los conjuntos de datos utilizados, está disponible en el sitio web del libro en <http://www.r-inla.org/spde-book>.

En las últimas décadas, la ciencia ha experimentado un cambio revolucionario. El desarrollo y la amplia aplicación del modelado y simulación han transformado las prácticas de conocimiento de campos científicos tan diversos como la astrofísica, genética, robótica y demografía. Esta transformación epistémica ha traído consigo un aumento simultáneo de relevancia política y una renovación de las agendas políticas internacionales, lo que plantea preguntas cruciales sobre la naturaleza y la aplicación de los conocimientos de simulación en todas las políticas públicas.

A través de una amplia gama de estudios de caso, que abarcan más de un siglo de desarrollos teóricos y prácticos en las ciencias atmosféricas y ambientales, este libro sostiene que el modelado y simulación han cambiado sustancialmente las prácticas científicas y culturales y han dado forma a la aparición de nuevas "culturas de predicción". Con una contribución innovadora e interdisciplinaria para comprender el impacto del modelado en la práctica de investigación, configuraciones institucionales y culturas más amplias, este volumen será una lectura esencial para cualquier persona interesada en el pasado, presente y futuro del cambio climático y las ciencias ambientales.



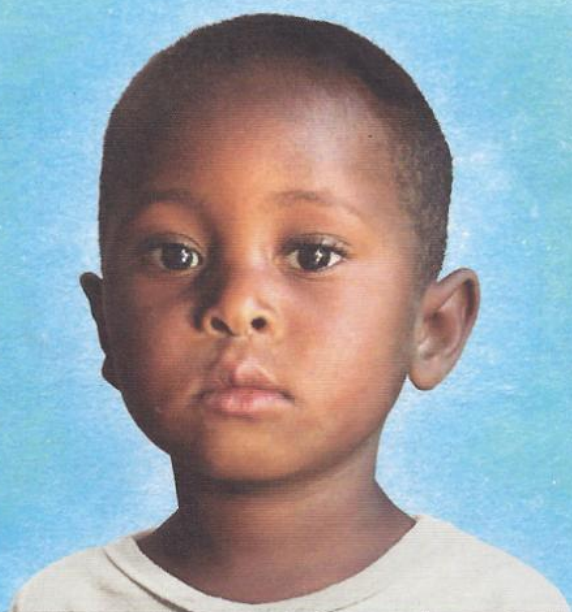
**Presenting your Data with SPSS Explained (Presentando tus datos con el SPSS explicado) (Junio 2017)**

Editores: Perry R. Hinton e Isabella McMurray  
ISBN-13: 978-1138916593  
Precio aproximado: 67 €

Este libro proporciona a los estudiantes toda la información que necesitan para realizar un análisis, a pequeña escala, de los proyectos de investigación utilizando el SPSS y presentar sus resultados de manera adecuada en sus informes. Los datos cuantitativos se pueden recopilar en forma de cuestionario, encuesta o estudio experimental. Se centra en presentar estos datos con claridad, en forma de tablas y gráficos, junto con la creación de estadísticas de resumen básicas. Utiliza una encuesta como ejemplo, que se explica claramente paso a paso a lo largo del libro. Esto permite a los lectores seguir los procedimientos y aplicar fácilmente cada paso del proceso a sus propias investigaciones y hallazgos.

No se asume ningún conocimiento previo de estadísticas o SPSS, y todo en el libro se explica cuidadosamente de una manera útil y fácil de usar, a través de ejemplos trabajados. Este libro es el compañero perfecto para los estudiantes de una variedad de disciplinas que incluyen ciencia, psicología, negocios, comunicación, educación, salud, humanidades, mercadotecnia y enfermería, muchos de los cuales desconocen que este programa extremadamente útil está disponible en su institución para su uso.





HOY CUMPLO 1.531

A CAUSA DE LA DESNUTRICIÓN, EN MUCHOS LUGARES LOS NIÑOS NO CUMPLEN AÑOS, CUMPLEN DÍAS.

ENVÍA UNICEF  
AL 28028

1 SMS = 1 DÍA DE TRATAMIENTO CONTRA  
LA DESNUTRICIÓN AGUDA PARA UN NIÑO

unicef 



CUMPLEDÍAS.COM

El coste íntegro para usuarios de Movistar, Vodafone y Orange es de 1,20 euros e irá íntegramente a UNICEF. Respo, consulte con su operador, coste máximo 1,45 euros. Contribución máxima 1,20 euros. Número corto sin fines comerciales. Operado por Alvento n.ºn.cita: 902 887 786 alvento.es. Información legal y protección de datos: unicef.es. Coste íntegro para usuarios de Movistar, Vodafone y Orange es de 1,20 euros e irá íntegramente a UNICEF. Respo, consulte con su operador, coste máximo 1,45 euros. Contribución máxima 1,20 euros. Número corto sin fines comerciales. Operado por Alvento n.ºn.cita: 902 887 786 alvento.es. Información legal y protección de datos: unicef.es.