

# OKEANOS

ISSN: 2444-4758



P.V.P 4,95 €

Crecimiento azul en  
Canarias...

*¿Quo vadis?*

Siete mi icebergs a simple vista

Síntesis de los datos conocidos hasta ahora sobre el  
descubrimiento del Archipiélago de Cabo Verde

El papel de la Biotecnología de microalgas en la  
economía circular

Los drenajes ácidos de minas. Herencia de una  
contaminación circular

# Editorial

Foto portada: Carlos Mirguell. Perro del norte, pez lobo - Anartrichas lupus

En estos últimos seis meses (enero-junio de 2018) la comunidad científica ha aportado nueva información de muchos fenómenos y eventos que, sin duda, ayudarán a tener un más preciso conocimiento del funcionamiento de los distintos elementos que configuran nuestra biosfera y, particularmente, de los océanos. Pero, también, han incrementado la lista de disfunciones y amenazas, que afectan a los ecosistemas marinos y su capacidad para sostener la vida. La mayoría de las preocupaciones siguen estando del lado del calentamiento global del clima, con los episodios climáticos extremos que se han vivido en determinadas partes del Planeta. En agosto del 2017, el huracán Harvey evidenció la tendencia creciente de los ciclos de huracanes en el Atlántico Norte, impulsados por el incremento de temperaturas de la superficie del mar. En este contexto, en el año 2017 la temperatura media anual ha sido la más alta de la serie histórica en España, al tiempo que fue el segundo año más seco desde 1965. También, este calentamiento está haciendo más accesible el Ártico a la navegación, un 300% más entre 2015 y 2016, y a su explotación minera, pesquera y militar, con todos los peligros que esto conlleva para la fauna, particularmente para cetáceos como los narvales.

Al igual que no ha habido tregua en el avance del deshielo del Ártico, tampoco lo ha habido en la contaminación por plásticos. Cada vez son más frecuentes las noticias de cetáceos encontrados varados en las costas, cuya muerte ha sido causada, en parte, por la acumulación de decenas de kilos de plásticos en sus estómagos. Es más, un estudio reciente realizado por la Agencia Nacional para la Atmósfera y el Océano (NOAA) de Estados Unidos, ha puesto en evidencia que las bolsas de plástico de un solo uso, como las que se regalan en los supermercados, forman parte de la basura que se encuentra en la Fosa de las Marianas, a casi 11.000 m de profundidad. Los científicos han encontrado en las zonas más profundas del planeta, que el 17% de las imágenes tomadas a lo largo de los últimos 30 años mostraban interacciones de algún tipo de vida con basuras plásticas. Pero, a medida que los desechos de plástico contaminan los océanos y disminuyen las poblaciones de peces, bajo la superficie aumentan las áreas de mar abierto y costeras en anoxia. El aumento de la carga de nutrientes junto con el cambio climático, ambos, resultado de las actividades humanas, están cambiando la biogeoquímica oceánica y el aumento del consumo de oxígeno. Esto tiene como resultado la desestabilización de los sedimentos y cambios fundamentales en la disponibilidad de nutrientes esenciales.

Por otro lado, el nivel del mar están aumentando, con las tasas más altas en los trópicos donde se encuentran miles de islas de atolones de coral de baja altura y, en contra de las predicciones de los modelos iniciales sobre la base de las tasas actuales de emisión de gases de efecto invernadero, la mayoría de estas islas sufrirán inundaciones a mediados del siglo XXI, causadas por el oleaje, haciéndolas inhabitables. Esto dará lugar a problemas geopolíticos importantes e inevitables, al ser necesario reubicar a la población de muchos estados insulares. También recientemente se ha constatado que el intervalo promedio entre episodios de blanqueamiento coralino es ahora menos de la mitad de lo que era antes, lo que no permite una recuperación completa de los arrecifes. Además, los eventos como El Niño son más cálidos que antes, al igual que las condiciones oceánicas generales. Es probable que tales cambios dificulten cada vez más que los arrecifes se recuperen entre eventos estresantes. Es más, se ha constatado que a medida que los océanos se vuelven más ácidos se produce la disolución de las arenas de carbonato de calcio, lo que acelera la pérdida de arrecifes por una menor calcificación. En consecuencia, algunos arrecifes ya están experimentando la disolución neta de sus sedimentos.

No obstante, también ha habido buenas noticias, como la constatación de que los programas de conservación están consiguiendo la recuperación del tamaño de las poblaciones de tortugas marinas a nivel global, a excepción de la tortuga laúd en el Pacífico. Por otra parte, tras dos años de negociación, La Unión Europea, Estados Unidos, Canadá, Groenlandia (Dinamarca), Noruega, Rusia, China, Japón y Corea del Sur han alcanzado un acuerdo para prohibir la pesca comercial en 2,8 millones de Km<sup>2</sup> del Océano Ártico Central durante, al menos, los próximos 16 años. Este acuerdo fue anunciado el pasado 30 de noviembre de 2017, y tiene por objetivo permitir a los científicos estudiar la ecología marina de la región y los posibles impactos del cambio climático antes de que la pesca se generalice. El reto es importante, pero sin duda será un ejemplo al que han de adherirse otras naciones y replicarlo en otros océanos.

Será una tarea enorme, cada vez más titánica, pero con las responsabilidades de todos, ésta tarea es factible y por ello les pido, sin excepción, que ocupen sus puestos y avancemos juntos en ésta dirección. En palabras del Almirante Nelson, *"El planeta (por Inglaterra) espera que todo hombre cumpla con su deber"*. R/V Okeanos suelta amarras y pone otra vez rumbo hacia el conocimiento.

**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](http://www.mercurioeditorial.com))

Correo electrónico: [jose.castro@ulpgc.es](mailto:jose.castro@ulpgc.es)

Teléfono: (+34) 928454549

ISSN: 2444-4758 DL GC 639-2015

- 04** Siete mil icebergs a simple vista.  
Jorge Martínez Rey
- 08** Síntesis de los datos conocidos hasta ahora sobre el descubrimiento del Archipiélago de Cabo Verde.  
Luis Felipe López Jurado
- 16** Crecimiento azul en Canarias... ¿*Quo vadis?*  
Alberto Bilbao Sieyro, Yeray Pérez González, Lorena Couce Montero, Yaiza Fernández-Palacios y Andrej Abramic
- 23** EFEMÉRIDES. Jacques-Yves Cousteau
- 24** El papel de la Biotecnología de microalgas en la economía circular.  
Adelina de la Jara Valido, Antera Martel Quintana, Carlos Almeida Peña y Juan Luis Gómez Pinchetti
- 30** Los drenajes ácidos de minas. Herencia de una contaminación histórica.  
Lidia Fernández-Rojo, Marina Héry y Corinne Casiot
- 34** Alternativa ecológica a las pinturas comerciales actuales antiincrustantes.  
Montserrat Alemán Vega
- 38** OKEANOS DE FOTOS. Carlos Minguell.
- 48** MONSTRUOS MARINOS (6). La manta gigante. José Juan Castro
- 50** ENTREVISTA A: María Dolores Pérez Hernández
- 56** Estudios malacológicos: Comentarios sobre algunas especies de Conos de Cabo Verde.  
Juan Francisco Betancort Lozano, C. Nayra Hernández Acosta y Luis Felipe López Jurado
- 58** Acuarios y conservación. Poema del Mar y la biodiversidad marina en Canarias.  
Javier Almunia
- 63** NOTICIAS OKEANOS. José J. Castro
- 67** UN MAR PARA COMÉRSELO. Caballas de Mogán en escabeche, crujiente de coral y tierra de maní.  
Abraham Ortega García
- 68** SAO. Galardón océanos 2018. Un mar de ciencias 2018. Airam Guerra Marrero
- 69** AGENDA
- 70** RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS.



# Siete mil icebergs a simple vista

Figura 1. Icebergs que detectó el Radarsat-1 Antarctic Mapping Project (Wesche y Dierking, 2015) en 1997 en los mares en torno a la Antártida.

## Jorge Martínez Rey

Data Visualization Engineer, GraphicPrototype.  
Contacto: jorge@graphicprototype.net

### Traer datos a la vida

De forma gradual, desde el comienzo de internet y sobre todo desde el desarrollo de todos los dispositivos móviles que inundan nuestras vidas, la forma de consumo de información ha ido cambiando de manera radical. Ha cambiado tanto el formato de la infor-

mación, como el tiempo que somos capaces de dedicarle a ella. Y todo esto en un proceso de aprendizaje sobre la marcha, ya que la discriminación, o la evaluación de todo el flujo de información, va detrás de la velocidad a la que se desarrollan nuevas tecnologías digitales y nuevos formatos de intercambio de contenidos. Y es en esta vorágine donde la visualización de forma gráfica de información, más allá de los formatos tradicionales, ha cobrado un papel muy

Mar de Ross (Antártida).  
Foto: Michael Van Woert (NOAA).

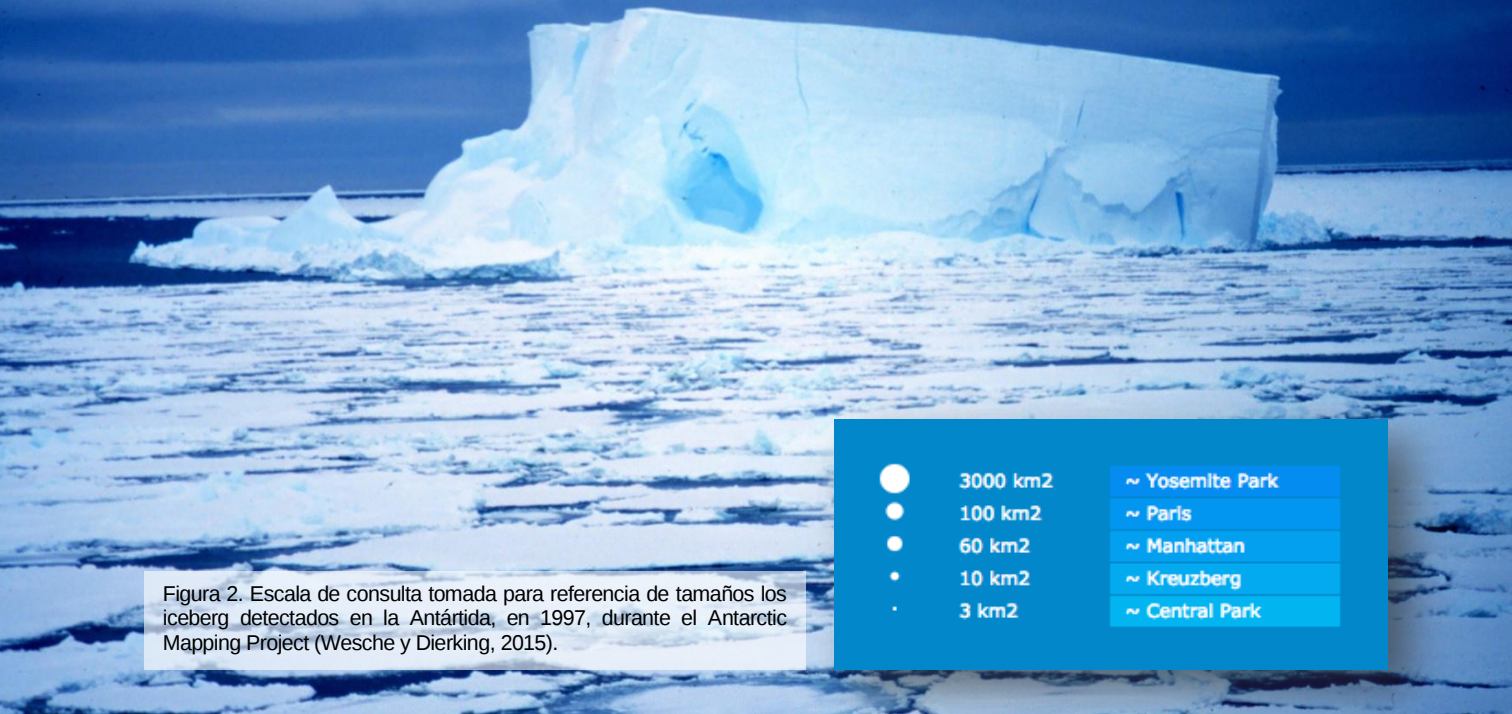


Figura 2. Escala de consulta tomada para referencia de tamaños los iceberg detectados en la Antártida, en 1997, durante el Antarctic Mapping Project (Wesche y Dierking, 2015).

importante. La información grafica responde precisamente a las dos necesidades que plantea la tecnología digital: (i) un formato visual que se apoya mayoritariamente sobre dispositivos digitales y (ii), más importante aún, un ahorro de tiempo en comprender y digerir lo que se nos quiere transmitir.

La visualización grafica de información más allá de los ejes cartesianos o de la cartografía no es nueva. La infografía y el diseño grafico existen desde que hay historia escrita, pero es precisamente esa apuesta del mundo digital por el formato visual y la economía del tiempo la que ha hecho que tenga un protagonismo sin precedentes. En los últimos años ha habido una verdadera explosión en el número de herramientas, software y plataformas para desarrollar proyectos de visualización de datos. Esta explosión viene de la mano de un incremento de la capacidad de computación y de procesar datos de forma rápida, así como del incremento de la velocidad de navegación.

De entre todas estas herramientas, una de ellas sobresale por su sencillez: D3.js, acrónimo de Data Driven Documents, una librería de Javascript para la web publicitada como el software que "helps you bring data to life" (te ayuda a traer datos a la vida). Su importancia es tal que se ha expandido rápidamente

desde su desarrollo en el M.I.T. (Instituto Tecnológico de Massachussets, Cambridge, EE.UU.) hasta todas las redacciones del periodismo de investigación (incluyendo el New York Times, The Guardian, The Financial Times y muchos otros) para contar las historias detrás de grandes cantidades de datos de una forma simple e intuitiva.

D3.js ha encontrado también su utilidad dentro del mundo científico y en concreto dentro de la oceanografía. La utilización de los centros de supercomputación para el desarrollo de modelos oceánicos globales, los datos de satélite o simplemente la acumulación durante décadas de observaciones marinas, han producido grandes bases de datos con infinidad de resultados que no siempre se pueden sintetizar en las publicaciones científicas, tradicionalmente breves y con un espacio muy limitado. D3.js permite, a través de páginas web sencillas, mostrar decenas de miles de datos gracias a la generación de formas geométricas proporcionales a los valores que tenemos en una base de datos concreta. Eso ayuda cognitivamente a la interpretación de los datos, y a hacerse una idea rápidamente de qué patrones, tendencias o cambios estamos observando.



### D3.js y los siete mil icebergs

Un ejemplo sencillo de la capacidad de D3.js se describe en la figura 1 (ver página anterior). En este proyecto de visualización podemos ver los más de 7.000 icebergs que detectó el Radarsat-1 Antarctic Mapping Project (Wesche y Dierking, 2015) en 1997. En el centro del mapa podemos ver la información tradicional de las coordenadas en las que se hallan los icebergs, y su distribución a lo largo de los diferentes mares que rodean la Antártida. Lo que D3.js nos permite hacer además de cartografías, es crear formas geométricas, círculos, por ejemplo, asociados a cada entrada de cada iceberg individual en la base de datos, y hacer, ese círculo proporcional a su área. También nos permite distribuirlos en su franja longitudinal, de forma que las zonas donde hay más densidad tendrán también más densidad de círculos asociados a cada iceberg.

De esta forma podemos ver rápidamente, pero sin perder el más mínimo rigor y precisión, cual es la distribución geográfica y de tamaño de los icebergs en la Antártida en ese año concreto. Podemos evaluar a simple vista el porcentaje de icebergs con un tamaño por debajo de un cierto límite (esa mayoría por debajo de los 3 km<sup>2</sup>, por ejemplo) y, más aún, comparar esos tamaños con referencias conocidas dentro de la geografía mundial (Fig. 2) (ver página anterior). Así, es fácil hacerse una idea de que la mayoría de icebergs no son más grandes que Central Park, un icono hasta cinematográfico que podemos estimar en extensión. Pero en algunas zonas, las que probablemente estén relacionadas con la desembocadura de glaciares, hay icebergs que pueden

llegar a tener extensiones del tamaño de Parques Naturales de cientos de kilómetros de extensión. Y estos, a su vez, suelen estar acompañados de otros icebergs probablemente fragmentados de estas grandes extensiones del tamaño de París o Manhattan.

Conceptualmente, este tipo de herramientas suponen un gran avance a la hora de concienciar al gran público sobre temas no sólo de glaciología u oceanografía, sino también de cambio climático. La idea de que hay icebergs más grandes que París flotando libremente por el océano austral deja margen a una segunda reflexión sobre temas científicos que nos pueden parecer lejanos. Los icebergs tienen influencia en los ciclos biológicos marinos, las corrientes oceánicas y en el ciclo del agua, al cual estamos todos sujetos, y este tipo de proyectos de visualización permiten tener una perspectiva mucho más cercana de estos problemas. A diferencia de las representaciones desarrolladas en *Illustrator* a criterio del artista, este tipo de infografías respeta el valor original de la base de datos, de forma que también apunta hacia el rigor con el cual se crean las bases de datos, y además contribuyen a concienciar sobre el enorme esfuerzo científico y la monitorización permanente de los lugares donde el Cambio Climático va a tener un mayor impacto.

La visualización de datos, sea a través de D3.js u otro software, viene a ocupar el espacio entre la divulgación tradicional y el artículo científico, con lo mejor de los dos campos, uniendo el diseño gráfico con la precisión ineludible de la ciencia.



Mar de Ross (Antártida).  
Foto: Michael Van Woert (NOAA).

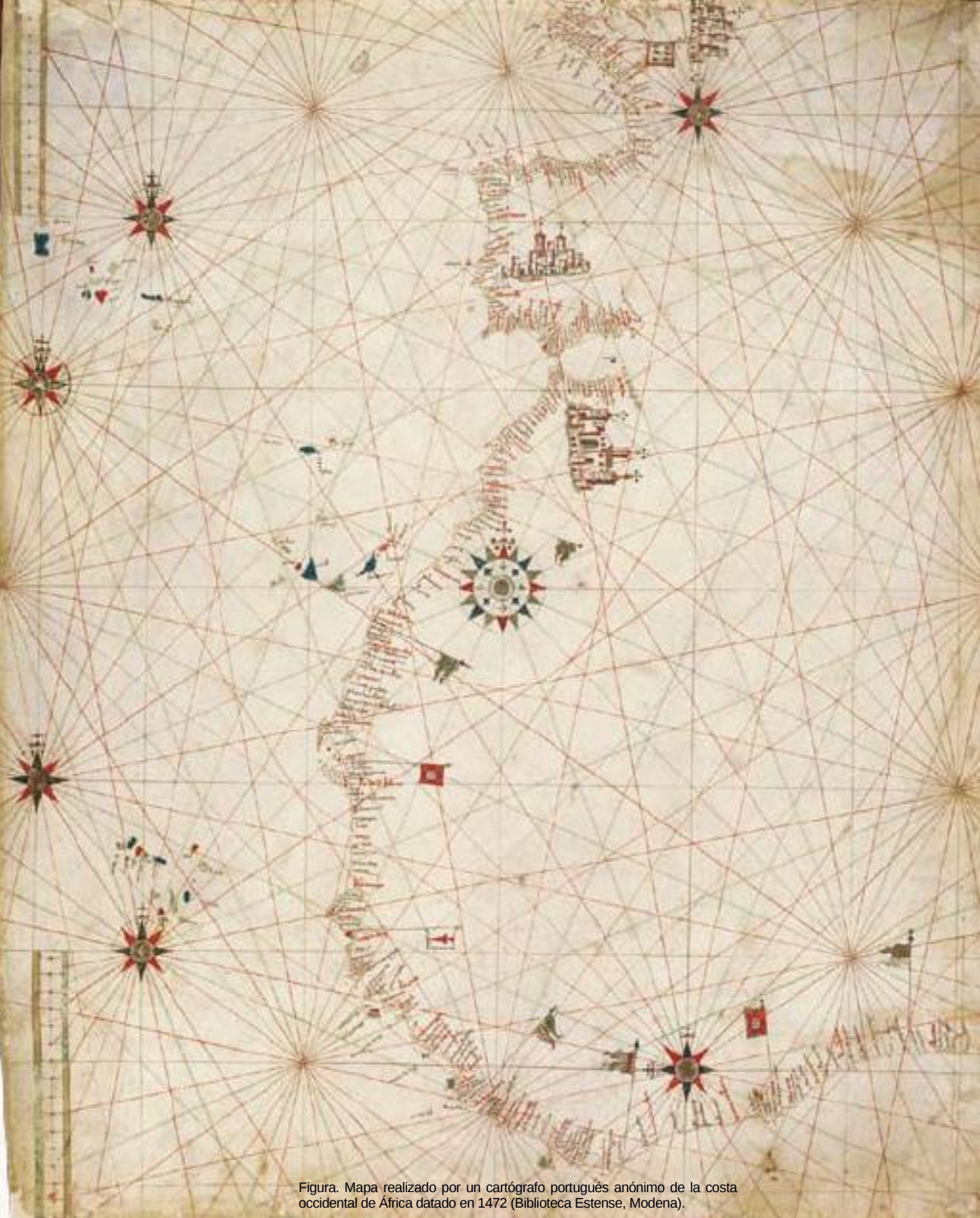


Figura. Mapa realizado por un cartógrafo portugués anónimo de la costa occidental de África datado en 1472 (Biblioteca Estense, Modena).

# Síntesis de los datos conocidos hasta ahora sobre el descubrimiento del Archipiélago de Cabo Verde

**Luis Felipe López Jurado**

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

El descubrimiento del Archipiélago de Cabo Verde tuvo lugar a finales del siglo XV por parte de navegantes portugueses. No obstante, algunos historiadores apunta a la posibilidad de que navegantes árabes visitaran estas islas en siglos anteriores, principalmente la isla de Sal, usándolas como puntos de avituallamiento en sus rutas comerciales en esta parte de África. En 1462 se instalan los primeros colonos portugueses en Santiago, fundando la ciudad de Ribeira Grande, hoy Cidade Velha. En este trabajo queremos presentar los documentos que ilustran la situación actual de los conocimientos sobre el descubrimiento de las islas. En primer lugar mostramos un artículo acerca de la reivindicación para Alouise de Cadamosto (o Alvise da Ca' da Mosto) del descubrimiento de las islas de Cabo Verde, frente a la teoría portuguesa que adjudicaba a Diego Noli dicho descubrimiento. En segundo lugar aportamos información relativa a la denominada "*Rocha Escrivida*" cerca de la localidad de Janela en la isla de Santo Antão, en la que se puede observar un petroglifo que representa un barco, aparentemente un junco chino muy similar a los que existían en el siglo XV, caracterizados principalmente por tres palos con velas y dos timones laterales muy característicos.

Consideramos que estos petroglifos, descubiertos por nosotros, son originales según observación arqueológica realizada sobre las fotos (es necesario corroborarlo lógicamente *in situ*), y podrían corresponder con la epopeya china de 1421, año en el que una flota china del emperador Shu Di, al mando del almirante Zheng He con unos 30.000 hombres, realizó una serie de periplos oceánicos entre los que se supone, según Menzie<sup>1</sup>, que se incluyeron las islas de Cabo Verde, como consecuencia del desvío fortuito de algunas de sus naves por una tormenta.

Desde 2003, año en que descubrimos los petroglifos, no hemos hablado con nadie sobre su ubicación, considerando que era mucho mejor mantenerlo en secreto para evitar su deterioro. Ahora hemos creído que es el momento de darlos a conocer y que el gobierno de Cabo Verde establezca medidas para su protección.

## **Datos para la historia natural de Cabo Verde**

Las islas de Cabo Verde son así llamadas, no porque sean verdes, ni porque en ellas exista algún cabo geográfico denominado "cabo verde", sino porque se encuentran frente al Cabo Verde en la costa de Senegal, a unos 500 kilómetros de distancia de la isla de Boavista, la más cercana. En el principio la denominación de "islas del Cabo Verde" se debe a que en la navegación antigua, para encontrarlas era necesario, primero, llegar a la altitud de este cabo senegalés y, luego, seguir rumbo exactamente al oeste para vislumbrar, en el horizonte, a pocos días de viaje.

Tanto estas islas como el resto de archipiélagos de la región macaronésica (Azores, Madeira y Canarias) han sido objeto de numerosas referencias por parte de viajeros, historiadores, geógrafos, escritores y navegantes del mundo antiguo. Muchos de estos relatos contienen testimonios de indiscutible valor que nos sirven de referencia para poder conocer la historia de estas islas atlánticas. Otros entran en el campo de la mitología o de la utopía, teniendo generalmente una interpretación más ambigua y complicada. Inicialmente, las islas de Cabo Verde fueron identificadas como las Gorgonas por los primeros historiadores de esta parte del mundo, como Plinio el Viejo en el siglo I antes de nuestra era, aunque autores posteriores encontraron muchas más coincidencias de las Gorgónias con el archipiélago de los Bijagos, Guinea-Bissau.



Figura 1. En la *Rocha scribida* (Santo Antão) se observan texto escritos con caracteres de lengua malayalam o mala-bar, junto a graffitis modernos que lógicamente van en demérito de la importancia histórica de estos petroglifos.



Desde el siglo XVIII hasta nuestros días ha habido básicamente dos teorías sobre el descubrimiento de estas islas. En general, ha prevalecido la idea defendida por la mayoría de autores portugueses, que otorgan el descubrimiento al portugués Diogo Gomes junto con el genovés António da Noli, quienes a partir del año 1462 se repartieron entre ellos, por donación real, el territorio de Santiago, la isla más fértil de todas, estableciendo el primero de ellos su capital en Alcatrazes (actual Praia Baixo) y el segundo en Ribeira Grande (actual Cidade Velha). Sin embargo, otra alternativa adjudica el descubrimiento al veneciano Alvise Ca 'da Mosto, quien no obtuvo ninguna concesión real por parte del infante de Portugal Henrique el Navegador, a quien servía. Además, su rastro se pierde misteriosamente poco después de su llegada a Lisboa, sin aparentemente haber dado parte oficial de su descubrimiento.

En este artículo, reunimos las informaciones históricas con las zoológicas y las botánicas más antiguas de Cabo Verde y, así creemos que podemos apuntar en este momento ciertos datos que ayuden a exponer de nuevo cuál de las dos principales hipótesis sobre el descubrimiento de las islas de Cabo Verde es la más correcta. Nuestro interés es acercarnos lo más posible a la verdad histórica sobre la entrada en la historia de estas islas, para ayudar a este pueblo a conocer su historia natural.

## Las hipótesis sobre el descubrimiento de las Islas de Cabo Verde

Durante los siglos XIV y XV algunos países europeos como España y Portugal, empiezan a dominar suficientemente la navegación marítima con el objetivo de iniciar una etapa de expansión colonial, que en un primer momento los llevaba a reconocer, y en este caso a conquistar, algunas de las islas atlánticas como Madeira, Azores y Canarias. Desde que en el año 1434 Gil Eanes consiguió superar el misterioso y temido Cabo Bojador, los descubrimientos de las tierras al sur de dicho Cabo, comenzaron a entrar en la historia escrita de occidente.

### Primera fecha: 1445. Descubridor: Vicente Dias

La referencia más antigua que se tiene sobre la existencia de las islas de Cabo Verde corresponde al año 1448. Ese año, el cartógrafo veneciano Andrea Bianco dibuja en Londres una carta náutica correspondiente a la expedición de Lançarote de Freitas, marino portugués que, partiendo de Lagos (Algarve portugués) en 1445, exploró la costa atlántica africana hasta un poco más al sur del Cabo Verde, en Senegal. A su regreso a Portugal los buques de esta expedición se dispersaron y no llegaron juntos. Uno de ellos era capitaneado por Vicente Dias y al parecer se perdió durante unos días en el viaje de vuelta. El hecho es que en la carta de Bianco aparece el con-

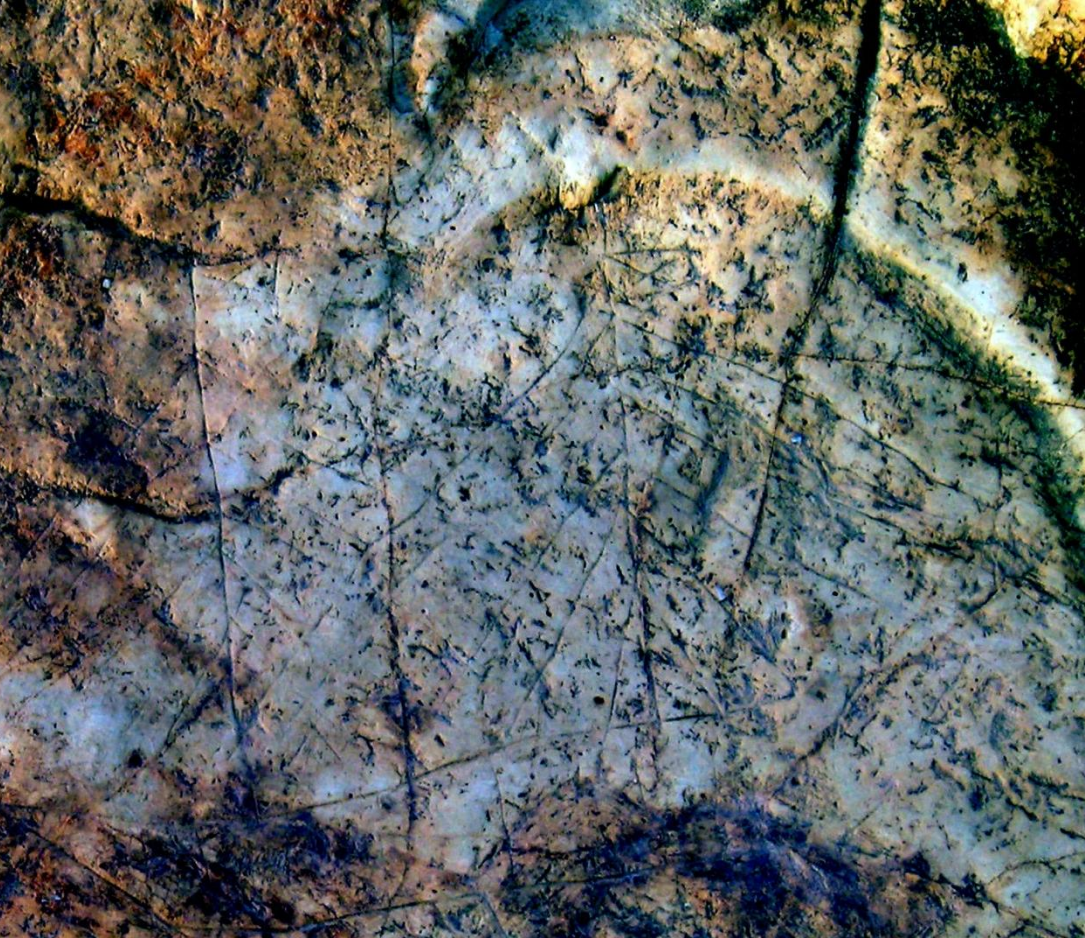


Figura 2. *Rocha scribida* (Santo Antão). Detalle de la representación de un junco chino en los petroglifos.

torno de una isla que es idéntica a la de la isla de Santiago en los mapas que posteriormente publicó Gracioso Benincasa en 1468, 1469, 1471, 1473 y 1480, es decir, en los años en que ya habían sido descubiertas todas las islas de Cabo Verde y se conocía bastante bien el perfil de las mismas. Esto hace pensar que Vicente Dias se encontró fortuitamente con una isla, de la que seguramente hizo una descripción a Andrea Bianco. Este, colocó la isla en el suroeste del Cabo Verde, en Senegal, con la inscripción: *ixola otenticha ... a poniente / 500 / mia* (isla auténtica ... a poniente 500 millas). Esto se interpreta como que existía una isla real situada a unas 500 millas al sur del Cabo Verde, en Senegal. En realidad dista unas 400 millas, pero esa diferencia es normal para los cálculos de navegación que se hacían hace 500 años.

#### **Segunda fecha: 1456. Descubridores: Alvise de Ca 'de Mosto y Antoniotte Usodimare**

La segunda referencia histórica es la correspondiente al veneciano Alvise Ca 'de la Mosto. Este hizo dos viajes a la costa de África. En el primero, en 1455, partió de Lagos capitaneando una de las tres carabelas que hicieron ese viaje hasta el río Gambia, en el que hizo tratos con los habitantes. Su piloto en este viaje fue Vicente Dias, el mismo que 10 años antes, de regreso de una expedición punitiva contra los musulmanes, había descubierto fortuitamente la

isla de Santiago y el cual, tal vez, informó este hecho a Ca 'da Mosto. Las otras carabelas iban comandadas por marinos portugueses. Este segundo viaje tuvo lugar el primero de marzo o de mayo de 1456 (ver el trabajo de Crone publicado en 1937 para la discusión sobre la fecha de partida), en dos carabelas comandadas por él y por el genovés Antoniotto Usodimare, después de obtener el permiso del infante de Portugal Henrique el Navegador. Una tempestad sufrida en la altitud del Cabo Blanco (Mauritania) les desvió el rumbo. De este hecho nos quedó un relato amplio y preciso publicado por primera vez en 1507. Reproducimos los primeros párrafos:

«En el tercer día vislumbramos tierra, todo el mundo gritando" tierra, tierra" tremendamente asombrados pues no esperaban ninguna tierra en esta parte. Dos hombres enviados a observar vieron dos grandes islas. Cuando oímos eso, dimos gracias a Dios que nos permitió ver nuevas cosas porque sabíamos bien que las islas como éstas no habían sido descritas en España. Para saber más y comprobar nuestra fortuna, navegamos hasta una de ellas y llegamos en poco tiempo (...).

Como, a nuestra llegada, nos pareció grande, costeamos a corta distancia de la costa hasta que alcanzamos un lugar que nos pareció bueno para anclar: allí lanzamos el ancla y como el tiempo es-

taba calmado echamos el bote el agua el cual bien tripulado se envió a tierra para comprobar si había gente en la isla. El bote llegó y reconoció bastante territorio pero no encontraron rastros ni señales, de lo que se concluyó que no había habitantes.

Cuando me comunicaron esto, para satisfacerme totalmente, envié por la mañana a diez hombres con armas con órdenes de escalar una alta y montañosa parte de la isla para ver si podían vislumbrar algo o ver alguna otra isla. Esto fue hecho sin observar nada nuevo excepto que la isla estaba deshabitada y que había un grandísimo número de palomas que se dejaban atrapar con las manos, lo que era desconocido para los hombres (posiblemente eran alcatraces en periodo de incubación). Trajeron muchas de ellas a las carabelas, que habían capturado con estacas.

De la otra orilla vieron otras tres grandes islas que no habíamos visto: una de ellas quedaba al norte y las otras dos al sur de nuestra ruta, unas a la vista de las otras. Ellos podrían haber visto hasta el Oeste otra isla muy lejos en el mar, pero no pudimos confirmar claramente debido a la distancia. Yo no quise ir hasta ellas, pues no quería perder más tiempo en continuar mi viaje y demás juzgaba que debían estar tan deshabitados y salvajes como los demás: pero poco después cuando otros escucharon las noticias sobre las cuatro islas que yo había encontrado, estos otros fueron ambiciosos, probaron que había diez islas, grandes y pequeñas. Todas estaban deshabitadas y no se encontró nada excepto palomas, especies extrañas de pájaros y grandes bancos de peces.

Pero volviendo mi narración: dejando esta isla y retomando nuestra ruta vislumbramos las otras dos islas. Entonces navegando a lo largo de la costa de una de ellas que parecía bien arbolada descubrimos la desembocadura de un río. Juzgando que allí el agua debía ser buena, anclamos para restablecer nuestras reservas. Algunos de mis hombres, habiendo desembarcado, fueron hasta la desembocadura de aquel río donde descubrieron pequeñas cantidades de sal muy blanca y pura, algunos de los cuales trajeron de vuelta al barco. De esta, tomamos tanto como necesitamos; también juzgando el agua muy buena llenamos nuestras reservas.

Debo también explicar que encontramos aquí grandes números de tortugas algunas de las cuales capturamos. Sus caparazones eran más grandes que las hebillas de buen tamaño. De estos marineros mataron y las aumentaron a nuestras mercancías porque ellos decían que en otras

ocasiones en el Golfo de Arguin donde ellos también las habían encontrado a pesar de no ser de este tamaño, las habían comido ... Nosotros también pescamos a la orilla de este río y más arriba, donde encontramos tan gran cantidad de peces que es increíble de registrar. Muchas especies que no habíamos visto antes eran grandes y de buen sabor ... Permanecimos allí dos días entretenidos por la abundancia de reservas antes mencionado, incluyendo muchas palomas, de las cuales matamos inmensas cantidades.

Es de hacer notar que la primera isla que pisamos le demos el nombre de Boavista y que fue la primera tierra vista en estas partes: a esta otra isla que parecía ser la mayor de las cuatro que le dio el nombre de San Iacomo porque fue el día de San Philippo Iacomo cuando allí anclamos (...).

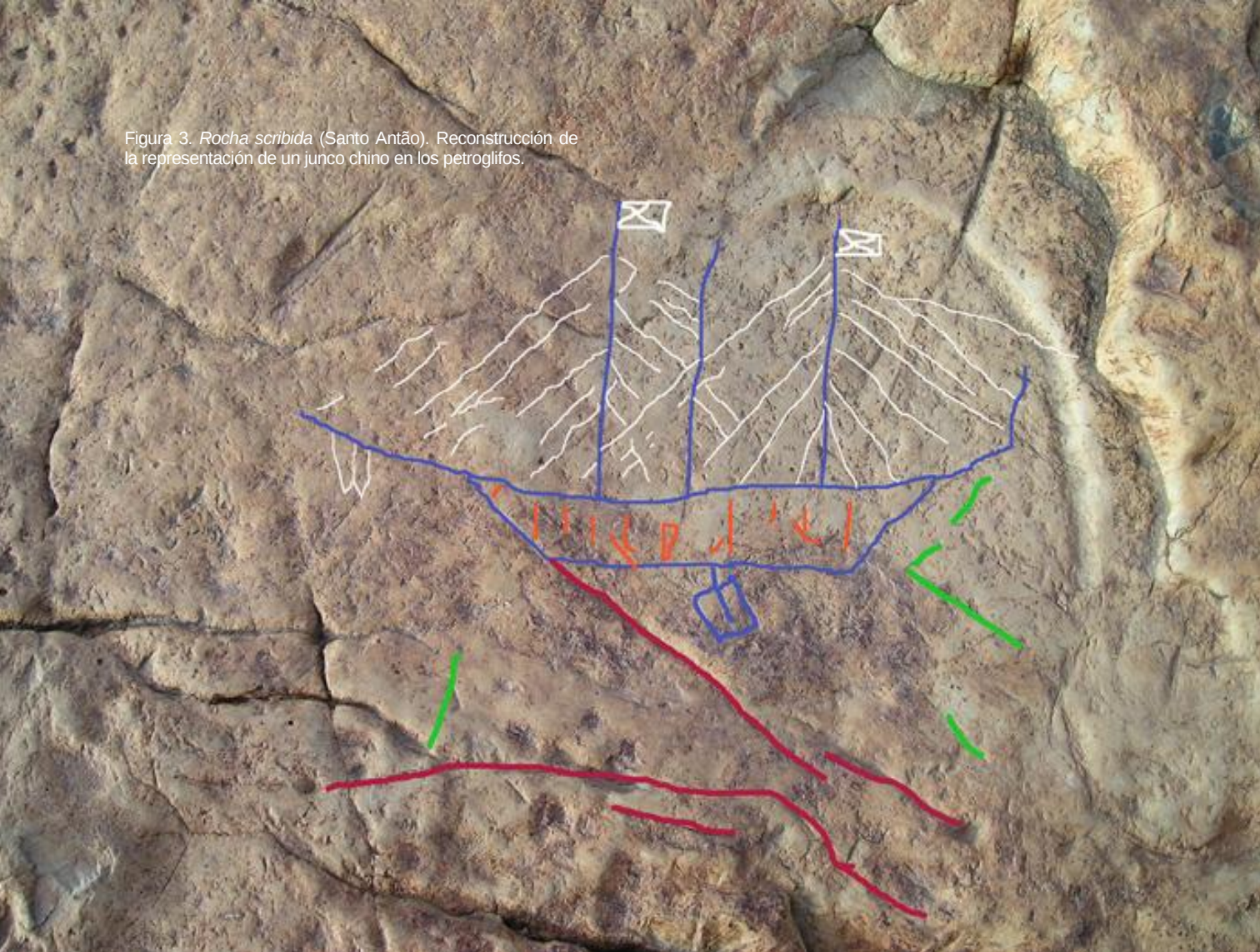
### **Tercera fecha: 1460. Descubridores: Diogo Gomes y António da Noli**

Por último, el explorador portugués Diogo Gomes, junto al comerciante genovés Antonio de la Noli, en 1460, realizaron un viaje a la costa de África. A su regreso a Portugal, después de dos días y una noche de navegación descubrieron unas islas. En una de ellas, Gomes desembarcó, y le dio el nombre de Santiago. Los comentarios de Diogo Gomes fueron transcritos primero por Valentim Fernandes a partir de la información que le dio el alemán Martín Behaim, quien a su vez la había obtenido directamente de Diogo Gomes en 1482.

Transcribimos el párrafo correspondiente:

«Yo y António da Noli dejamos el puerto de Zaya y navegamos dos días y una noche hacia Portugal, y vimos algunas islas en el mar y, como mi carabela era más veloz que la otra, yo llegué primero a una de estas islas, y vi arena blanca y me pareció que era un buen puerto y allí anclamos y lo mismo hizo Antonio, le dijo que deseaba ser el primero en desembarcar, y así lo hice, no vimos rastro de hombres y la llamamos de la isla de Santiago por que fue descubierta en el día del santo, allí pescamos gran abundancia de peces, en la costa encontramos muchas y extrañas aves y arroyos de agua dulce, los pájaros eran tan mansos que matamos a muchos con palos y había muchas palomas, había abundantes higos, no crecen en los árboles de la misma manera que en nuestro lado porque nuestros higos crecen cerca de la hoja, y no sobre el tronco desde la base del árbol hasta la copa, estos árboles crecen en gran número y hay gran cantidad de hierba aquí».

Figura 3. *Rocha scribeda* (Santo Antão). Reconstrucción de la representación de un junco chino en los petroglifos.



Posteriormente ambos barcos llegaron juntos a Madeira pero allí se separaron, aparentemente para tratar de llegar primero a Portugal. Diogo Gomes salió antes pero vientos contrarios le llevaron a las Azores, llegando António da Noli antes que él.

### El mérito del descubrimiento

De los textos transcritos podemos concluir que: a). existe un asombroso parecido entre el mapa de la isla que dibuja Andrea Bianco, a partir de la descripción de Vicente Dias, en 1445, con las versiones posteriores de la actual isla de Santiago; b). En cuanto a la versión de Ca 'da Mosto, es la más completa, detallada y exacta de las que existen. Una persona que miente no ofrece tantos detalles en una descripción; c). Diogo Gomes no llegó a la isla de Santiago, ya que sólo en Tarrafal hay arena blanca y procedente de la costa de Guinea no es precisamente Tarrafal, la primera playa a la que se llega. También es sorprendente que no mencione nada acerca de las montañas de la isla de Santiago a menos que

en la isla a la que llegó no existían esas montañas. Por eso nos inclinamos a pensar que o bien no llegaron nunca a Cabo Verde, o bien lo hicieron en la isla de Mayo, y los arroyos que corrían podrían estar entre las zonas de Ribeira Preta y Ribeira de Barreiro, situadas al sur de la isla. El que Diogo Gomes llame Santiago a la isla, el mismo nombre que Ca 'da Mosto le dio después su detallada descripción, sólo aumenta de confusión de su relato. ¿Estrategema preveía a un plan preconcebido para obtener el control de la isla? ¿Tiene también relación con el estrategema que posteriormente siendo el primero que llegó a Portugal (António da Noli) reclamara para sí la isla?

Después del análisis que llevamos a cabo, creemos que es posible que la primera persona que llegó a Cabo Verde haya sido Vicente Dias, pero en ese caso sorprende que no haya hecho referencia a las islas vecinas de Santiago (especialmente Mayo) que necesariamente tendría que encontrar su trayectoria. En cualquier caso, el mapa existe y sus característi-

cas, ya mencionadas son concluyentes. Por otra parte, tienen muchos crédito el veneciano Alvise de la Ca' da Mosto y el genovés Antoniotto Usodimare, el primero de los cuales describe detalles de animales, especialmente de tortugas, que apenas recientemente fueron descubiertas.

En el caso de Diogo Gomes y António da Noli, creemos firmemente que fueron unos simples oportunistas (puesto que Ca' da Mosto después de su viaje regresó a Italia y no se volvió a saber más de él). Tal vez llegaron a una isla como Mayo, o tal vez no, y simplemente aprovecharon el estado de confusión existente en la corte portuguesa, mientras las noticias excitantes del descubrimiento de nuevas tierras coincidentes además con la muerte de Enrique el Navegador. El caso es que ambos obtuvieron la donación de la isla de Santiago, instalando el primero su capital en Alcatraz y el segundo (que fue el primero en alcanzar la metrópoli después de su viaje) en Ribeira Grande, la actual Cidade Velha.

Para nosotros, la razón por la que la corte portuguesa dio fe a los testimonios de Diogo Gomes y António da Noli, y no a los de Alvise de la Ca' da Mosto y Antoniotto Usodimare, fue simplemente porque, en aquellos días de descubrimientos, un gran número de navegantes italianos llegaron a España y Portugal en busca de patrocinios para lanzar aventuras marítimas (basta recordar que Cristóbal Colón era genovés al servicio de los reyes de Castilla). En esas condiciones existía en Portugal una normativa según la cual ninguna carabela capitaneada por un extranjero podía salir para hacer conquistas, a menos que fuera acompañada por otra carabela comandada por un súbdito portugués.

### **Pero, ¿llegaron los chinos a Cabo Verde en 1421, 24 años antes que los portugueses?**

En 1421, año en que se terminó la Gran Muralla, China envió una flota de más de cien barcos y 30000 hombres para descubrir el mundo. Los informes dicen que cruzaron el Océano Índico desde Calicut hasta la costa este de África, lo que no era nuevo para los capitanes arabo-swahili, indios y chinos en la Edad Media. Rodearon el Cabo de Buena Esperanza y se dirigieron al norte siguiendo la costa oeste africana. Luego (como siempre, cuando los descubridores llegan a Cabo Verde), una tormenta seria los llevó al archipiélago, presumiblemente a Santo Antão. Y aquí, como en otros lugares que visitaron, dejaron "piedras talladas" (en criollo: *rocha scribeda*) para dar prueba de su presencia a generaciones posteriores de descubridores.

En 1421 China envió una flota de más de cien barcos y 30000 hombres para descubrir el mundo. Los informes dicen que cruzaron el Océano Índico desde Calicut hasta la costa este de África, lo que no era nuevo para los capitanes arabo-swahili, indios y chinos en la Edad Media. Rodearon el Cabo de Buena Esperanza y se dirigieron al norte siguiendo la costa oeste africana.

Hasta ahora, la fascinante historia contada por el capitán de submarinos Gavin Menzies en su libro *1421. El año en que China descubrió el mundo*<sup>1</sup>. Diagnostica las escrituras grabadas en estas *rocha scribeda* como malayalam o malabar (Fig. 1), el idioma hablado hasta la fecha en Kerala, en el sur de la India, y en su ciudad portuaria de Calicut, de donde partió la flota.

Más tarde, Menzies sigue a la flota hasta Groenlandia, el Polo Norte (según él), las Américas, la luz de Magallanes antes de cruzar el océano Pacífico y encontrar su hogar en China. Algunas de las historias son asombrosamente parecidas a lo que se contó durante siglos alrededor del Atlántico, mucho antes de que Colón pusiera velas en 1492.

El nombre de *Pedra da Nossa Senhora* se deriva de las interpretaciones católicas de los escritos como primer documento de los marineros portugueses que pisan la isla de Santo Antão. La parte central con la cruz documenta la muerte de un marinero portugués. Se encuentra la piedra en el valle de Ribeira do Penedo, a unos 300 m río arriba de lo que era un campo de fútbol antes de noviembre de 2004 y que las lluvias llenaron de grava. En esta piedra (*rocha scribeda*) se encuentra un grabado de un barco que podría ser la representación de un junco chino en los petrogrifos (Fig. 2 y 3). Echa un vistazo a nuestro mapa de Santo Antão y ve a Pontinha de Janela en autobús-taxi. No hay nadie que no conozca la piedra (10 minutos a pie desde el Janela).

### **Bibliografía**

- (1) Menzies, G. 2003. 1421. El año en que China descubrió el mundo. Grijalbo. 560 pp.

# ¿NECESITAS TECNOLOGÍA INTELIGENTE Y PERSONALIZADA?

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



## QUIENES SOMOS

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

## I+D+I

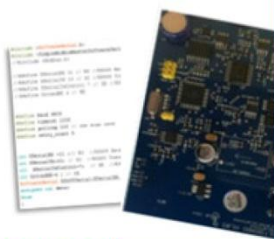
Disponemos de un equipo de desarrollo multidisciplinar. Esto nos permite desarrollar, fabricar y producir dispositivos con características únicas a la vez que multifuncionales.

### Datos de contacto

**Teléfono:** 928402141

**E-mail:** info@jam-idea.com

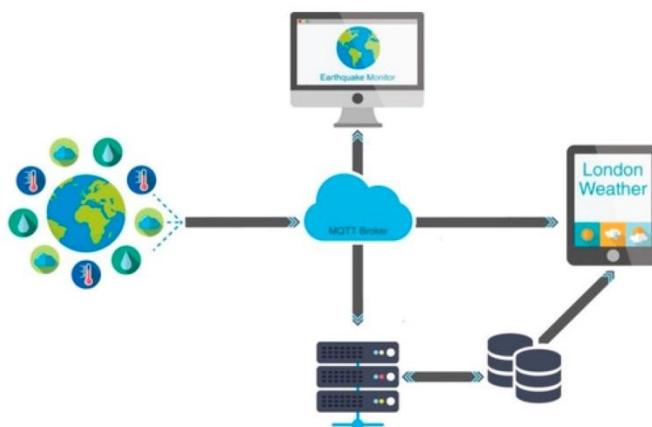
Las Palmas de Gran Canaria.



## SISTEMAS INTELIGENTES

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

## TELE-GESTIÓN GRACIAS A MQTT



## SONDAS Y SENSORES

**Temperatura y Humedad:** en condiciones extremas y de precisión

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

**Presión y fuerza:** resoluciones desde 0.03hPa-0.25m

**Caudal y detección líquidos:**

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

**GPS:** seguimiento y geolocalización

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

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

**Salud Humana y Biometría:** cardíaco, oximetría, huellas.

# Crecimiento azul en Canarias...

## ¿Quo vadis?

|                                                                                                                              | Código-CNAE | Datos-CNAE | Empleo | PIB, VAB... | Producción |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|--------|-------------|------------|
| Acuicultura                                                                                                                  | ok          | !          | ok     | x           | ok         |
| Biotecnología marina                                                                                                         | x           | x          | x      | x           | x          |
| Desalación                                                                                                                   | x           | x          | !      | x           | !          |
| Energías renovables marinas                                                                                                  | x           | x          | x      | x           | x          |
| Minería del fondo marino                                                                                                     | x           | x          | x      | x           | x          |
| Náutica recreativa y deportiva                                                                                               | x           | x          | x      | x           | x          |
| Petróleo y Gas                                                                                                               | x           | x          | x      | x           | x          |
| Pesca                                                                                                                        | ok          | !          | !      | x           | ok         |
| Reparación naval, Infraestructura y Servicios Portuarios, Seguridad marítima, Servicios a plataformas Offshore y suministros | !           | !          | !      | !           | !          |
| Transporte marítimo                                                                                                          | ok          | !          | ok     | x           | ok         |
| Turismo marino                                                                                                               | !           | !          | !      | !           | !          |

ok información completa

! información incompleta

x no disponible

CNAE, Clasificación Nacional de Actividades Económicas

PIB, Producto Interior Bruto

VAB, Valor Añadido Bruto

Figura 1. Disponibilidad de información por sectores.



Costa norte de la isla de Gran Canaria.  
Foto: Javier Gil León.

**Alberto Bilbao Sieyro<sup>1</sup>, Yeray Pérez González<sup>1</sup>,  
Lorena Couce Montero<sup>1</sup>, Yaiza Fernández-  
Palacios<sup>2</sup> y Andrej Abramic<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup> Área de Pesca. División de Proyectos. GMR Canarias S.A.U. c/ Los Cactus, nº 68. 35118. Agüimes, Gran Canaria, ESPAÑA.

<sup>2</sup> IU-ECOQUA, Parque Científico-Tecnológico Marino, ULPGC, Crta. a Taliarte s/n, 35214 Telde, ESPAÑA.

El Crecimiento Azul (en inglés, 'Blue Growth') es una estrategia a largo plazo de la Unión Europea para apoyar el crecimiento sostenible de los secto-

res marino y marítimo. Reconoce la importancia de los mares y océanos como motores de la economía europea por su gran potencial para la innovación y el crecimiento. Es la contribución de la Política Marítima Integrada (PMI) en la consecución de los objetivos de la Estrategia 2020 de la Unión Europea. La finalidad de este artículo es contribuir a conocer y, por tanto, valorar la situación actual y las tendencias de los principales sectores relacionados con el crecimiento azul en Canarias. Este trabajo se realizó entre marzo y octubre de 2017, mediante la revisión de datos abiertos (webs oficiales, informes técnicos públicos, solicitudes de información, etc.). El informe detallado se puede obtener en [www.plasmar.eu](http://www.plasmar.eu)

### ¿Qué nos hemos encontrado?

Se han analizado 11 sectores (Fig.1). La principal conclusión de este análisis es la enorme dificultad que entraña obtener datos básicos - económicos y de empleo - para el correcto seguimiento de estos sectores. En general, son pocos los datos útiles que están de forma abierta y que cubran varios años, y permitan conocer la evolución de estos sectores. En otras ocasiones, únicamente son accesibles tras la solicitud previa de los datos y esto puede ser considerable en el tiempo. Además, suele ocurrir que las estadísticas oficiales no se ofrecen desagregadas (sectores de interés) y de forma gratuita, a pesar de que existen códigos establecidos para ello. A veces, a pesar de que existen códigos, no son recopiladas en origen de forma desagregada, imposibilitando cualquier análisis posterior. Por otro lado, existen estadísticas de interés que se recogen por parte de institutos, asociaciones, clústeres, etc., cuya disponibilidad es preciso tratar previamente. Es decir, el alcance del sector marino/marítimo es complejo de trazar debido a que agrupa diversos sectores y sub-sectores en multitud de actividades. Es por ello que es preciso dotar de algún medio propio en Canarias (p. ej. Observatorio) que recopile, obtenga, calcule o estime, al menos, datos de empleo y económicos para poder realizar el seguimiento necesario de las políticas europeas relacionadas con el crecimiento azul. En este sentido, el IU-ECOQUA está realizando varias iniciativas para dar respuesta a la demanda europea, nacional y regional sobre datos, planificación y actividades en el sector marino/marítimo dentro de la región macaronésica.

### Datos de interés para cada sector

En lo que respecta a la Acuicultura, a pesar de la crisis de 2008 y del hecho que desde el 13.12.2013



#### Algunas iniciativas europeas (<http://ec.europa.eu/>)

- Estrategia Europa 2020: 'es la agenda de crecimiento y empleo de la UE en esta década. Señala el crecimiento inteligente, sostenible e integrador como manera de superar las deficiencias estructurales de la economía europea, mejorar su competitividad y productividad y sustentar una economía social de mercado sostenible'.
- La Política Marítima Integrada (PMI) 'es un planteamiento holístico de todas las políticas de la Unión relacionadas con el mar. Partiendo de la idea de que la Unión puede obtener mayores beneficios de los mares y océanos, con menores efectos negativos para el medio ambiente, coordinando sus políticas. Abarca las siguientes políticas transversales: (i) Crecimiento azul, (ii) Conocimientos y datos del mar, (iii) Ordenación del espacio marítimo, (iv) Vigilancia marítima integrada y (v) Estrategias de cuenca marítima. Su objetivo es coordinar, no sustituir, las políticas en sectores marítimos específicos'.

no se pueden iniciar nuevos procedimientos de otorgamiento de concesiones y autorizaciones acuícolas, se ha encontrado que la producción ha aumentado en estos últimos años (Fig.4). Esto puede explicarse desde dos puntos de vista: por un lado, el modelo de negocio desarrollado en la provincia de Las Palmas (respecto al de Santa Cruz de Tenerife) donde si bien históricamente han habido menos empresas (Fig.5.), éstas han tenido mayor capacidad técnica y económica para hacer frente a la crisis (empresas mayores). En segundo lugar, ha habido un incremento de la capacidad de producción interna (Fig.6) (sin aumentar el número de concesiones ni autorizaciones), pues la producción real es aún la mitad que la pro-

ducción otorgada. Estas circunstancias, unidas al empuje empresarial, han permitido al sector acuícola presentar en los últimos años valores positivos tanto de empleo como de producción.

La Biotecnología Marina, según el Dr. Juan Luís Gómez Pinchetti, 'hace referencia a la utilización de los organismos marinos en el desarrollo de procesos tecnológicos, productos y servicios con aplicaciones para la sociedad (...)'. En todo caso, no existen (o no se han encontrado) estadísticas relacionadas con indicadores de empleo o económicos sobre biotecnología marina de Canarias. Según Portillo y colaboradores<sup>1</sup>, 'la biotecnología en Canarias es esencialmente una actividad que se desarrolla en el ámbi-

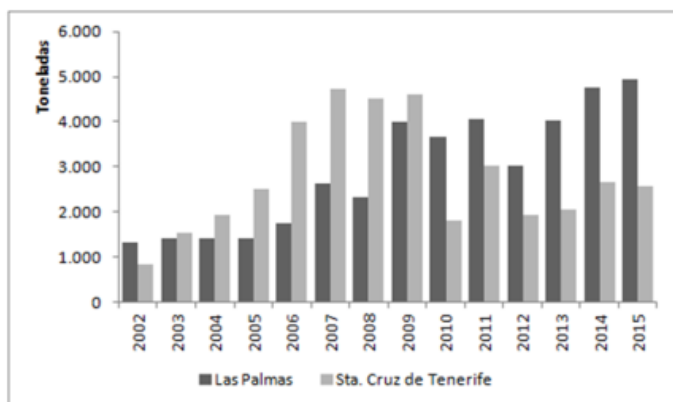


Figura 4. Producción.

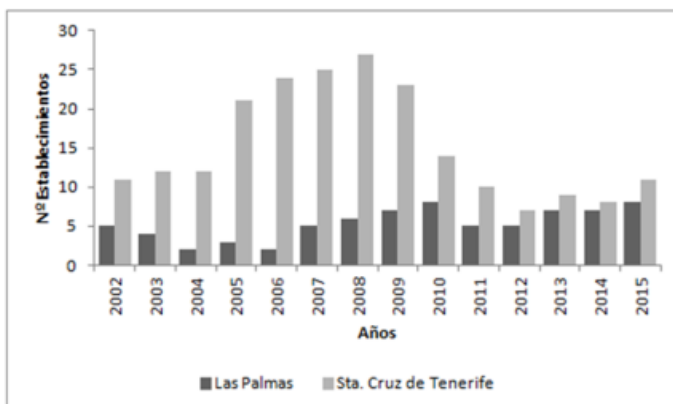


Figura 5. Establecimientos.

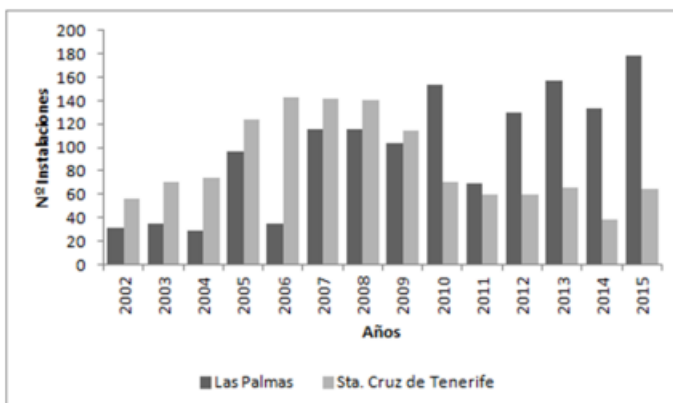


Figura 6. Instalaciones.

público, en universidades y en centros de investigación. Es decir, es una labor esencialmente investigadora'. Destaca la creación de la Plataforma de Excelencia en Biotecnología de Algas (PEBA). Se trata de una iniciativa conjunta apoyada por el Gobierno de Canarias, el Cabildo de Gran Canaria y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, promovida por el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), la Sociedad de Promoción Económica de Gran Canaria (SPEGEC) y el Banco Español de Algas (BEA). Estas acciones han logrado influir en cuestiones como el planeamiento territorial, aumentando el área disponible para el cultivo de algas en

tierra de 3,9 ha a 16,7 ha.

La Desalación, aporta más del 50% del agua potable en Canarias, si bien en Lanzarote y Fuerteventura supone casi el 100% del agua de abastecimiento. Están operativas más de 300 desaladoras, que producen en torno a 600.000 m<sup>3</sup> diarios y trabajan unas 2.000 personas en el sector público y privado. Además, el desarrollo en I+D+i de este sector presenta una notable proyección internacional, una larga experiencia y conocimiento consolidado<sup>2</sup>.

En España, las Energías Renovables Marinas están en un estado incipiente. Las Islas Canarias cuentan potencialmente con energías asociadas al viento (eólica marina u 'off-shore') y el oleaje (undimotriz). Existen algunos trabajos sobre potenciales eólicos y de oleaje, y zonas más propicias de instalación. Además, se están desarrollando proyectos europeos de I+D+i sobre este tema, por ejemplo el proyecto ELICAN. En la 'Estrategia Energética de Canarias 2015-2025' (documento preliminar) se indica que se pretende incrementar en 2025 la participación de las energías renovables para la generación eléctrica hasta el 45%, frente al 8% registrado en 2015. Además, en las renovables, se aspira a que la eólica off-shore alcance el 18%.

La Reparación Naval, Infraestructuras y Servicios Portuarios, Seguridad Marítima, Servicios a Plataformas Offshore y Suministros: estos sectores tienen en común que su desarrollo se realiza en infraestructuras portuarias. Los puertos canarios son grandes centros de reparaciones del Atlántico Centro Oriental. La contribución de su posicionamiento geoestratégico ha ayudado a que se conviertan en centros logísticos de primer nivel. A pesar de ser el principal motor del crecimiento azul en Canarias con unos 8.000 empleos y 700 Millones de euros de producción<sup>2</sup>, en general, no se tienen estadísticas oficiales de tendencias del sector.

En cuanto al Transporte Marítimo, desde 1993 hasta 2007, cuando comienza la crisis económica internacional, el sector experimentó en sus principales puertos una tendencia al aumento en términos de mercancía total. Desde 2007, según los datos de las autoridades portuarias, la evolución entre provincias ha diferido. En 2015, en mercancías destaca la provincia de Las Palmas por quedar 8ª en España, mientras que en pasajeros lo hace Santa Cruz de Tenerife por quedar en tercer puesto, y Las Palmas en 5º. En relación al empleo, se observa una recuperación desde 2013 a 2017, con cifras superiores a 2.900 empleados desde mediados de 2016, lo que sugiere valores previos a la crisis.



El sector turístico representa uno de los pilares económicos de Canarias. En 2016 el valor añadido bruto del sector aportó un 34,3% (14.602 millones de euros) al productor interior bruto del archipiélago, y contribuye con un 39,7% al empleo (312.466 empleados). Por otro lado, de acuerdo con una clasificación realizada por el Centro Tecnológico de Ciencias Marinas<sup>7</sup>, el Turismo Marino (de costa y mar) acoge cinco actividades: (i) deportes acuáticos, (ii) charter náutico y excursiones marítimas, (iii) marinas deportivas, (iv) cruceros y (v) servicios auxiliares. Sin embargo, la búsqueda de datos estadísticos que describan cada uno de estas actividades, como los relacionados con el empleo y la economía, no ha resultado satisfactoria en gran medida.

Este análisis se ha desarrollado en el marco del proyecto PLASMAR (Bases para PLANificación Sostenible de áreas MARinas en la Macaronesia)

(MAC/1.1a/030), como primer paso en el desarrollo de proceso de ordenación marítima que los diferentes Estados Miembros de la Unión Europea deben finalizar antes del año 2021.

Los resultados incluyen el estado actual de los sectores marítimos y proyecciones a corto plazo. El mismo tipo de análisis se ha completado también para los archipiélagos de Madeira y Azores, como contraparte dentro de la Macaronesia. PLASMAR cuenta con el apoyo de la Unión Europea (UE) y ha sido cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y el Programa de Cooperación INTERREG V-A España-Portugal MAC 2014-2020 (Madeira-Azores-Canarias).

Nuestro reconocimiento a todas aquellas personas y/o instituciones que de una forma u otra han aportado información, comentarios, referencias, puntos de vista, etc.



Figura 3. Prototipo de subestructura de aguas profundas para turbina eólica offshore (Proyecto ELICAN).

A riesgo de dejarnos a alguien atrás queremos expresar nuestro agradecimiento a Alejandro Báez (Cabildo de Gran Canaria), Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO), Dr. Eduardo Portillo (ITC), Dr. Juan Luís Gómez Pinchetti (BEA), Dr. José Mangas (ULPGC), Vicente Benítez (Gobierno de Canarias), Dra. Corina Moya (BEA), Elba Bueno (Clúster Marítimo de Canarias), Federación Española de Asociaciones de Puertos Deportivos y Turísticos (FEAPDT), Instituto Social de la Marina de Las Palmas, Jaime Beleyron (MAPAMA), Javier Macías (CANAEST) y a María Fernanda Marrero (Cabildo de Gran Canaria).

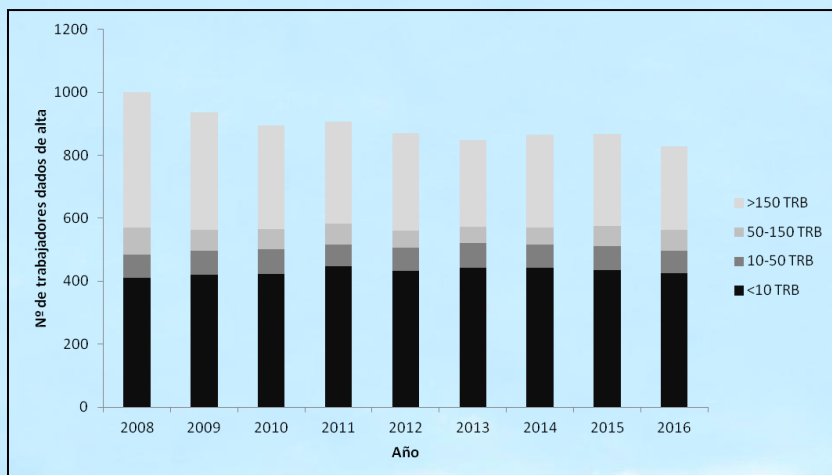


Figura 2. Número de Pescadores dados de alta en la provincia de Las Palmas.



## Bibliografía

- (1) Portillo, E., Mendoza, H., de la Jara, A., Assunção, P., Freijanes, K., Carmona, L., Zárate, R., Ramírez, R., Tavares, M. 2015. Revista AICA (Outubro 2015) ISSN 1647-3531.
- (2) EDEI. 2014. Documento de la estrategia marino marítima de Canarias. EDEI Consultores de Dirección. 83 pp.
- (3) Somoza-Losada, L., Medialdea-Cela, T., León-Buendía, R. 2011. Ampliación de la Plataforma Continental de España al oeste de las Islas Canarias: Campaña GAROÉ HE-148- BIO-Hespérides Madrid. Instituto Geológico y Minero de España. 166 pp
- (4) Cabildo de Gran Canaria. 2009. Plan Territorial Especial de Ordenación de Puertos Deportivos Turísticos e Infraestructuras Náuticas. Documento de avance.
- (5) Cabildo de Tenerife. 2011. Plan Insular de Ordenación de Tenerife.
- (6) Clúster Marítimo de Canarias. 2013. Plan Estratégico 2013-2016, 106 pp.
- (7) CETECIMA. 2015. I Workshop Nacional del Equipo de Apoyo al Plan de Acción del Atlántico Sesión Paralela de Turismo Costero y Medio Ambiente. 25 de Marzo de 2015, Santander.

«**DRAGARIA** es una tierra mítica, fértil, perdida en un valle coronado por incontables volcanes, bañada por siete ríos. Es tierra de dragos, dragonteas y dragonarias, pero también de dragones y dragonas, de sabrosas drageas de mil colores y eruditos dragomanes, de raíz y universo, de certeza y fantasía, de aquí y de allá, de una y mil dimensiones, de esforzados paisanos y paisanas que viven en armonía bajo un cielo azul poblado de nubes transparentes. Seres que viven del cuento y la poesía, que dibujan con sus dedos las historias del ayer, del hoy y del mañana. Historias posibles e imposibles. Del sí, del puede y del jamás. Una tierra libre, sin siervos ni señoras, sin amos ni esclavas, que se recrea a sí misma a cada instante, que se alimenta del sueño. Una tierra que bebe de los afluentes de la palabra».



dragaria.es

# Jacques-Yves Cousteau

Foto: AFP



El Calypso llegando a Montreal (Canadá) el 30 de agosto de 1980 (autor: René Beauchamp).

## Airam Sarmiento Lezcano y Amir Cruz Makki

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos. Islas Canarias.

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

Es en 1930 cuando, en el pequeño pueblo de Woods Hole (Massachusetts), se crea el Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI), incluido en

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

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

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



Figura 1. Cultivos de *Dunaliella salina* de la empresa Algalimento S.L., Gran Canaria (Autor: ©Algalimento).

# El papel de la Biotecnología de microalgas en la economía circular

**Adelina de la Jara Valido, Antera Martel Quintana, Carlos Almeida Peña y Juan Luis Gómez Pinchetti**

Banco Español de Algas, Instituto de Oceanografía y Cambio Global, IOCAG, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, ULPGC, Muelle de Taliarte s/n, 35214 Telde, Islas Canarias, España. Contacto: adelajara@phyconova.com

Los océanos son una enorme fuente de recursos cuya explotación debe adaptarse a los planteamientos de la economía circular porque es, precisamente, este tipo de modelo económico una de las claves más importantes en el escenario actual de cambio climático (Fig. 1).

Entre los recursos más heterogéneos que hay en los cuerpos de agua marinos, y también en los continentales, se encuentran las cianobacterias y las algas (macro- y microalgas). Las cianobacterias se hallan entre los primeros organismos en colonizar el planeta. Desarrollaron la fotosíntesis oxigénica y lo hicieron tan eficientemente que colmaron la atmósfera de oxígeno causando el evento más dramático que ha ocurrido en la Tierra desde su origen, la Gran Oxidación. Este evento cambió completamente las condiciones para la vida que se desarrollaba en aquel momento. De un ambiente fuertemente reductor los organismos pasaron a un ambiente altamente oxidante. Las cianobacterias fueron capaces de

adaptarse gracias a una plasticidad genómica y fenotípica de la que hacen gala hasta nuestros días. Esa plasticidad que tienen tanto las cianobacterias como sus sucesoras las microalgas, les ha permitido diversificarse hasta límites sorprendentes y habitar en diferentes ambientes con condiciones de luz, salinidad, temperatura, pH y nutrientes muy extremas. La adaptación a la vida en estos ambientes es posible gracias al perfeccionamiento de diversos mecanismos. La síntesis de compuestos antioxidantes que protegen los sistemas fotosintéticos con alta salinidad o temperatura, o la presencia de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga en la membrana que evitan su congelación baja temperatura son algunos de ellos.

## El modelo de explotación inicial

El consumo de microalgas es una actividad bastante reciente, con la salvedad del consumo de *Arthrospira* que realizaban los antiguos Aztecas en el lago Texcoco o las actuales poblaciones de la tribu Kanembu del lago Chad (Fig. 2). En estos casos particulares, la recolección se hacía, y se sigue haciendo, de las poblaciones que crecían de forma natural en lagos con pH muy básico, que es uno de los requisitos de este organismo.

Figura 2. Cosechado de *Spirulina* en el lago Chad (Autoro: ©FAO/Marzio Marzot).



Su cultivo es una actividad mucho más novedosa. En la década de 1950 se publicó el primer manual de cultivo de microalgas, lo editó Burlew en 1953<sup>1</sup>. Este manual es un compendio de ensayos de laboratorio realizados con *Chlorella*, para definir las condiciones óptimas de cultivo de esta microalga. Los años de la década de 1960 supusieron el inicio del cultivo comercial de *Chlorella* en Japón, los de 1970 el inicio del cultivo comercial de *Spirulina* en México y los de 1980 el de *Dunaliella* en Australia. Mientras que *Chlorella* y *Spirulina* se consumían deshidratadas como suplemento alimenticio, el cultivo de *Dunaliella*, una clorofita hipersalina, se orientó completamente a la producción de beta-caroteno, un carotenoide con una potente actividad antioxidante que esta microalga produce en condiciones de alta irradiación o alta salinidad y que encontró rápidamente un mercado. Este es el momento en el que surge la actividad de procesamiento de microalgas que incluye actividades de transformación de la biomasa como la extracción. Sin embargo, este tipo de producción sigue un modelo lineal, es decir, la biomasa se cultiva en lagunas, tanques o fotobioreactores y el compuesto de interés se extrae generando un residuo que se elimina. Entonces el ciclo vuelve a comenzar con nuevos recursos.

#### **Las crisis energéticas: motores del avance técnico de la producción de microalgas**

Los investigadores se dieron cuenta rápidamente del potencial de esta nueva actividad de producción de microalgas. Si en un principio fueron las proteínas de las algas las que llamaron la atención de los expertos por su uso directo en alimentación, pronto fueron sus lípidos los que generaron grandes expectativas. La primera crisis del petróleo provocó que, entre los años 1978 y 1996, el Departamento de Energía de los EE.UU. (DOE) financiara, a través del National Renewable Energy Laboratory, un programa de investigación, cuyo objetivo fue la búsqueda de alternativas a los combustibles fósiles para el transporte en las algas. El programa fue conocido como “the Aquatic Species Programme”<sup>2</sup>. En 1996, la financiación concluyó debido a varias causas, los precios del petróleo comenzaron a recuperarse y la producción de biodiesel a partir de microalgas, aunque era viable técnicamente, no lo era económicamente, por lo menos no en las condiciones en las que había sido planteada la actividad. Desde el punto de vista del conocimiento, este periodo supuso un avance importante en la comprensión de unos microorganismos totalmente desconocidos apenas unas décadas antes (Fig. 3) (ver página siguiente).

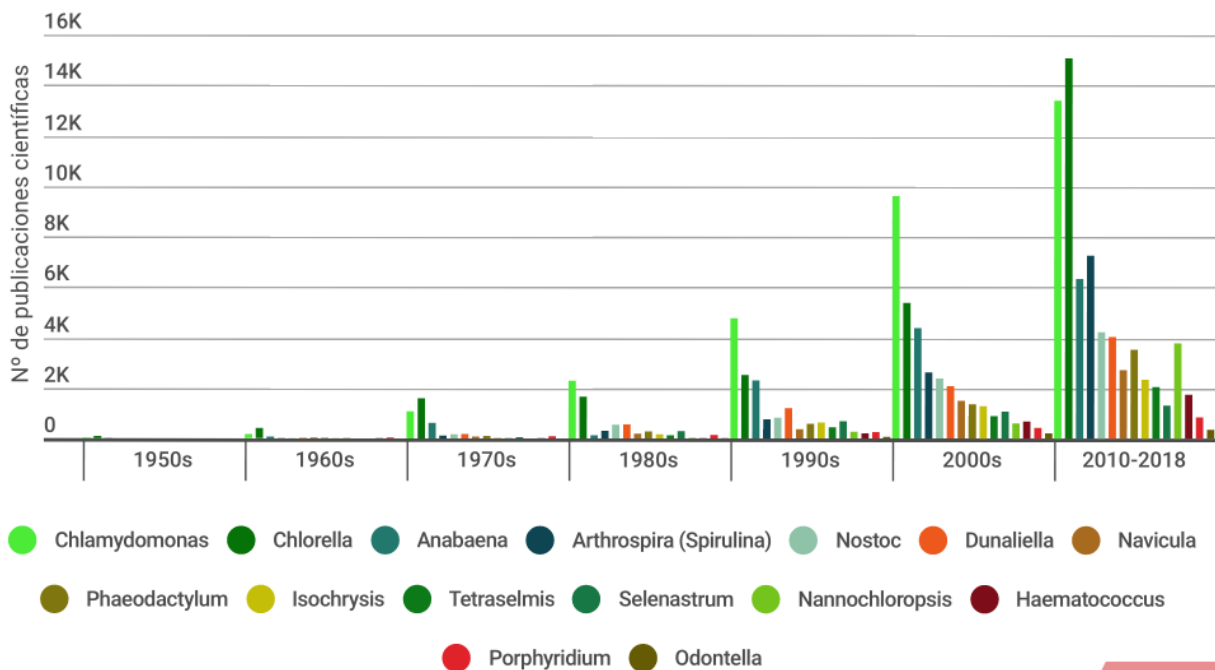


Figura 3. Evolución del número de publicaciones sobre diferentes géneros de microalgas desde la década de 1950 hasta la actualidad (Fuente: ProQuest).

infogram

Una segunda crisis energética en la década de los 2000, en la que el precio del barril de Brent se incrementó cinco veces, llegando hasta los 140\$/barril, disparó de nuevo la búsqueda de una alternativa y entonces los biocombustibles surgieron con toda su fuerza.

Los primeros biocombustibles, los llamados de primera generación, se elaboraron a partir de cereales y leguminosas, alimentos básicos para la población, lo que provocó que los precios del maíz y la soja se dispararan y se abrió un debate ético muy significativo sobre la idoneidad de usar un alimento como fuente de energía. Algunos investigadores recuperaron aquellos trabajos del DOE y volvieron sus miradas de nuevo hacia las microalgas. Quizás había llegado el momento y comenzaron a trabajar en los denominados biocombustibles de tercera generación. A partir de entonces el conocimiento que se genera día a día sobre las microalgas no para de aumentar y cada descubrimiento abre nuevas posibilidades (Fig. 3).

La producción de microalgas tiene la particularidad de no competir por recursos básicos para producir alimentos puesto que se pueden producir en tierras no productivas, se pueden cultivar en aguas no aptas para riego como son el agua de mar o, incluso, las aguas residuales. Las microalgas muestran, además, una enorme capacidad para fijar CO<sub>2</sub> ayudando a reducir los elevados niveles atmosféricos de este gas. Por si todo esto fuera poco, las algas producen de dos a diez veces más biomasa

por unidad de cultivo que el más productivo de los sistemas terrestres, gracias a su capacidad de capturar luz y transformarla en energía química, término conocido como eficiencia fotosintética. Esto ocurre porque, en condiciones ideales de crecimiento, las algas invierten la mayor parte de su energía en la división celular, no necesitan diferenciar sus tejidos fabricando estructuras como un tronco o raíces, lo que les supone un ahorro energético que les permite generar biomasa más rápidamente. Por otra parte, la estacionalidad de los cultivos es mucho menor que la de las plantas superiores y, por tanto, el número de cosechados anuales aumenta. Además algunas especies de microalgas, sobre todo las marinas, se caracterizan por contener elevados porcentajes de moléculas lipídicas, que se incrementan cuando crecen en determinadas condiciones de estrés (bajas concentraciones de nutrientes o bajas temperaturas), o en la presencia de determinados compuestos. Con estos argumentos, las plantas de producción de microalgas comenzaron a multiplicarse en toda la superficie del planeta, gracias a fuertes subvenciones de los Gobiernos e incluso de las grandes compañías energéticas. El primer quinquenio de la década del 2010 fue, sin duda, la época dorada para los proyectos de obtención de biocombustibles competitivos a partir de microalgas.

Hoy en día, la fiebre energética se ha calmado puesto que los numerosos análisis de costes y de ciclo de vida de la producción de biodiesel a partir de microalgas muestran que, excepto cultivando en

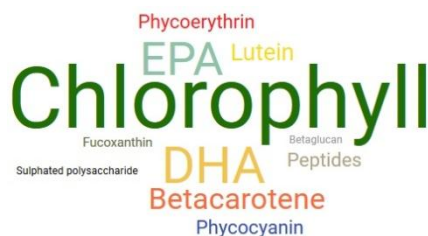


Figura 4. La nube de palabras muestra la frecuencia con que cada compuesto aparece en la bibliografía (Fuente: Proquest).

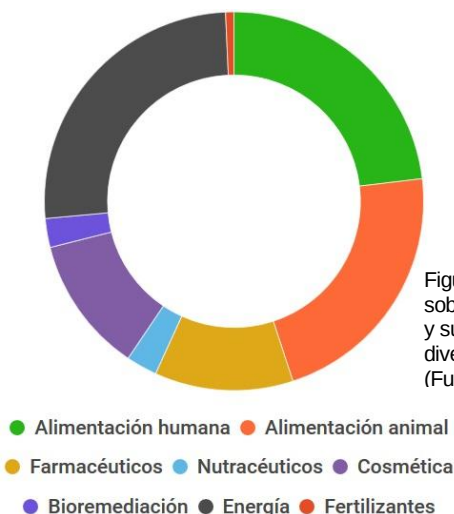


Figura 5. Patentes sobre microalgas y su aplicación en diversos campos (Fuente: EPO).

condiciones de bajo costo empleando aguas residuales y gases de combustión, el proceso no es rentable<sup>3</sup>. Pero el enorme esfuerzo investigador realizado ha permitido aprender mucho de los compuestos presentes en las algas y de sus posibilidades industriales, en sectores como el de la alimentación humana y animal, los nutraceuticos e incluso, la cosmeceutica (Figs. 4 y 5). Las microalgas muestran un enorme potencial como materia prima sostenible para la fabricación de numerosos productos<sup>4</sup>.

Además de lípidos y los azúcares, las proteínas pueden alcanzar hasta un 70% del peso seco de la biomasa. Estas proteínas poseen unas propiedades muy interesantes desde el punto de vista industrial, son espumantes, emulsionantes, surfactantes, aumentan la solubilidad y solidifican. Los investigadores han descubierto que los compuestos que las algas han adquirido a lo largo de millones de años para adaptarse a condiciones de vida altamente estresantes tienen aplicaciones directas en la industria (tabla 1). Es por ello que, un gran número de las plantas de producción de biocombustibles se han reconvertido, dirigiendo su actividad a la búsqueda de compuestos de valor añadido (Fig. 6) (ver página siguiente).

### El nacimiento de un nuevo concepto: la biorefinería de microalgas y el tránsito hacia un modelo de bucle cerrado

Es fundamental que en el sector de la Biotecnología de microalgas se abandone el concepto de "eco-

| Ingrediente funcional |                            | Efecto terapéutico                                                                                      |                                        |
|-----------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Polisacáridos         | Polisacáridos sulfatados   | Antiviral, antioxidante, antiinflamatorio e inmunomodulador.                                            |                                        |
|                       | Betaglucanos               | Inmunomodulador, antioxidante<br>Coadyuvante en tratamientos oncológicos<br>Reduce los niveles de grasa |                                        |
| Proteínas             | Péptidos                   | Antihipertensivo, antimicrobiano, reduce los niveles de glucosa y grasa                                 |                                        |
|                       | Ficobiliproteínas          | Antioxidante                                                                                            |                                        |
| Lípidos               | EPA (omega-3)              | Reduce el riesgo de enfermedad CV, mejora el sistema nervioso y la vista                                |                                        |
|                       | DHA (omega-3)              |                                                                                                         |                                        |
| Carotenoides          | Alfacaroteno, betacaroteno | Antioxidante                                                                                            | Reduce riesgo de degeneración macular  |
|                       | Luteína                    |                                                                                                         |                                        |
|                       | Astaxantina                |                                                                                                         |                                        |
|                       | Licopeno                   |                                                                                                         | Reduce el riesgo de cáncer de próstata |
|                       | Fucoxantina                |                                                                                                         | Reduce los niveles de glucosa y grasa  |

Tabla 1. Moléculas biodisponibles en microalgas y su efecto terapéutico (elaboración propia).

nomía lineal" para entrar en la era de la "economía circular" (Figs. 7a, 7b). Con este objetivo, en los últimos años se ha desarrollado con mucho interés el concepto de "biorefinería". Un enfoque con el que la producción y el procesado de microalgas adquieren una dimensión de sostenibilidad que anteriormente no presentaban. En una biorefinería la regla de las tres "erres" (reducir, reutilizar y reciclar) es una máxima y el sistema funciona según la premisa de que la biomasa original y todos los subproductos generados deben ser transformados en un espectro de productos que aporten valor, dentro o fuera del propio sistema.

El reto tecnológico es importante, porque para obtener aplicaciones comerciales se debe desarrollar una estrategia de biorefinado basada en procesos integrados, que permitan conservar las propiedades de las diferentes fracciones a un coste razonable. Por este motivo, el número de trabajos científicos centrados en este concepto son cada vez más abundantes (Fig. 8). Algunos ejemplos muy interesantes de biorefinerías de microalgas semicomerciales son los proyectos ecoduna y las iniciativas de Algenol y Cellana (Tabla 2).

### Pasado, presente y futuro de la Biotecnología de microalgas: casualidad, oportunidad y necesidad de un sector

La historia de la Biotecnología de microalgas es muy reciente. Una idea, que surgió por casualidad duran-



Figura 6. Extracción de astaxantina  
procedente de *Haematococcus*  
(Autor: Adelina de la Jara).

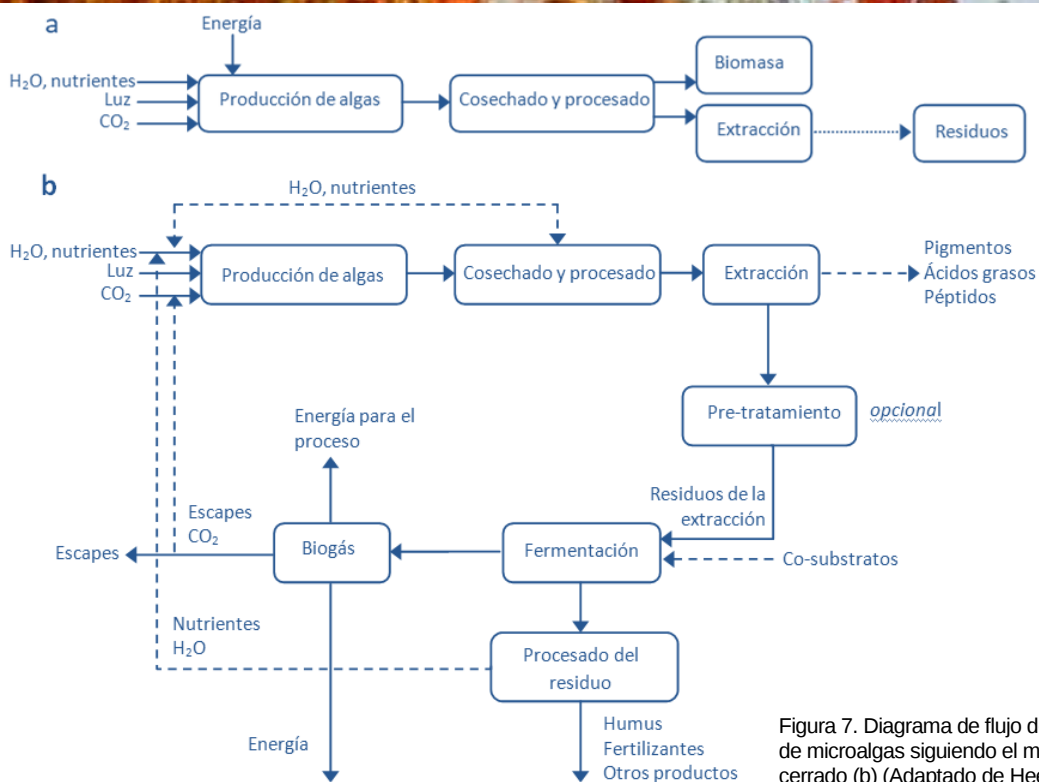


Figura 7. Diagrama de flujo de plantas de producción  
de microalgas siguiendo el modelo lineal (a) y de bucle  
cerrado (b) (Adaptado de Heerenklage et al., 2013).<sup>5</sup>

| Proyecto / Empresa | Localización | Bioproductos    | Rutas de valorización                                        | Productos finales                            |
|--------------------|--------------|-----------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| ecoduna            | Austria      | Extracto oleoso | Refinado                                                     | Biocombustible                               |
|                    |              |                 | Separación de aceites                                        | Ác. grasos omega-3,6                         |
|                    |              | Torta           | Digestión anaerobia                                          | Biogás                                       |
|                    |              |                 |                                                              | Fertilizantes                                |
| Algenol            | EEUU         | Etanol          | Destilación por arrastre de vapor / Destilación convencional | Etanol                                       |
|                    |              | Torta           | Licuefacción hidrotérmica                                    | Diesel, gasolina y combustible de transporte |
| Cellana            | Hawái, EEUU  | Extracto oleoso | Refinado                                                     | Biocombustible                               |
|                    |              |                 | Separación de aceites                                        | Ác. Grasos omega 3                           |
|                    |              | Torta           | Secado                                                       | Alimento animal                              |

Tabla 2. Iniciativas semicomerciales basadas en el concepto de biorefinería (Modificado de <https://biorefineria.blogspot.com/2016/10/modelos-de-biorefineria-biorefineria-algal-algas.html> - visitado el 15 de mayo de 2018).

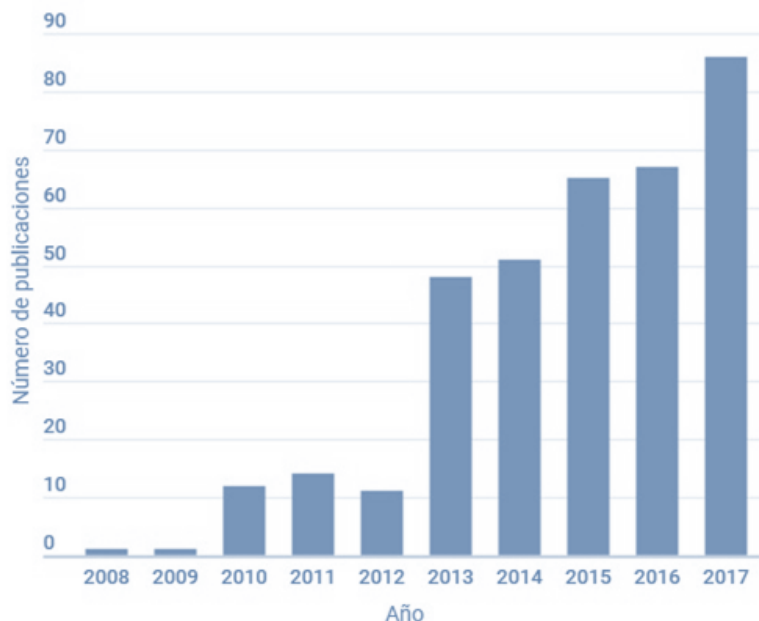


Figura 8. Evolución del número de publicaciones sobre biorefinería de algas en los últimos 10 años (Fuente: ProQuest).

te unos experimentos de laboratorio, rápidamente se transformó en una promesa gracias al trabajo de unos pocos visionarios. Cualquier descubrimiento sobre las microalgas es una oportunidad para mejorar nuestra calidad de vida, ya que aportan biomoléculas para una alimentación humana y animal más completa, biopolímeros para sustituir materiales menos sostenibles, mejoran la eficacia de los procesos de tratamiento de agua convencionales y proporcionan energía limpia. Así que hoy más que nunca, cuando el futuro depende de nosotros y necesitamos un cambio profundo de paradigma económico y social para reducir la presión a la que estamos sometiendo al planeta, debemos recurrir a ellas. La Biotecnología de microalgas es un sector emergente, innovador y dinámico, preparado para adaptarse a las reglas de la economía circular, reducir la huella ambiental, reforzar la competitividad, ofrecer alternativas para muchos sectores industriales: alimentación, cosmética, energética..., unir esfuerzos para crear una economía azul, resiliente e inclusiva.

## Bibliografía

- (1) Burlew, J. S. [ed.] 1953. Algal culture from laboratory to pilot plant. Carnegie Inst. Wash. Publ. 600. 357 p.
- (2) Borowitzka, M.A. 2013 High-value products from microalgae—their development and commercialisation. *J. Appl Phycol* 25(3): 743-756
- (3) Fon Sing, S., A. Isdepsky, M.A. Borowitzka & R. Moheimani 2013 Production of biofuels from microalgae. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change* 18: 47-72
- (4) de la Jara A., P. Assunção, E. Portillo, K. Freijanes & H. Mendoza 2016 Evolution of microalgal biotechnology: a survey of the European Patent Office database. *J. Appl. Phycol.* 28:2727-2740
- (5) Heerenklage, J., L. Westhof, S. Brandt, N. Wiczorek & K. Kuchta 2013 Fermentation of residual microalgae biomass in biorefineries – A lab scale investigation. *Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium*



Figura 1. Confluencia del drenaje ácido Reigous, de pH ~3, con el arroyo Amous, de pH ~8. La mezcla de los dos cursos de agua desencadena la retención de gran parte de los contaminantes en los sedimentos. Sitio: Saint-Sébastien d'Aigrefeuille, Francia, 08/04/2016. (Fuente: Lidia Fernández-Rojo, laboratorio HydroSciences Montpellier).

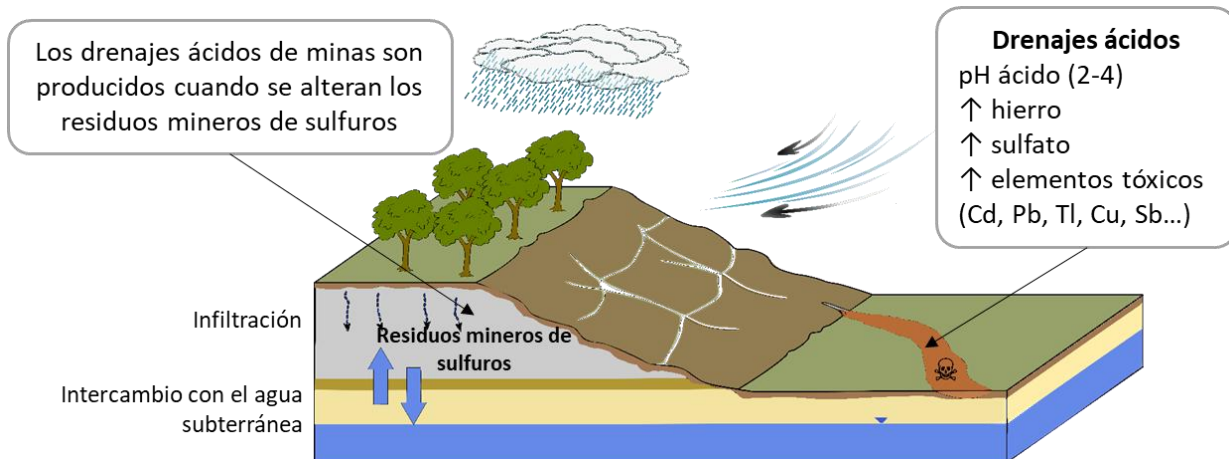


Figura 2. Formación de los drenajes ácidos de minas (Modificado a partir de Fernández-Rojo <sup>3</sup>).



# Los drenajes ácidos de minas

## Herencia de una contaminación histórica

**Lidia Fernández-Rojo<sup>1</sup>, Marina Héry<sup>2</sup>  
y Corinne Casiot<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA), CSIC, España.

<sup>2</sup> HydroSciences Montpellier, CNRS-IRD-Univ-Montpellier, Francia. Contacto: lidiafernandez90@gmail.com

### Los residuos de la industria minera

Desde la Prehistoria, los humanos han excavado yacimientos para obtener los recursos minerales que la naturaleza ofrece. Estas actividades han generado una gran cantidad de residuos producidos durante la extracción y procesamiento de la mena. Se estima que en la actualidad la industria extractiva genera de 20.000 a 25.000 millones de toneladas de residuos mineros sólidos al año en todo el mundo<sup>1</sup>. Los residuos mineros incluyen todo el material que ha sido descartado en las distintas etapas del tratamiento de la mena. Éstos contienen minerales variados de sulfuro, es decir, ricos en azufre, además de hierro, y elementos metálicos y metaloides, algunos de los cuáles son tóxicos para los seres humanos, como el arsénico, el plomo o el cadmio. Estos residuos se almacenan en pilas o en depósitos detrás de un muro de contención, alrededor o cerca de los sitios mineros. En el pasado, los residuos se vertían de forma descontrolada en los ríos o en los humedales. En España también se han llegado a verter residuos en el mar. En la bahía de Portmán, en Murcia, se ejerció esta práctica en la segunda mitad del siglo XX, generando un desastre ecológico en la zona. Esta práctica aún es vigente en algunos sitios mineros alrededor del mundo.

### Generación de aguas de mina y liberación de elementos tóxicos al medio

Los residuos almacenados tradicionalmente de forma descontrolada en superficie impactan negativamente el medio ambiente, y generan una contaminación que puede perdurar varios siglos tras el cierre

de las minas<sup>2</sup>. Esta contaminación se genera cuando los minerales de sulfuro que componen los residuos entran en contacto con el agua de lluvia o el agua subterránea, y se oxidan, liberando al medio natural los elementos químicos, incluyendo los que estuvieran asociados a estos minerales. En consecuencia, se forman unos cursos de agua conocidos como drenajes ácidos de minas, los cuales tienen un pH ácido, que se sitúa entre 2 y 4. Contienen además una gran cantidad de sólidos en suspensión, ricos en hierro, sulfatos y elementos tóxicos (Figura 1).

Los drenajes ácidos generados en los residuos se vierten en otros cursos de agua y transportan los elementos tóxicos aguas abajo. No obstante, cuando los drenajes ácidos se mezclan con cauces no contaminados, la mayoría de los elementos tóxicos precipita y se acumulan en los sedimentos (Figura 2). De esta forma, se produce la atenuación natural de los contaminantes que repercute en una mejora de la calidad del agua del drenaje ácido.

En la Faja Pirítica Ibérica, situada en el suroeste de la Península Ibérica, se han llevado a cabo actividades mineras desde tiempos prehistóricos<sup>3</sup>. Actualmente, los drenajes ácidos que se generan a partir de los residuos de estas antiguas minas llegan a los ríos Tinto y Odiel, los cuales transportan los contaminantes aguas abajo hasta el estuario de Huelva. Se estima que estos dos ríos en conjunto transportan hasta dicho estuario en torno a 7.900 t de hierro, 5.800 t de aluminio, 3.500 t de zinc, 1.700 t de cobre, 1.600 t de manganeso y decenas de toneladas de otros metales y metaloides cada año<sup>4</sup>. Estos elementos generalmente se acumulan en los sedimentos del estuario de Huelva, cuando las aguas ácidas de los ríos Tinto y Odiel se mezclan con el agua marina.

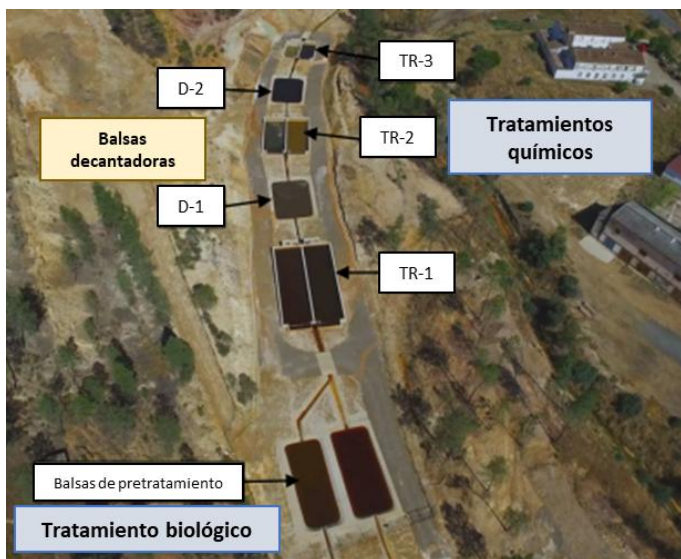


Figura 3. Vista aérea de la planta de tratamiento de Mina Concepción. Modificado a partir del documento de seguimiento del proyecto LIFE-ETAD<sup>6</sup>.



Desastre Minero de Marcopper, en Filipinas (Foto: Protec Ecuador.org).

### Impactos sobre la fauna acuática

Los drenajes ácidos de minas afectan negativamente los cursos de agua en los que se vierte, impidiendo el desarrollo de la fauna acuática o provocando una reducción de la abundancia y diversidad de los macroinvertebrados. Por otra parte, los elementos tóxicos que precipitan y se acumulan en los sedimentos pueden interaccionar con los organismos acuáticos y penetrar en la cadena trófica, en función de las condiciones de acidez y salinidad del medio. Los sedimentos del estuario de Huelva contienen una gran cantidad de metales tóxicos, los cuales se encuentran accesibles para los organismos acuáticos que habitan esas aguas.

### Tratamientos de las aguas ácidas de mina

Para prevenir que esta contaminación se disperse hasta los estuarios es necesario implantar unos sistemas de tratamiento que traten los drenajes ácidos de mina en el origen. En las nuevas explotaciones mineras, por ley, las aguas ácidas que se generan deben ser recolectadas en sistemas controlados, y tratadas antes de ser devueltas al medio ambiente, de forma que no se dispersa la contaminación aguas abajo. Para este fin, se implementan los sistemas de tratamiento que tienen como objetivo depurar el agua. En las antiguas explotaciones mineras se están implementando progresivamente estos sistemas de tratamiento, para intentar solucionar este problema.

Los sistemas de tratamiento que se usan para tratar los drenajes ácidos de mina se pueden clasificar entre activos y pasivos. Los tratamientos activos requieren la adición continua de reactivos u otros recursos para su funcionamiento. Por el contrario, los tratamientos pasivos no necesitan un mantenimiento constante y tienen la ventaja de poder ser instalados en zonas aisladas de difícil acceso. Además, suelen ser económicamente más ventajosos. Por estos motivos, actualmente se están implementando los tratamientos pasivos tanto en las explotaciones abandonadas como en aquellas que siguen operativas. Una segunda posible clasificación de los sistemas de tratamiento es según la base del proceso que llevan a cabo. Se distinguen de esta forma los tratamientos químicos de los biológicos. En el primer caso, se añade un reactivo químico que hace aumentar el pH del agua y con ello se acelera la precipitación de los elementos tóxicos. En el segundo caso, las bacterias presentes en el agua son las que llevan a cabo la descontaminación.

Otra tercera clasificación es según si se realizan en condiciones aeróbicas -con entrada de aire- o anaeróbicas -sin aire. Los tratamientos que se realizan en condiciones aeróbicas promueven la oxidación del hierro, el cual precipita atrapando los elementos tóxicos. Estos tipos de tratamiento presentan la configuración de una laguna o balsa en contacto con la atmósfera. Por el contrario, los tratamientos anaeróbicos se realizan en canales subterráneos evitando la entrada de aire de la atmósfera. Estos tratamientos hacen aumentar el pH y promueven la reducción de los sulfatos en sulfuros, haciendo precipitar los metales con ellos. Además, se está investigando el empleo de esta técnica para recuperar de forma selectiva algunos metales de interés.

Las plantas de tratamiento de los drenajes ácidos de minas suelen combinar distintos tipos de tratamiento de los presentados anteriormente. El motivo es que cada uno de estos tratamientos es más adecuado para eliminar algún elemento químico concreto del agua. Tras años de investigaciones sobre los tratamientos de los drenajes ácidos de minas en la zona de la Faja Pirítica Ibérica, se implementó en 2016 una planta de tratamiento de los drenajes ácidos de una antigua explotación situada en la aldea de Mina Concepción, en Almonaster la Real, en Huelva<sup>5</sup>. En esta planta se combinan de forma pasiva los tratamientos biológicos y químicos para tratar de forma eficiente los drenajes ácidos (Figura 3). En las balsas de pretratamiento, las bacterias naturalmente presentes en los drenajes ácidos aceleran la oxidación del hierro a pH ácido, quedando parte del hierro retenido en este pretratamiento. A continuación, el agua fluye hasta los tratamientos químicos (TR-1, TR-2, TR-3) y balsas decantadoras (D-1, D-2) conectados en serie. Los tratamientos químicos contienen unos materiales reactivos compuestos de caliza (TR-1 y TR-2) y de magnesio (TR-3), que hacen aumentar el pH del agua, mientras que las balsas decantadoras se encargan de retener los contaminantes. En global, esta planta de tratamiento consigue eliminar todo el hierro, arsénico, cromo, aluminio, cobre, plomo, zinc, cadmio y magnesio del agua. Adicionalmente, se elimina el 95% de cobalto y níquel, y hasta un 68% del sulfato. En las aguas de salida de la estación de tratamiento se ha conseguido alcanzar un pH superior a 7<sup>6</sup>. El río Odiel transcurre de Mina Concepción hasta el Atlántico con vertidos tóxicos similares. La descontaminación total del río Odiel podría conseguirse tras aplicar este tratamiento pasivo en otros puntos del vertido.

## De cara al futuro

Las explotaciones mineras de antaño siguen generando, en la actualidad, un impacto negativo sobre la calidad del agua y del medio. Por ello, es preciso desarrollar métodos que permitan tratar esta contaminación histórica de forma eficiente. Las investigaciones científicas actuales están encaminadas a desarrollar sistemas de tratamientos pasivos capaces de tratar drenajes ácidos complejos, por ejemplo, por su alto contenido en arsénico. Con la implantación de estos sistemas de tratamiento, se evita que la contaminación se disperse en el medio ambiente y se consigue mejorar la calidad de los ecosistemas ya dañados. Por otra parte, la comunidad científica está estudiando la recuperación, de los drenajes ácidos, de metales valiosos para el desarrollo de tecnologías modernas<sup>7</sup>. De esta forma, el drenaje ácido de mina pasaría de ser un residuo a ser una fuente de recursos y podría contribuir a la reactivación económica y social de las zonas contaminadas.

## Bibliografía

- (1) Lottermoser, B.G. 2010. *Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts*. Third Edition. Springer, Berlin, Heidelberg, 400 pp.
- (2) Modis, K., Adam, K., Panagopoulos, K., Kontopoulos, A. 1998. *Trans. - Inst. Min. Metall. Sect. A. Min. Ind.* 107: A102-A107.
- (3) Fernandez-Rojo, L. 2017. Thèse de doctorat de l'Université de Montpellier. 232 pp.
- (4) Leblanc, M., Morales, J.A., Borrego, J., Elbaz-Poulichet, F. 2000. *Econ. Geol.* 95: 655-662.
- (5) Nieto, J.M., Sarmiento, A.M., Olías, M., Canovas, C.R., Riba, I., Kalman, J., Delvalls, T.A. 2007. *Environ. Int.* 33: 445-455.
- (6) Proyecto LIFE-ETAD. 2017. 1<sup>er</sup> año de funcionamiento de la planta DAS de Mina Concepción. [http://www.life-etad.com/images/material\\_divulgativo/Informe%201er%20ao%20Planta%20LIFE-ETAD.pdf](http://www.life-etad.com/images/material_divulgativo/Informe%201er%20ao%20Planta%20LIFE-ETAD.pdf) (10/05/2018).
- (7) Ayora, C., Macías, F.; Torres, E., Lozano, A., Carro, S., Nieto, J.M., Pérez-López, R., Fernández-Martínez, A., Castillo-Michel, H. 2016. *Environ. Sci. Technol.* 50: 8255-8262.



Figura 1. Modelo del proceso de colonización en el medio marino. A) Colonización por bacterias. B) Formación de la biopelícula. C) Adhesión de microalgas a la biopelícula. D) Colonización por larvas de invertebrados y esporas de macroalgas (Autor: Ilse Sánchez Lozano).

# Alternativa ecológica a las pinturas comerciales actuales antiincrustantes

**Montserrat Alemán Vega**

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

## Historia y problemática del antifouling

Desde el inicio del transporte marítimo, la fijación de animales y algas marinas en los cascos de las embarcaciones resultan un problema. Esta acumulación de microorganismos y/o macroorganismos no deseados en la superficie de estructuras naturales y artificiales inmersas en agua de mar se le denomina "contaminación biológica marina" o "*fouling*"<sup>5,8</sup>. Para evitar este proceso de fijación de organismos, la tecnología antiincrustante se ha basado en pinturas especialmente formuladas para aplicar sobre las superficies sumergidas o en contacto con el agua de mar. Éstas actúan liberando sustancias bioactivas que envuelven la superficie tratada en un manto biocida que impide la fijación de los organismos, siendo la concentración de toxinas aplicadas la que determina el poder *antifouling* de la pintura.

Esta tecnología se ha desarrollado conjuntamente con el aumento del transporte marítimo de personas y carga. Fueron los fenicios (1500-300 aC) los primeros en desarrollarla en forma de plomo y hojas de cobre para evitar la incrustación biológica en sus botes de madera. A finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX, los recubrimientos que se aplicaban a los cascos de los buques contenían cobre, arsénico y mercurio. En la década de 1960 se incorporó el tributestano (TBT) a las pinturas *antifouling* marinas<sup>2</sup>.

No fue hasta principios de la década de 1980 cuando se dieron cuenta de los efectos tóxicos que provoca el TBT, como la reducción de asentamiento de ostras, anomalías en el desarrollo de larvas y malformaciones de las conchas, afectando al 80-100% de los ostrácodos. Además, también provoca daños en el desarrollo de gasterópodos<sup>2</sup>. Por ello, en 2001, la Organización Marítima Internacional (OMI), prohibió la aplicación, reutilización, instalación o uso de sistemas antiincrustantes nocivos en los buques<sup>3</sup>.

Sin embargo, el cobre sigue siendo un biocida eficaz y ampliamente utilizado, con una eficacia relativamente corta, que requiere de puertos para llevar a cabo tareas de limpieza y reaplicación de pintura (Cada 18 meses)<sup>2</sup> (Fig. 1).

Las consecuencias que provoca el *fouling* es la introducción de especies invasivas o no nativas en ambientes en las que no se encuentran presentes, además de promover un incremento en la resistencia a la fricción, debido a la rugosidad generada, que conduce a un aumento de peso, reduce la velocidad potencial y ocasiona pérdida de maniobrabilidad. Requiriendo un mayor consumo de combustible y aumentando las emisiones de compuestos nocivos<sup>8</sup>. Este asentamiento genera un gran impacto económico y ecológico, por ello, es prioritaria la búsqueda de soluciones para remediar este problema.

Actualmente se plantea la búsqueda de nuevos compuestos o productos naturales con actividad antiincrustante que puedan ser utilizados en la aplicación

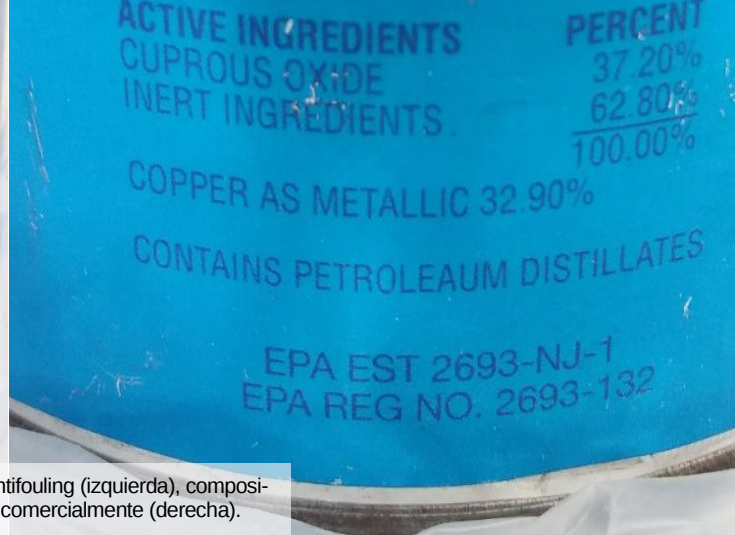


Figura 2. Pintura comercial actual antifouling (izquierda), composición mayoritaria de las utilizadas comercialmente (derecha).

de pinturas *antifouling* como sustituto a las pinturas actuales, pero con un menor impacto ecológico<sup>5</sup>.

### Mecanismo de formación

Esta incrustación biológica se produce a los pocos minutos de sumergir una superficie limpia en el agua, debido a que se adsorbe una película molecular de material orgánico disuelto. Este proceso se produce en dos etapas; la etapa de *microfouling*, en el que las bacterias, algas unicelulares y cianobacterias colonizan en cuestión de horas, creando un conjunto de células unidas denominadas biopelícula. Esta primera capa favorece el posterior asentamiento denominado *macrofouling*, que consiste en una comunidad de macroorganismos blandos o duros, que comprende algas, invertebrados blandos (corales blandos, esponjas, anémonas) e invertebrados duros (percebes, mejillones y gusanos tubulares) (Fig. 2).

Las bacterias son los principales formadores de biopelículas, llevando a cabo esta acción mediante un mecanismo denominado *quorum sensing*, que consiste en la comunicación de las células bacterianas utilizando moléculas químicas secretadas, denominadas autoinductores, cuya función es captar la densidad de población bacteriana y coordinar el control de la expresión génica de toda la comunidad.

### Nuevas formas de prevención antiincrustantes

Conociendo el primer proceso de formación de esta capa biológica se puede erradicar este mecanismo desde el momento inicial. Teniendo en cuenta que muchos animales y plantas marinas que presentan sus superficies corporales libres de incrustaciones y que son naturalmente resistentes al *fouling*, es posible buscar productos naturales que sirvan como una estrategia *antifouling*. De esta forma, y de una manera ecológica, se desarrollarían productos se basan en las defensas química naturales de los organismos marinos, siendo fuentes potenciales de *antifouling* ambientalmente compatibles, no tóxicos o de baja toxicidad<sup>7</sup>.

Las esponjas marinas impiden que los organismos crezcan en su superficie debido a las defensas química que poseen, aunque se ha demostrado que, en algunas ocasiones, las sustancias activas proceden total o parcialmente de un microorganismo simbiote asociado a ellas, como son las bacterias marinas, naturalmente productoras de metabolitos secundarios<sup>4,7</sup>. Por lo cual, estos sustitutos ecológicos con el medio ambiente marino pueden ser obtenidos de las defensas químicas que los organismos vivos marinos secretan para proteger sus cuerpos y evitar que se asienten en ellos especies incrustantes<sup>5</sup>.

En varios estudios las bacterias más activas aisladas de esponjas marinas han estado estrechamente relacionadas con la especie *Bacillus*, mostrando además un espectro más amplio de actividad. Los metabolitos secundarios más importantes aislados de *Bacillus* son péptidos sintetizados en el ribosoma, que comúnmente son letales frente a bacterias productoras de biopelículas. Estos extractos presentan una potente actividad antimicrobiana en bajas concentraciones. Demostrando que juegan un papel en la inhibición de la colonización de bacterias competidoras entre las especies<sup>1</sup>.

La evaluación de las actividades inhibitorias de las distintas cepas se llevan a cabo en ensayos en placas de agar, midiendo la actividad antibacteriana a través de la formación de halos de inhibición de bacterias marinas involucradas en procesos de formación de biopelículas<sup>6</sup>. Una vez obtenidas las actividades inhibitorias de las distintas cepas y su correspondiente extracción de metabolitos, según el género de cepa del que se extraiga, se determina la mínima concentración inhibitoria y, posteriormente, la inhibición de la adhesión de los metabolitos extraídos. Determinada la eficacia de estos metabolitos se evalúa la toxicidad de los extractos mediante la supervivencia de los organismos utilizados. Los extractos que superan la evaluación de la toxicidad se añaden a una matriz de pintura y se sumergen a una profundidad de dos metros, durante 40 días, usando



La toxicidad es un factor importante a la hora de realizar la elección de un biocida. Los ensayos de toxicidad probados en laboratorio no nos permiten determinar el impacto de un biocida en las comunidades marinas, sin embargo, existen pruebas con organismos muy sensibles a compuestos dañinos, como en el caso de *Artemia salina*, que pueden indicar el efecto en el medio ambiente.

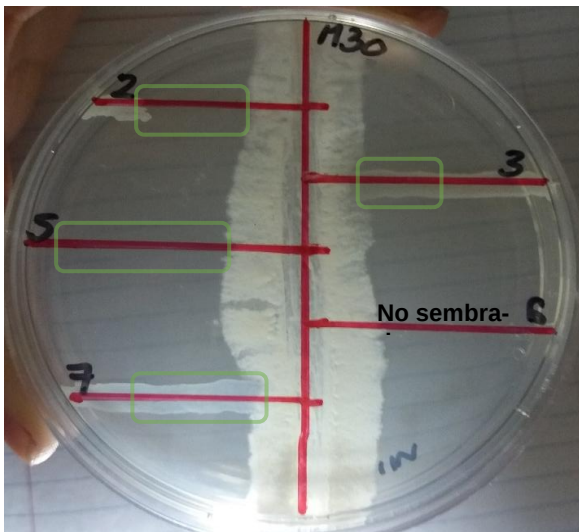
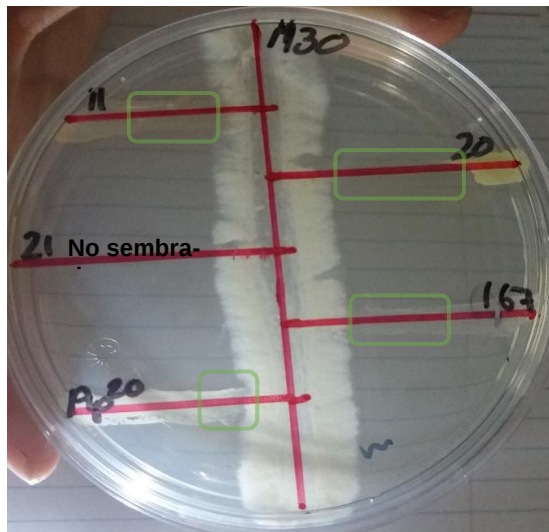


Figura 3. Ensayo realizado en placas de agar de la cepa del género *Bacillus* (sembrada en la línea vertical) frente a diferentes bacterias involucradas en procesos de formación de biopelículas (sembradas horizontalmente). Los halos de inhibición obtenidos están señalados en verde (aclaración: los halos de inhibición que no se aprecian claramente son determinados por la transparencia que mostró la cepa en el ensayo frente al cultivo real de control).

como control la pintura experimental sin extractos y placas de pintura *antifouling* comercial, para comprobar su actividad antiincrustante.

Dado que las esponjas marinas poseen una considerable cantidad de bacterias marinas, asociadas que son productoras de metabolitos secundarios, esta investigación fue encaminada a la búsqueda de bacterias procedentes de este organismo. Resultados previos de esta investigación han dado como resultado que una cepa del género *Bacillus*, aislada de la esponja *Mycale sp.*, mostró halos de inhibición en las placas de agar frente a las 8 cepas probadas (Fig. 3), por lo que se procedió a la extracción de sus metabolitos. Las pruebas de inhibición del extracto generado se obtuvieron actividad inhibitoria del crecimiento frente a las 8 cepas probadas, e inhibió el asentamiento de hasta 6 cepas. Además, a bajas concentraciones, no tuvo efectos en la mortalidad de los organismos (1%, 2%, 4%, 5% y 8% del contenido total del medio en el que se depositaron las *Artemia salina*), y no se obtuvo diferencia significativa de la inhibición entre las distintas concentraciones probadas. Es decir, a baja concentración tiene un gran potencial inhibitorio.

Por todo lo anterior, el aislamiento de compuestos *antifouling* producidos naturalmente en bacterias aisladas de esponjas, constituyen un nuevo y prometedor enfoque. En general, las bacterias presentan una gran cantidad de metabolitos secundarios que dependen de la especie y cepa de procedencia. La obtención de estos metabolitos va a depender del solvente orgánico que se utilice para hacer la extracción. Son de interés finalmente los metabolitos con actividad de inhibición del asentamiento, del crecimiento e inhibición del *quorum sensing*. Un beneficio que conlleva el uso de bacterias como fuente de *antifouling* es su facilidad para obtener grandes cantidades del compuesto requerido, ya que se pueden realizar cultivos masivos bajo condiciones guiadas la obtención de metabolitos específicos, en

comparación con la síntesis química de biocidas, cuyo costo es más elevado debido a la complejidad de su obtención.

La toxicidad es un factor importante a la hora de realizar la elección de un biocida. Los ensayos de toxicidad probados en laboratorio no nos permiten determinar el impacto de un biocida en las comunidades marinas. Sin embargo, existen pruebas con organismos muy sensibles a compuestos dañinos, como en el caso de *Artemia salina*, que pueden indicar el efecto en el medio ambiente.

Aunque la elaboración de pinturas *antifouling* conllevan un complejo proceso, desde el inicio del estudio de la actividad *antifouling* hasta el final de la elaboración de la pintura, con las nuevas tecnologías y nuevos métodos de investigación, todo apunta a que, con el aumento de las investigaciones en este ámbito, estamos más cerca de llegar a encontrar un biocida eficaz y poder extraerlo a nivel industrial, con el fin de erradicar el uso de sustancias tóxicas como el TBT o el cobre.

## Bibliografía

- (1) Prakash, S., Ramasubburayan, R., Iyapparaj, P., Arthi, A. P. R., Ahila, N. K., Ramkumar, V. S., Immanuel, G. y Palavesam, A. 2015. *RSC Advances*, 5(37): 29524-29534.
- (2) Yebra, D. M., Kiil, S., y Dam-Johansen, K. 2004. *Prog. Organic Coat.*, 50(2): 75-104.
- (3) Dafforn, K. A., Lewis, J. A., y Johnston, E. L. 2011. *Mar. Pollut. Bul.*, 62(3), 453-465.
- (4) International Marine Organization. 2001. International convention on the control of harmful anti-fouling systems on ships.
- (5) Xin, X., Huang, G., Zhou, X., Sun, W., Jin, C., Jiang, W., y Zhao, S. 2017. *J. Adhes. Sci. Technol.*, 31(9):1028-1043.
- (6) Jin, C., Xin, X., Yu, S., Qiu, J., Miao, L., Feng, K., y Zhou, X. 2014. *World J. Microbiol. Biotech.*, 30(4):1325-1334.
- (7) Águila-Ramírez, R. N., Hernández-Guerrero, C. J., González-Acosta, B., Id-Daoud, G., Hewitt, S., Pope, J., y Hellio, C. 2014. *Internat. Biodeter. Biodegr.*, 90:64-70.
- (8) Radjasa, O. K., y Sabdono, A. 2013. *J. Coast. Devel.*, 10(1):47-54.

# Okeanos de fotos

## Fotos:

1. Perro del norte, pez lobo - *Anarhichas lupus*
2. Anfípodos; *Gammarus sp*; Suecia
3. Isopodo - Animales; Finngrunden; *Saduria entomon*; Suecia
4. Detalle de las aletas de un pez escorpión de espinas; *Myoxocephalus scorpius*; Suecia
5. Juvenil de un pez caracol estriado - *Liparis liparis*
6. Cangrejo ermitaño sobre estrella de mar Animales; *Asterias rubens*; Dinamarca; *Pagurus bernhardus*
7. Mejillón azul - *Mytilus edulis*
8. Rock gunnel - butterfly - *Pholis gunnellus*
9. Buceador con basura en la mano
10. Taberneros - *Ctenolabrus rupestris*
11. Solla - *Pleuronectes platessa*
12. Platija nadando sobre pradera de fanerogamas - *Platichthys flesus*; *Zostera sp*
13. Lumpo nadando en pradera de fanerogamas *Cyclopterus lumpus*; *Zostera sp*
14. Nudibranchios sobre briozoos en hoja de alga laminaria - *Polycera quadrilineata*; *Membranipora membranacea*
15. Rape - *Lophius piscatorius*
16. Bacalao - *Gadus morhua*

**Carlos Minguell**, fotógrafo terrestre desde los 13 años de edad, tuvo que esperar al año 1989 para unir sus dos aficiones y comenzar a fotografiar bajo el agua con la entonces inevitable Nikonos anfibia. En 1993 comienza a usar un equipo réflex bajo el agua y la fotosub se convierte en su profesión en el año 1997. Desde entonces sus imágenes y reportajes gráficos han sido publicados en más de 60 revistas de todo el mundo, además de en numerosos libros y proyectos audiovisuales. Comienza a dar cursos de fotografía submarina en 1994 y la enseñanza de la fotosub se convierte en una de sus actividades favoritas: algunos de sus entonces alumnos están entre los mejores fotógrafos subacuáticos de la actualidad. Entre 1992 y 2009 participó en todas las competiciones de fotosub que se pusieron a tiro, ganando más de 100 premios de fotografía, entre los que destacan 11 Campeonatos de España y 3 Campeonatos del Mundo individuales, además de un buen número de concursos tipo "Open". En los últimos años se ha centrado en la enseñanza, en la organización de eventos alrededor de la fotosub (donde merece especial mención el Open de El Hierro, del que ha sido Director Técnico desde 1998) y en documentar campañas oceanográficas para la Fundación Océana.

La colección que nos presenta en esta ocasión, corresponde a expediciones realizadas en el Mar del Norte (2016 y 2017) y el Mar Báltico (2011, 2012, 2013 y 2016) para Océana, la mayor organización internacional sin ánimo de lucro, dedicada exclusivamente a la conservación y defensa de los océanos, concentrando sus esfuerzos en la recuperación de la riqueza y biodiversidad marina, y en la aplicación de estrategias políticas basadas en datos científicos, luchando contra la sobrepesca, la destrucción de hábitats y la contaminación.

Científicos marinos recopilan datos de primera mano mediante diferentes técnicas oceanográficas en expediciones cofinanciadas por la UE (mediante proyectos LIFE) y donaciones, para desarrollar y apoyar propuestas de conservación con gobiernos y organismos de investigación. Así, el trabajo de Océana constituye una contribución directa a la creación y gestión de áreas marinas protegidas en el marco de la Red Natura 2000 en el océano Atlántico, el Mar del Norte, el Báltico y el Mediterráneo. Su labor se centra en los ecosistemas marinos con un alto nivel de biodiversidad, tales como montañas submarinas, arrecifes, praderas marinas y, en general, en los hábitats esenciales para la reproducción, alimentación y crecimiento de multitud de organismos.



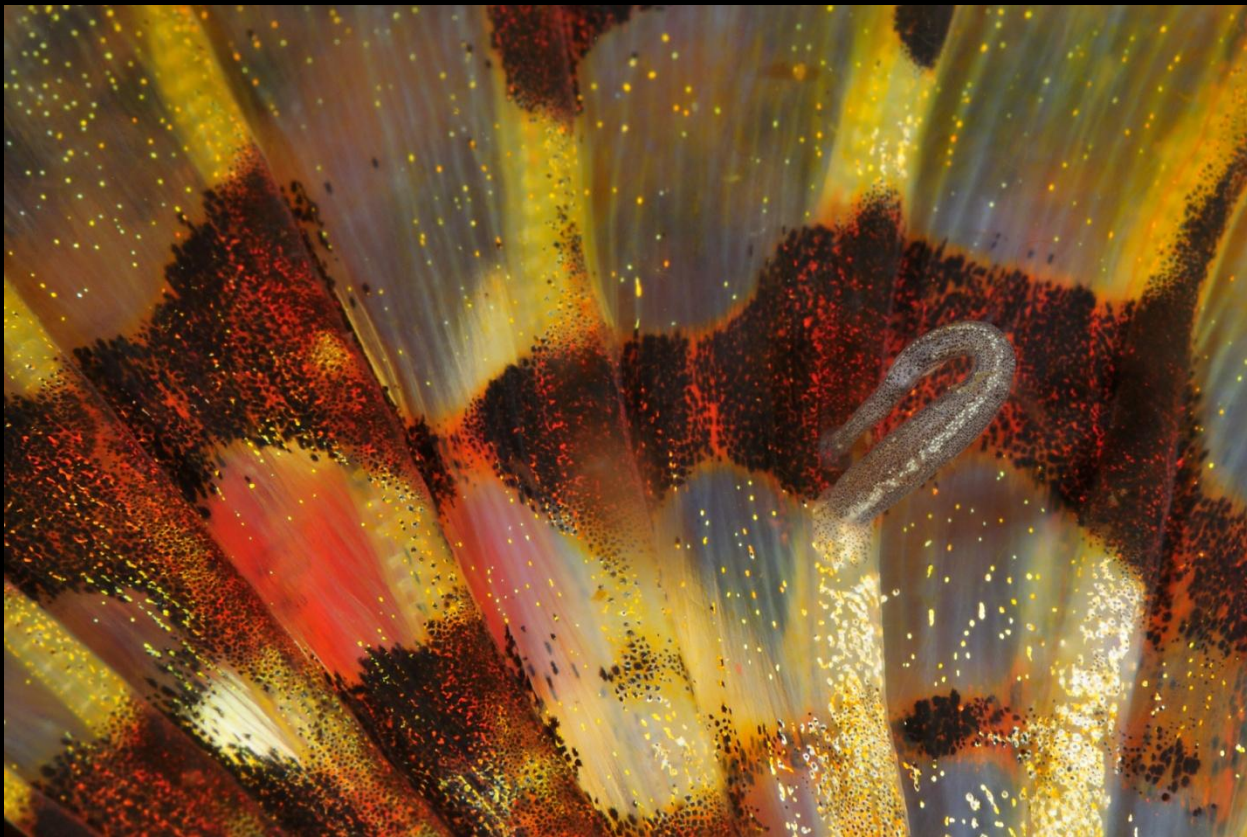


2



3

4



5





6



7





9



10

11



12





13



14

15



16



# ACUSQUAT



## Seguimiento acústico del comportamiento del angelote (*Squatina squatina*) en áreas críticas de conservación

El proyecto ACUSQUAT está basado en la utilización de nuevas tecnologías para estudiar el comportamiento de los angelotes en Canarias (último reducto de su distribución geográfica) y cuenta con el apoyo del Ministerio para la Transición Ecológica, a través de la Fundación Biodiversidad. De esta manera, varios investigadores asociados a los institutos universitarios ECOAQUA y SIANI, respaldados por el Servicio Integral de Tecnología Marina (SITMA) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, pondrán a prueba nuevos sistemas de seguimiento acústico para esta especie en peligro crítico de extinción.

En Canarias el angelote utiliza las playas resguardadas como zona para su reproducción y cría, de ahí que resulte imprescindible armonizar el uso turístico de estos espacios con los objetivos de preservación de la especie. Este nuevo proyecto plantea el estudio de sus ritmos circadianos y sus desplazamientos durante el período reproductivo mediante la utilización de marcas y sensores acústicos. Se espera que los resultados contribuyan a conocer la posible interacción de la especie con bañistas y a impulsar planes de uso y gestión de estas playas consideradas críticas para su conservación. Este proyecto también contribuirá a dar continuidad a iniciativas ya en marcha sobre esta especie con las que viene colaborando la ULPGC, tales como el proyecto Angel Shark (<https://angelsharkproject.com>).

# La manta gigante

José Juan Castro

Las aguas del océano por debajo de los 200 metros. La manta gigante o maroma es una de esas especies que han aterrado a los marinos durante mucho tiempo, con leyendas de barcos y hombre atrapados y abrazados por sus grandes aletas, a modo de mortaja, y arrastrados hasta los más profundos abismos. También se las conoce como peces diablo, por la forma de los lóbulos cefálicos, a ambos lados de la boca, que asemejan cuernos.

La manta gigante (*Manta birostris*) es una especie directamente emparentada con las rayas y, a diferencia de estas, carece de aguijón venenos en su larga cola, a modo de látigo. Es un animal de proporciones relativamente gigantescas, ya que puede alcanzar 9,1 m de anchura y 3 toneladas de peso, aunque lo más común es que no supere los 4,5 m. No obstante, y a pesar de su gran tamaño, es poco lo que se conoce de ella. Durante mucho tiempo se pensó que existía una única especie de manta, pero en la actualidad los científicos consideran que hay dos especies de este género (la manta de arrecife —*Manta alfredi*— y la manta gigante), por lo que gran parte de información biológica existente no distingue entre ambas. También, a veces, se las confunde con las mantas del género *Mobula*.

La manta gigante habita aguas superficiales abiertas de mares y océanos templados de todo el planeta, encontrándose hasta los 120 metros de profundidad (algunos registros indican que pueden llegar hasta los 1000 m de profundidad). Se piensa que puede vivir unos 40 años. Es migratoria con un alto grado de filopatría hacia ciertos lugares, por lo que visita estacionalmente ciertas zonas costeras. En algunas de estas zonas, como la isla de Similan (Tailandia), isla Norte (Nueva Zelanda), Reserva Marina de Laje de Santos (Brasil), Isla de la Plata (Ecuador) e Isla Holbox (México), entre otros lugares, es frecuente que ocurran grandes agregaciones de esta especie para alimentarse, reproducirse o simplemente en estaciones de limpieza (al igual que los tiburones, tienen peces limpiadores o rémoras que nadan a su sombra). Desgraciadamente este comportamiento agregatorio, altamente predecible en el tiempo, ha provocado que en la década de 1990 se diezmaran muchas de sus poblaciones por la pesca.

El cuerpo de este enorme pez se caracteriza por tener forma romboidal y aletas pectorales triangulares, que parecen alas cuando nada. En la parte frontal de la cabeza presenta dos estructuras conocidas como lóbulos cefálicos, las cuales le sirven para dirigir hacia la boca el flujo de agua cargada del plancton que le sirve de comida. Sus ojos se encuentran a cada lado

(1) Fotografía realizada entre 1930 y 1935 que muestra la captura de una manta gigante en aguas de Gran Canaria (FEDAC, Cabildo de Gran Canaria).

de la cabeza y en la boca sólo poseen pequeños dientes en la mandíbula inferior. La piel de la parte superior del cuerpo es color negro, azul grisáceo o marrón oscuro mientras que la región inferior es blanca. Los bordes de las aletas pectorales también suelen estar oscurecidos o ser incluso de color negros, sin embargo la boca es blanca. Parece ser que el patrón de manchas que posee a la parte dorsal del cuerpo es característico de cada individuo y esto puede servir para identificarlos.

A pesar de su gran tamaño es un animal filtrador y su alimentación se basa casi exclusivamente en organismos planctónicos, principalmente de eufausiáceos, copépodos y misidáceos, pero también de larvas de peces y pequeños cefalópodos.

Durante la época reproductiva, como parte de su comportamiento de cortejo, los machos realizan grandes saltos, de hasta 3 metros de altura, fuera del agua y generan ruidos muy fuertes, a modo de cañonazos, cuando caen nuevamente sobre el agua con sus aletas extendidas, que pueden ser audibles a varios kilómetros. La hembra de la mantarraya gigante madura sexualmente entre los 6 y 10 años de edad, mientras que los machos alcanzan su madurez cuando su ancho de disco es de unos 4-4,5 metros (los machos son maduros a menor talla, sobre los 3,75 m). Yano y colaboradores, en 1999, describieron el comportamiento de apareamiento de esta especie en aguas de las islas de Ogasawara, Japón, observando que primero el macho nada tras la hembra con movimientos rápidos y la ataca varias veces, luego muerde la punta de la aleta pectoral de la hembra y gira hasta situarse bajo la superficie ventral de la ésta. Seguidamente, el macho inserta un clasper en la cloaca de la hembra y realiza la copula abdomen frente a abdomen, separándose tras unos dos minutos.

Los huevos fertilizados permanecen dentro de la hembra entre 9 y 12 meses o más. Presenta viviparismo aplacental, donde los embriones se alimentan inicialmente del vitelo, pero reciben alimento adicional de la madre por absorción de los fluidos uterinos enriquecidos con mucus, grasas y proteínas, a través de una estructura especializada. Suelen tener una o dos crías, que al nacer alcanzan los 122-127 cm de anchura (9,1-12,7 Kilos). Se desconoce cuándo y dónde las paren, aunque los pocos registros que existen al respecto indican que lo hacen en aguas poco profundas y que las crías miden entre 1,2 y 1,5 m al nacer. Se estima que transcurren entre dos y tres años antes de un nuevo embarazo.



(2) Ejemplar de manta gigante capturado en 2015 en la región de Tumbes (norte de Perú), con un peso de 1 tonelada y 8 metros de envergadura (Fuente: Peru Reports - Autor: Andina). (3) Macho de manta gigante saltando fuera del agua en la costa de Cabo Pulmo, Baja California Sur (México) (Foto de Nick Bonzey; [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mobula\\_breaching.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mobula_breaching.jpg)) (4) Manta gigante nadando sobre un arrecife (Autor: Gareth J. Williams; [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Habitats\\_at\\_Kingman\\_Reef\\_-\\_PeerJ-81-fig-2F.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Habitats_at_Kingman_Reef_-_PeerJ-81-fig-2F.png)).

Los únicos predadores conocidos de estos gigantes del mar son los grandes tiburones de aguas templadas, y posiblemente también las orcas. Pero, sin duda, el mayor enemigo de esta especie es el hombre. Actualmente esta especie presenta un alto valor en el mercado internacional, lo que ha motivado que se desarrollen pesquerías que la tienen por objetivo, sin olvidar que es parte del descarte de la mayoría de las pesquerías industriales orientadas a la captura de tiburones. Se estima que la pesca ha ocasionado una fuerte reducción de sus poblaciones en varias regiones, superior al 80% en los últimos 70 años y en algunos casos incluso han colapsado, con un descenso global del 30%.

# María Dolores Pérez Hernández

“En Estados Unidos la mayor parte de tu salario sale de tus proyectos, con hasta un máximo de dieciocho meses divididos en tres años”

M<sup>a</sup> Dolores (Lola) Pérez Hernández nació en Las Palmas de Gran Canaria el 24 de Mayo de 1986. Terminó sus estudios de Licenciatura en Ciencias del Mar en 2009. Completó su formación académica con el Máster Universitario en Oceanografía (2011) y obtuvo el título de Doctora en Ciencias del Mar en 2015 por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Tras obtener su título de Doctora, partió a Estados Unidos para comenzar una nueva etapa profesional como investigadora postdoctoral en la Woods Hole Oceanographic Institute (2015-2017) y tras ello, este año comienza a trabajar como investigadora contratada en el Marine and Freshwater Research Institute de Islandia (Agosto de 2017 en adelante). La realidad es que no ha sido su primera experiencia en el extranjero, durante su tesis doctoral en 2011 pasó tres meses en la Woods Hole Oceanographic Institution, en 2012 otros tres meses en Scripps en San Diego (EEUU) y en 2013 otros tres meses en el National Oceanography Centre de Southampton (UK).

Este es el camino natural de la carrera investigadora en la mayor parte de los países, formarse en otros centros y grupos que permitan aumentar la I+D+i luego a la hora de retornar al país de origen. Muchos de estos jóvenes investigadores no volverán.

¿Es este su caso? ¿Cree que volver es una opción?

Volver hasta ahora no ha sido una opción, de hecho tengo compañeros que han decidido retornar por asuntos familiares a España, y siguen buscando trabajo. Los contratos Ramón y Cajal, que son la principal vía de retorno, el año pasado (2016) en la rama de Ciencias de la tierra, se concedieron a gente que tenía más de cuarenta artículos de investigación publicados en los diez años posteriores a la tesis. En mi área de investigación se puede sacar un artículo de primer autor cada año y medio (siendo optimistas), si colaboras con otros científicos, quizás hasta tres en un año, pero más de eso es difícil de conseguir. También están las ayudas Marie Curie, pero estas no suelen tener una continuación tras la ayuda. Por otro lado las universidades españolas llevan años sin rejuvenecer las plantillas, y sin sacar contratos que no sean temporales. Algunos de estos contratos temporales son como una mala adaptación del sistema de *tenure-track* americano. En este sistema tras trabajar 4-5 años para el centro, te examinas ante un comité evaluador, para obtener *tenure*, o



sea que pasas a ser parte de la plantilla fija del centro. En el caso de las *tenure-track* hay un compromiso de que te vas a quedar, la universidad ha apostado por ti y tú por ella. Sin embargo en España muchos contratos no vienen con un compromiso claro de continuación laboral en el centro. Por otro lado el sistema burocrático español es muy tedioso, hay que presentar un papel que acredite cada actividad, incluso si la has desarrollado en un país donde no existe esta tradición de certificar. Hay muchos de formatos distintos de currículum y cada uno conlleva bastante tiempo prepararlo. Además ahora, según a lo que te presentes, incluso tienes que acreditarte en una agencia evaluadora, o sea otra versión más de CV y pago. En la mayoría de países en los que he solicitado trabajo, se envía el currículum (en cualquier formato) y, si se quiere corroborar algo, el interesado contacta con el anterior supervisor, busca los artículos disponibles en línea o se piden cartas de recomendación.

Sin embargo, pese a lo difícil y tedioso, casi todos los que estamos fuera hemos pensado en algún momento en volver a nuestro país, con nuestra familia, a nuestra cultura, donde encajamos y no estamos en desventaja por el idioma o por necesitar aprender y acostumbrarte a otro sistema. La gran mayoría de nosotros está dispuesto a volver incluso con contratos no tan bien remunerados como los que nos ofrecen en el extranjero, pero con un compromiso de continuidad. Los hay también quienes acaban adaptándose o creando una familia en el extranjero y no vuelven, u otros que quieren volver a toda costa, aunque sea temporalmente. Sin embargo opino que, una vez has dado gran el paso de irte, volver a España con un contrato temporal que te puede poner en la tesitura de tener que volver a emigrar complica mucho la decisión, sobre todo si vas con pareja o familia.

**Nos gustaría saber que le ha aportado a usted la experiencia de estar trabajando en un centro en**

**otro país. ¿Cómo evaluaría esta vivencia? ¿Qué le ha aportado su estancia en EEUU?**

La vivencia siempre que se sale de nuestro centro es positiva. Te aporta crecimiento personal y profesional. No siempre es fácil, pero siempre nos aporta mucho. Profesionalmente aprendes nuevas técnicas, formas de pensar, conoces a muchos otros jóvenes científicos con los que trabajar, aprendes cómo se mueve el sistema científico en otro país y adquieres una visión mucho más amplia. Personalmente, creo que no hay mejor manera de conocer una cultura distinta a la nuestra que vivir en ella por un largo periodo de tiempo. Estos dos años he hecho amistad con gente de diversos países y áreas de la oceanografía, eso ha ampliado mi red de contactos pero también ha sido una gran experiencia cultural. Yo me fui de España queriéndome quedar, sin embargo en estos años he querido quedarme aquí, en Estados Unidos, y ahora me gusta la idea de probar otro país más.

**Sabemos que la carrera investigadora no es como cualquier otra carrera profesional. En este sentido, ¿qué es lo que más ha aprendido en comparación con los jóvenes investigadores de España? En su mayoría, lo que más critican es tener que emigrar. En mi caso, soy un fiel convencido de que hay que salir del país de formación (sea cual sea), crecer en otros centros, enriquecer nuestro aprendizaje con otras técnicas, temáticas, incrementar nuestra red de contactos para aumentar nuestra participación en grandes proyectos, etc. El problema es la capacidad de retorno, porque ni los excelentes científicos pueden volver. ¿Cuál es su opinión al respecto? ¿Es lo mismo en EEUU?**

En Estados Unidos el sistema funciona de manera distinta, aquí la mayor parte de tu salario sale de tus proyectos y un proyecto grande puede ser hasta un máximo dieciocho meses de salario divididos en tres años. De modo que necesitas al menos dos proyectos o impartir clases. Si eres una persona que consigues proyectos, tienes continuidad el centro. Para pedir proyectos a los organismos nacionales compites contra gente que tiene años de experiencia, así que no es fácil. Además juegas en inferioridad de condiciones por no ser tu lengua materna ni tener acceso a algunas entidades de financiación destinadas solo a ciudadanos americanos. Hay otros organismos que dan financiación a los jóvenes investigadores a través de becas de postdoc o los proyectos destinados a postdocs. Estas convocatorias, todas, piden movilidad y suelen tener menos competitividad porque están limitados a los tres años posteriores a

la tesis. ¿Por qué se pide movilidad? Porque en ciencia hay que moverse y trabajar con distintos investigadores; de cada uno de ellos aprendes algo, además se necesita tener contactos con los que poder desarrollar ideas en colaboración, porque como joven investigador adquieres madurez al ver otras formas de llevar a cabo las. Así que sí, en Estados Unidos si no te importa moverte dentro del país, hay trabajo en ciencia. El nivel es alto y competitivo a la hora de conseguir una plaza fija pero salen convocatorias y los organismos nacionales de financiación apoyan a los jóvenes científicos.

¿Qué es lo que más he aprendido? La institución organiza cursos de escritura de proyectos, de aprender a tutelar, de vida científica, de realización de entrevistas laborales, de proyección de la carrera profesional o de cómo utilizar los recursos de los que dispone. Además organiza encuentros sociales, de carácter lúdico, en las que se conocen los científicos del centro y se establecen colaboraciones. He encontrado estos cursos muy útiles. Además he aprendido a colaborar con distintos tipos de personas, a distribuir mi tiempo entre los trabajos de mi pasado, presente y mis proyectos de futuro. He conocido como tres distintos países organizan sus campañas oceanográficas y las llevan a cabo.

**Por otro lado, ¿Qué cree que debe mejorar en nuestros centros respecto a lo bueno que hay fuera?**

En el centro en el que trabajo, me gusta mucho que cada año incorporan a una persona a la plantilla, de manera que hay gente de todas las edades y países mezclados. De este modo los que llevan años se nutren del entusiasmo de los jóvenes mientras que los jóvenes se nutren de la experiencia de los que ya llevan años dentro. Hay mezcla de culturas también, ya que se contrata al mejor de los que se presentan y no importa el país de origen, lo cual aporta muchas visiones distintas al departamento.

Me gusta que hay puertas abiertas y puedes ir a hablar con cualquier compañero sobre ideas o proyectos.

Hay charlas semanales en las que va todo el departamento y se involucran preguntando y participando, esto hace que te mantengas actualizado en ciencia y sepas lo que realizan tus compañeros. Además ponen unas cookies de chocolate increíbles.

Cada año te revisan la producción científica y lectiva, y en base a eso modifican una parte de tu salario para el año siguiente, dentro de un rango que va del 0 al 3%, y aunque suena a poco, es un incentivo que te ayuda a tener en cuenta cómo vas avanzando.



Este centro están continuamente formando a los investigadores y a los alumnos con cursos sobre tutelaje, como dar presentaciones, como negociar un contrato en una universidad, como preparar una entrevista o una carta para ser contratado, como escribir un proyecto, dar una charla.... La mayoría de estas cosas las organizan voluntarios conjuntamente con la coordinadora de los programas de educación.

Hay varias instituciones en Oceanografía que han acordado que puedas ser postdoc un máximo de 4-5 años, pero luego haz de cambiar a la categoría profesional superior. Evitando así el estancamiento en contratos temporales.

**Recientemente se levantó un debate muy interesante. Diversos cargos de la FECyT publicaban que los investigadores Españoles en el extranjero hacían de embajadores científicos. Este artículo fue contestado y criticado por la comunidad científica que criticaban que se diera una visión que no es real, alejando y justificando la falta de inversión en ciencia en España. Mi pregunta es, ¿se siente usted una embajadora científica española en Estados Unidos?**

Nos llaman “leyenda urbana”, “jóvenes aventureros” o “embajadores científicos”, y la verdad es que lo que somos es una “verdad incómoda”. Me explico, el científico español que se va, no es un cualquiera, es uno que vale, que ha sido lo suficientemente competente a nivel internacional como para haber consigui-

do una plaza por la que compite gente de todo el mundo, incluyendo a gente de ese país convocante, que supuestamente dominan la lengua y costumbres. Es una persona que se mantiene allí porque es capaz de adaptarse a esa cultura y lengua, que a su vez sigue siendo productivo. Luego somos una “verdad incómoda” porque no somos jóvenes que desaparecen, somos jóvenes que siguen publicando y aumentando su valor científico, eso sí, esta vez para otro país que no es el nuestro. Además el científico español está muy bien valorado, es trabajador, sufrido y tiene una amplia visión interdisciplinar (al menos en Oceanografía). Además no somos pocos, y un ejemplo de ello es que hay varias asociaciones de científicos españoles por el mundo; aquí en U.S.A. (ECUSA), en Alemania (CERFASFB), Reino Unido (SRUKCERU), Japón (ACE JAPON),.... La mayoría son asociaciones dirigidas por voluntarios con los objetivos de favorecer el acercamiento entre los científicos españoles que están trabajando ese país, dar visibilidad al trabajo que realizan y crear una red de intercambio de ideas, estudiantes y colaboraciones. Por ejemplo la asociación con la que yo he estado en contacto, ECUSA, a raíz de este debate, salió a defender su independencia (<http://www.ecusa.es/blog/2017/4/7/comunicado-oficial-ecusa-una-asociacion-creada-y-dirigida-por-voluntarios-profesionales-de-la-ciencia-y-la-tecnologia>).

Lo que queda claro es que un embajador, decide esa profesión y cobra acordemente con el exilio, es un enviado del gobierno de un país. Así que entiendo

que el enfado viene porque a nosotros no nos envía España, nos vamos porque queremos ampliar miras o porque no hay trabajo (la mayor parte de la generación de jóvenes que se fue después de 2008). Estamos lejos de nuestras familias y trabajando bastante. Así que cuando un político (a los que, por cierto, no es nada fácil elegir desde el extranjero) viene a decirnos que somos “leyenda urbana”, “jóvenes aventureros” o “embajadores científicos” no puede evitar que se arme revuelo. Somos lo que somos, emigrantes en España e inmigrantes en nuestros países de acogida. Y si bien es verdad, que también creo que somos un poco “embajadores” ya que cuando me presento yo digo que soy española y canaria. De hecho me invitan a una fiesta llevo unas papas arrugadas con mojo, un vino español o una tortilla de papas. Así que por doquiera que paso, al igual que muchos otros, voy dejando una idea de mi persona y de mi país, por lo que sí, en cierto modo, soy embajadora de mi país y espero que sea para bien cultural.

**Ahora vamos a algo más dinámico, el objetivo de estas entrevistas es transmitir a los ciudadanos qué significa para los jóvenes investigadores salir al extranjero.**

**¿En qué proyectos ha participado?**

Durante la tesis participé en los siguientes proyectos: el proyecto *Radial Profunda de Canarias (RAPROCAN)*, que monitoriza la Corriente de Canarias desde el 2006 con el objetivo de analizar cambios estacionales y de mayor escala. En el proyecto *El origen de la Corriente de Canarias (ORCA)* que tal y como su nombre indica pretendía establecer qué corriente alimenta a la corriente de Canarias. El proyecto internacional *Memoria Oceánica del Clima: Flujo de aguas intermedias el Atlántico Austral y su transformación en aguas superficiales en el Atlántico Ecuatorial (MOC2)* en el que se realizaron dos campañas en el Atlántico sur para determinar cambios en las aguas intermedias. En el proyecto internacional *Malaspina 2010*, que memorando el aniversario del explorador, circunnavegó el planeta recogiendo muestras de diversos campos de la oceanografía para crear un inventario coherente y de alta resolución del impacto del cambio global en el ecosistema del océano. En el proyecto *Variabilidad estacional de la AMOC: la Corriente de Canarias. Seasonal Variability of the Canary Current (SEVACAN)* que estableció un la relación existente entre la Corriente de Canarias y la estacionalidad de la circulación del Océano Atlántico. Y en el proyecto internacional *Monitoring the Atlantic Meridional Overturning Circu-*

*lation (RAPID)* que dispone de una línea de fondeos comprendidos entre Canarias y América para medir la respuesta de la circulación oceánica del Atlántico Norte al cambio global.

Actualmente estoy contratada dentro del proyecto internacional *Long-term variability and trends in the Atlantic Water inflow región (A-TWAIN)*. En él, estoy analizando la corriente de Svalbard. Esta corriente transporta agua Atlántica hacia el este a lo largo del talud continental de la cuenca de Eurasia en el Océano Ártico. También este el último verano participé en una campaña enmarcada dentro del proyecto internacional *Overturning in the Subpolar North Atlantic (OSNAP)*. La campaña zarpó de Reikiavik (Islandia) y acabó en San Juan de Terranova (Canadá), y por el camino fuimos reemplazando los fondeos que llevaban 18 meses recogiendo medidas de temperatura y salinidad por otros nuevos. Y además sigo colaborando con investigadores de las islas Canarias dentro del proyecto RAPROCAN.

**¿Sigue en contacto profesional con sus mentores en la ULPGC?**

Por supuesto, durante la tesis tuve dos grandes mentores; Alonso Hernández Guerra del Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCG, ULPGC) y Pedro Vélez Belchí del Centro Oceanográfico de Canarias (COC, IEO). Aprendí mucho con ellos y nos seguimos llevando muy bien, siguen siendo las mejores personas con las que conversar sobre mi futuro profesional, con las que intercambiar ideas sobre nuestros trabajos, y están siempre dispuestos a colaborar con ideas y proyectos nuevos.

Por otro lado, hay muchos compañeros del Departamento de Física de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria con los que aún coincido en congresos, reuniones o visitas al departamento y que siempre están dispuestos a aportarme con sus experiencias.

**¿En qué proyectos se involucrará en los próximos meses?**

A los dos días de incorporarme en Islandia, participaré en una campaña que pertenece parcialmente al proyecto noruego *Overturning in the Nordic Seas (OVENS)* y parcialmente a las campañas del Marine and Freshwater Research Institute de Islandia para la monitorización de las condiciones hidrográficas de las aguas Islandesas. Por otro lado colaboraré en el uso de modelos oceanográficos para controlar la acuicultura en los fiordos islandeses. Además, espero seguir involucrada en los proyectos en los que estoy actualmente colaborando (A-TWAIN, RAPROCAN).

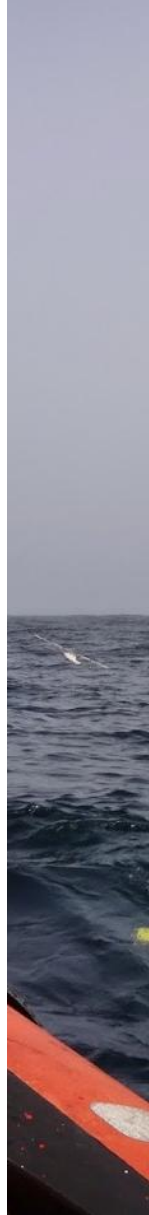




Imagen del proyecto *Overturning in the Nordic Seas (OVENS)*.

**Para terminar, nos gustaría que nos dejara una reflexión personal sobre su vivencia como investigadora en el extranjero.**

Para mí ha sido una gran experiencia. Me ha encantado trabajar en la Woods Hole Oceanographic Institution ya que es grande y tiene journal clubs, charlas semanales, cursos de formación, gente buena, gente de todos lados, una fuerte implicación en la divulgación y muy buen ambiente. He aprendido mucho, adquirido una red de contactos de diversos países y creo que he adquirido bastante experiencia. Seguiré en contacto con ellos y trabajando con algunos. Sin embargo ahora me voy a Islandia, a un instituto más pequeño donde podré implantar todas las cosas que he aprendido y desde donde colaboraré con gente que he conocido a lo largo de estos años. ¿Y España? Ya veremos cuando se pueda retornar si merece la pena. Mientras, Islandia al menos, tiene vuelos directos a Canarias.



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 profesionales o solicitar en papel en tu librería habitual. Los índices están disponibles en:  
**[www.mercurioeditorial.com](http://www.mercurioeditorial.com)**

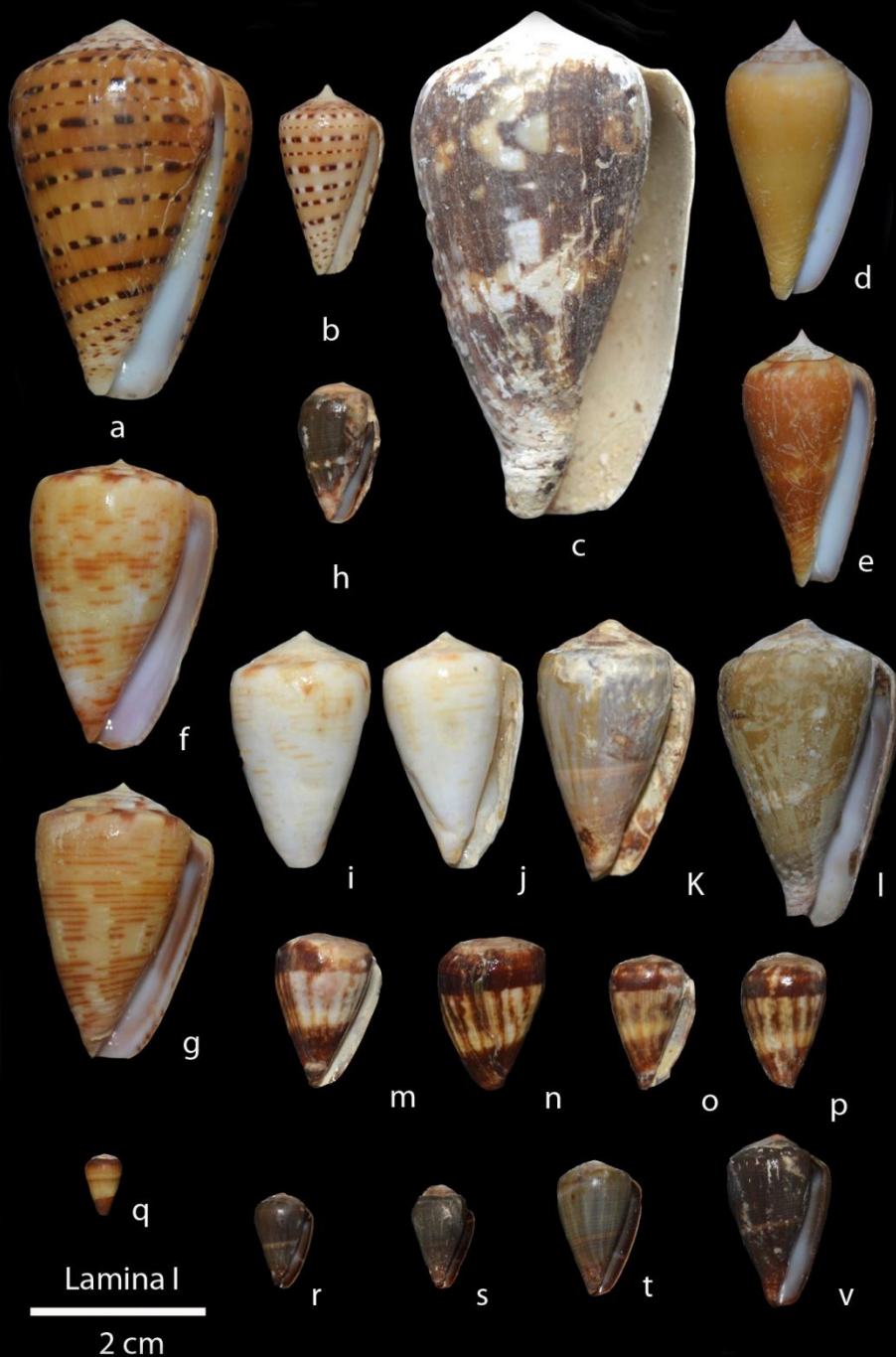


Figura 1.

a-b *Conus genuanus* Linnaeus, 1785,

Baixo Joao Leitao, Cabo Verde

c *Conus ermineus* Born, 1778, Boavista, Cabo Verde

d-e *Conus josephinae* Rolan, 1980, San Vicente, Cabo Verde

f-g *Conus venulatus* Hwass in Bruguière, 1792

h *Conus longilineus* Röckel, Rolán & Monteiro, 1980, Sal, Cabo Verde

i-j *Conus pseudonivifer* Monteiro, Tenorio & Poppe, 2004 (tamaño al doble del real)

k *Conus infinitus* Rolán, 1990, Sal, Cabo Verde

l *Conus fluscoflavus* Röckel, Rolán & Monteiro, 1980, Boavista, Cabo Verde

m-p *Conus regonae* Rolán & Trovao, 1990, Sal, Cabo Verde

q *Conus cuenolus* Reeve, 1843, Sal, Cabo Verde

r-v *Conus crotchii* Reeve, 1849, Sal, Cabo Verde

| Taxón                      | Isla/Localidad de los materiales | Distribución                                                                               | Observaciones                                                                                                                   |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Conus genuanus</i>      | Baixo Joao Leitao                | Costa occidental de África, desde Senegal a Angola incluyendo Cabo Verde                   |                                                                                                                                 |
| <i>Conus ermineus</i>      | Boavista                         | Cuenca Atlántica: Caribe y África occidental, desde Senegal a Angola incluyendo Cabo Verde |                                                                                                                                 |
| <i>Conus josephinae</i>    | Saõ Vicente                      | Cabo Verde                                                                                 | Las citas anteriores lo restringen a la costa oeste de Boavista e isla de Maio. Fondos arenosos bajo rocas, entre 1 y 5 metros. |
| <i>Conus venulatus</i>     | Boavista                         | Cabo Verde                                                                                 | Islas de Boavista, Sal y Santiago, enterrado en fondos arenosos y bajo rocas entre 2 y 15 metros.                               |
| <i>Conus longilineus</i>   | Sal                              | Cabo Verde                                                                                 | Endémico isla de Sal. Fondos arenosos bajo rocas, entre 1 y 5 m.                                                                |
| <i>Conus pseudonivifer</i> | Sal                              | Cabo Verde                                                                                 | Enterrado en fondos arenosos bajo rocas, entre 2 y 15 m.                                                                        |
| <i>Conus infinitus</i>     | Sal                              | Cabo Verde                                                                                 | Las citas anteriores lo restringen a la isla de Maio, entre 1 y 2 m.                                                            |
| <i>Conus regonae</i>       | Sal                              | Cabo Verde                                                                                 | Endémico isla de Sal, entre 2 y 5 m.                                                                                            |
| <i>Conus cuenolus</i>      | Sal                              | Cabo Verde                                                                                 | Endémico isla de Sal. Bajo rocas entre 1 y 5 m.                                                                                 |
| <i>Conus crotchii</i>      | Sal                              | Cabo Verde                                                                                 | Endémico isla de Boavista. Bajo rocas entre 1 y 5 m.                                                                            |
| <i>Conus fluscoflavus</i>  | Boavista                         | Cabo Verde                                                                                 | Endémico isla de Boavista. Bajo rocas entre 2 y 4 m.                                                                            |

# Estudios malacológicos

## Comentarios sobre algunas especies de Conos de Cabo Verde

**Juan Francisco Betancort Lozano<sup>1</sup>, C. Nayra Hernández Acosta<sup>2</sup> & Luis Felipe López Jurado<sup>3</sup>**

Laboratorio de Paleontología. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

1. Laboratorio de Paleontología, Facultad Ciencias del Mar, ULPGC. (E-35001) Las Palmas de Gran Canaria. España.

2. Asociación de Estudios Paleontológicos de Canarias (PALEO-CANARIAS).

3. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias del Mar. ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria. España

### Malacología como herramienta para medir la biodiversidad

La malacología es una rama de la zoología que se centra en el estudio de los moluscos. Dentro de esta ciencia, la conchiliología se encarga de los estudios de los moluscos con concha, tanto bivalvos como gasterópodos. Las conchas captan nuestra atención, estéticamente son hermosas y llamativas, y una sencilla investigación muestra aspectos sobre la ecología de estos animales. Este primer trabajo pretende inaugurar una serie dedicada a mostrar ejemplares y colecciones de conchas de moluscos que presentan un interés ecológico o estético.

### Un primer ejemplo:

#### Cabo Verde y sus gasterópodos

Los conos (familia Conidae J. Fleming, 1822), son algunos de los moluscos gasterópodos más reconocibles e icónicos. Están presentes en prácticamente todos los ecosistemas marinos y en todos los rangos de profundidad, siendo uno de los grupos de moluscos con más éxito desde el punto de vista evolutivo y de distribución geográfica. En su mayoría se trata de implacables predadores, muy especializados potentes venenos y rádulas (órganos equivalentes a lenguas acorazadas) altamente modificadas<sup>1</sup>.

El Archipiélago de Cabo Verde se localiza aproximadamente a 24° de latitud, en la costa occidental de África, distando unos 570 kilómetros del continente. De origen volcánico, está formado por 10 islas y numerosos islotes, con clima de tipo tropical. Estas condiciones climáticas y oceanográficas, junto con su condición de islas oceánicas, determinan su

clasificación como punto caliente de biodiversidad. Esto queda patente por la presencia en estas islas de gran cantidad de endemismos, tanto marinos como terrestres.

En este trabajo se muestran algunos ejemplares de conos presentes en las aguas de Cabo Verde (Fig. 1), recolectados en la década de 1990 en los trabajos prospectivos realizados por el Profesor Luis Felipe López Jurado, en aguas cerca litorales de las islas de Boavista, Fogo y Saõ Vicente. En Cabo Verde se han descrito entre 53 y 56 especies endémicas de conos<sup>2,3</sup>. El número de endemismos es mayor en las islas más antiguas<sup>4</sup>, estando en ocasiones restringidos a regiones muy definidas y concretas en una única isla, como puede ser una playa o una bahía.

Se han identificado un total de 11 especies pertenecientes a conos recolectados en la década de 1990, todos propios de ambientes litorales (Tabla 1). De estos, 9 se corresponden a endemismos propios del Archipiélago de Cabo Verde y actúan como indicadores de la alta biodiversidad marina de estas islas. Además, se aportan nuevas localidades para algunos conos endémicos de Cabo Verde, anteriormente restringidos a otras islas (*Conus josephinae* Rolan, 1980, *Conus crotchii* Reeve, 1849 y *Conus infinitus* Rolán, 1990), cuya presencia en estas nuevas localidades puede ser fruto de alteraciones de origen antrópico. El desarrollo económico de Cabo Verde, sustentado en la explotación de sus recursos y atractivos turísticos, es un factor de riesgo para esta biodiversidad, siendo crucial la consideración de estos espacios y su fauna dentro de cualquier plan de desarrollo a corto, medio y largo plazo.

### Bibliografía

- (1) López Soriano, J. 2009. *Spira*. 3(1-2):87-106.
- (2) Cunha, R.L., Castilho, R., Rüber, L. y Zardoya, R. 2005. *Systematic Biol.*, 54(4):634-650.
- (3) Peters, H., O'Leary, B.C., Hawkins, J.P. y Roberts, C.M. 2016. *Global Ecol. Conser.* 7(2016):201-213.
- (4) Duda, T. F. y Rolán, E. 2004. *Molec. Ecol.* 14(1):267-272.

# Acuarios y conservación

## Poema del Mar y la biodiversidad marina en Canarias



Angelote. Foto: Krupska Narváez (ElasnoCan).

### Javier Almunia

Biólogo del Acuario Poema del Mar.

La implicación de los zoológicos en la conservación de la biodiversidad se remonta a la *World Conservation Strategy* publicada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en 1980. La cercanía filosófica (y también física pues ambas tenían oficina en el mismo edificio de Gland en Suiza) entre la UICN y la Asociación Mundial de Zoológicos y Acuarios (WAZA) hicieron que los zoos se alinearan rápidamente con las estrategias internacionales de conservación de la biodiversidad. Algo después, coincidiendo con la Cumbre de la Convención de Diversidad Biológica (CBD) en Río, se lanzó la primera Estrategia Mundial de Conservación de los Zoos y Acuarios, y los acuarios tienen su propia estrategia de preservación de la biodiversidad desde el año 2009.

Aunque en esencia tienen un objetivo común, los acuarios son muy diferentes a los zoológicos. Las representaciones taxonómicas son complementarias, en los zoos abundan mamíferos, aves y reptiles, mientras que las colecciones de los acuarios son mayoritariamente de invertebrados y peces. El estado de conservación suele ser mejor en las especies que se albergan en acuarios, dado que en general es mucho más complejo extinguir una especie marina. Sin embargo esto último está cambiando, y cada vez son más las especies de invertebrados y peces que escalan posiciones en la lista roja de la UICN. También es diferente la estrategia de obtención de ejemplares; mientras que en los zoológicos hace décadas que las capturas silvestres son por lo general innecesarias gracias a los ejemplares nacidos en cautividad, la abundancia de peces e invertebrados y sus escasos programas de cría en cautividad hacen que la obtención de ejemplares del medio siga primando.



Foto: FilipOsaer (ElasnoCan).

La tendencia actual en el mundo de los acuarios es positiva, hay unos 400 grandes acuarios en todo el mundo de los cuales 100 se han abierto en la última década (22 de ellos en China), y se estima que en total reciben unos 250 millones de visitantes cada año. En los últimos años algunos de estos nuevos acuarios han generado críticas en ocasiones dirigidas al impacto de las capturas de los ejemplares en exhibición. Sin embargo estas críticas son completamente infundadas, el impacto negativo de la acuafilia profesional es muy limitado, infinitamente menor si lo comparamos con la pesca profesional. Aunque es cierto que la acuafilia de hobby sí representa un impacto significativo, que se estima en la captura de millones de corales, unos 24 millones de peces y entre 9 y 10 millones de invertebrados cada año. Es por ello que, en los últimos años, los acuarios han desarrollado programas de cría en cautividad de las especies más demandadas por el

mercado de hobby para mitigar su impacto sobre el medio natural. Este es el corazón de la iniciativa *Turning the tide* (Cambiando la marea) que busca reforzar el papel de los acuarios en la conservación de la biodiversidad mediante la creación de programas de cría en cautividad, la optimización en el manejo de las colecciones, la búsqueda de fuentes sostenibles donde no se puedan criar en cautividad y la implicación directa en programas de conservación.

*Turning the Tide* es una iniciativa que invita a todos los acuarios a maximizar el valor de la conservación y sostenibilidad de sus actividades, diseñando su propio plan de acción que contemple acciones de educación ambiental, investigación científica y conservación tanto *ex situ* (en el acuario) como *in situ* (en la naturaleza). La conservación *ex situ* es un elemento que se toma muy en consideración en los acuarios y zoológicos acreditados en asociaciones profesionales. Por ejemplo, en 2015



Tiburón martillo -*Sphyrna zygaena*- Foto: FilipOsaer (ElasnoCan).

los 350 miembros asociados a la Asociación Europea de Zoos y Acuarios tenían 4.312 proyectos de conservación e investigación en activo.

Poema del Mar es un acuario moderno que ha heredado el compromiso con la educación, la investigación y la conservación de la biodiversidad de Loro Parque. Es por ello que el acuario fue concebido desde el principio como una herramienta de conservación de la biodiversidad. El 80% de las especies exhibidas son de interés pesquero, esto quiere decir que su destino hubiera sido tarde o temprano la lonja de pescado y el plato, por lo que su afección a la biodiversidad es nula. Del resto, la gran mayoría son invertebrados que carecen de interés pesquero, a pesar de que sus poblaciones son abundantes. Por último, una pequeña parte son especies protegidas que requieren una autorización especial para su captura, que debe justificarse por motivos de sensibilización, investigación o conservación. En todos los casos Poema del Mar ha establecido actividades para maximizar tanto el potencial educativo de las especies, como su uso científico o sus beneficios para la conservación de las poblaciones silvestres de la especie. En aquellos casos en los que las especies tienen problemas de conservación se han establecido planes de conservación *in situ*.

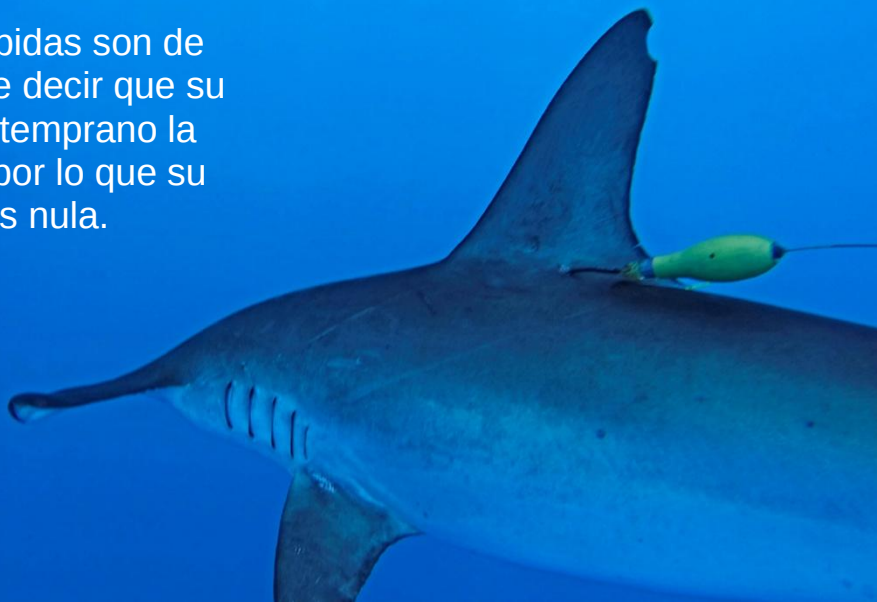
El nuevo acuario nació ya con un firme compromiso por la conservación de los tiburones de Canarias, pues dos años antes de su inauguración, Loro Parque Fundación ya financiaba un programa para la protección e investigación del Angelote (*Squatina squatina*) en las Islas Canarias. Debido a la desaparición de las poblaciones de una gran parte de su rango de distribución, la UICN ha clasificado a esta especie como *Críticamente Amenazada* (CR). Loro

Parque Fundación decidió financiar el proyecto ANGELSHARK-ID, que cuenta con el apoyo y las autorizaciones del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, y que está siendo desarrollado por la organización ELASMOCAN. Esta iniciativa utiliza la foto identificación, para hacer un seguimiento de individuos de la especie *Squatina squatina*, viendo cómo afecta el paso del tiempo a las marcas distintivas de su cuerpo y determinando el curso de su vida adulta. Esta técnica también va a permitir determinar la estructura de su población de manera no invasiva y va a ayudar a crear medidas de conservación eficaces; mejorando el conocimiento científico sobre la especie.

También los elasmobranchios, pero en este caso los tiburones martillo (o cornudas), se benefician ya de las acciones de conservación vinculadas a Poema del Mar que Loro Parque Fundación inició en 2016. Existen 9 especies conocidas de tiburones martillo (género *Sphyrna*), y 2 de ellas se pueden encontrar entre las islas, *Sphyrna lewini* (cornuda común) y *Sphyrna zygaena* (cornuda cruz), ambas han sido incluidas en el apéndice II de CITES ya que son especies vulnerables y amenazadas. Con la iniciativa financiada por Loro Parque Fundación se va a poder describir con exactitud donde habita la población de estas especies en Canarias y cuáles son sus dimensiones, al tiempo que se incrementa el conocimiento científico sobre ellas. Durante las próximas fases de la investigación van a intentar extender el proyecto a la Gomera, el Hierro o la Palma ya que inicialmente se está investigado en Tenerife, Fuerteventura y Gran Canaria.

Otra de las grandes acciones de conservación que Loro Parque Fundación ha vinculado a Poema del Mar se engarza con los trabajos que llevaron a

El 80% de las especies exhibidas son de interés pesquero, esto quiere decir que su destino hubiera sido tarde o temprano la lonja de pescado y el plato, por lo que su afección a la biodiversidad es nula.



cabo hace una década el Gobierno de Canarias, el Gobierno de Cabo Verde, el Cabildo de Fuerteventura y la asociación ADS Biodiversidad. Estas organizaciones unieron sus esfuerzos para llevar a cabo la ampliación del área de cría de la tortuga boba en la Macaronesia. Se trasladaron huevos procedentes de nidos inviables desde la colonia de Boa Vista (Cabo Verde) hasta Fuerteventura y Doñana (Huelva), con el objetivo de incrementar el número de colonias de cría y reducir el riesgo de depender de una única colonia. Gracias al Proyecto *Pelagos* se liberaron un total de 1.400 ejemplares en las playas de Cofete (Fuerteventura) tras uno o dos años de vida pero, desafortunadamente, la actividad del proyecto cesó tras cuatro años.

En este caso, Poema del Mar pretende dar un nuevo impulso al proyecto *Pelagos*, continuando la suplementación de poblaciones de tortuga boba en el Atlántico Oriental mediante la cría de tortugas bobas en Poema del Mar a partir de reproductores procedentes de la población del Atlántico noreste. Esto será posible gracias a que en la fase de proyecto del acuario se diseñó un recinto específicamente para la cría de tortugas marinas, incluyendo una playa para que las hembras salgan a desovar. Si se verifica el retorno de tortugas bobas a Cofete, los huevos obtenidos de las puestas en el acuario serán trasladados a Fuerteventura, y las crías se mantendrán en las instalaciones del Cabildo hasta que cumplan un año de edad para aumentar su supervivencia una vez liberadas. De esta forma Poema del Mar contribuirá a la mejora de la población de tortugas bobas del Atlántico oriental, liberando cada año cientos de tortuguitas criadas en el acuario.

Estos tres proyectos, en los que ya se han invertido más de 150.000 euros, representan el esfuerzo



Liberación de ejemplar de tortuga boba.



Liberación de ejemplar de tortuga boba.

en conservación *in situ* de un acuario que lleva apenas unos meses abierto al público. Esto da una buena idea del impacto positivo que puede tener sobre la conservación marina en Canarias en los próximos 30 años. Pero esta no es la única aportación de Poema del Mar a la conservación de la biodiversidad marina. La colección zoológica del acuario es un activo científico de primera magnitud, y ya se han comenzado a desarrollar proyectos de investigación y conservación *ex situ* con medusas, proteos (*Proteus anginus*) y tortugas bobas. Y esto es solamente el principio. Muchas otras especies se unirán a medida que el acuario consolide su colección zoológica la ponga a disposición de la comunidad científica.

Si a este compromiso con la conservación y la ciencia le añadimos los beneficios como herramienta de sensibilización, el impacto positivo del acuario en la conservación de la biodiversidad se evidencia en su totalidad. En la primera mitad de 2018 Poema del Mar recibirá más de 200 Centros Educativos de Gran Canaria, que tendrán a su disposición talleres y actividades didácticas sobre microplásticos, aleteo, sobrepesca, contaminación, deforestación, cambio climático, acidificación oceánica, etc. Pero no solamente los escolares reciben esos mensajes de sensibilización, sino que se transmite también a todos

En la primera mitad de 2018 Poema del Mar recibirá más de 200 Centros Educativos de Gran Canaria, que tendrán a su disposición talleres y actividades didácticas sobre microplásticos, aleteo, sobrepesca, contaminación, deforestación, cambio climático, acidificación oceánica, etc.

los visitantes del acuario, para tratar de despertar su conciencia sobre la necesidad de conservar nuestros mares.

En suma, no cabe ninguna duda de que los acuarios modernos, cuando son gestionados adecuadamente, son una herramienta eficaz para la conservación de la naturaleza. Aquellas personas y organizaciones que tratan de justificar su oposición a la creación de nuevos acuarios esgrimiendo argumentos sobre sus perjuicios al medio ambiente marino, o sobre bienestar animal, en realidad están tan sólo disfrazando otras razones, probablemente menos loables.



Corales muertos en 'Lizard Island Research Station', en la Gran Barrera de Coral australiana (Autor: The Ocean Agency / XL Catlin Seaview Survey / Richard Vevers).

### Los corales sin tregua para la recuperación

Antes del calentamiento climático antropogénico, los eventos de blanqueamiento de los corales eran relativamente raros, permitiendo la recuperación del arrecife entre episodios distantes en el tiempo. El equipo internacional liderado por Terry Hughes (James Cook University) ha descubierto que el intervalo promedio entre los eventos de blanqueamiento es ahora menos de la mitad de lo que era antes, lo que no da tiempo a la recuperación completa de los corales. Además, los eventos como El Niño son cada vez más cálidos, al igual que las condiciones oceánicas generales, lo que dificulta que los arrecifes se recuperen entre eventos estresantes (*Science*, 359:(6371):80-83; 2018).

### Disminución de oxígeno en el océano global y las aguas costeras

Denise Breitburg y colaboradores (*Science*, 359(6371):43-45; 2018) han puesto de manifiesto la tendencia decreciente de los niveles de oxígeno en zonas cada vez más grandes de los océanos y áreas costeras. El aumento de la carga de nutrientes junto con el cambio climático, ambos, resultado de las actividades humanas, está cambiando la biogeoquímica oceánica y el aumento del consumo de oxígeno. Esto tiene como resultado la desestabilización



La anoxia provocada por la degradación de enormes acumulaciones de materia orgánica (eutrofización) es una de las causas de mortalidades masivas de peces (Fuente: *Saigoneer*, 25/04/2016).

de los sedimentos y cambios fundamentales en la disponibilidad de nutrientes clave. A corto plazo puede ocurrir que, al disminuir la capa de agua con oxígeno, los peces se concentren en aguas más superficiales y se incrementen los rendimientos pesqueros, pero a más largo plazo este fenómeno puede provocar el colapso de los ecosistemas, lo que en última instancia causará daños sociales y económicos.

### La mayoría de las islas de atolones serán inhabitables a mediados del siglo XXI debido a la subida del nivel del mar y el efecto del oleaje

El nivel del mar está aumentando, pero lo hace de forma más notable en las proximidades de los trópicos, donde se encuentran miles de islas de atolones de coral de baja altitud. Aunque la mayoría de los estudios apuntan a que estas islas no experimentarán inundación hasta finales del siglo XXI, no han tenido en cuenta el efecto adicional de la sobreelevación debida al oleaje. En este sentido Curt Storlazzi (Pacific Coastal and Marine Science Center,



Imagen de satélite del atolón Atafu (Fuente: NASA Johnson Space Center).



La sama (*Pagrus caeruleostictus*) es un pez hermafrodita protogínico, de modo que en la fase temprana de su desarrollo es hembra y posteriormente sufre un cambio de sexo a macho (Foto: Aketza Herrero).

Santa Cruz, EE.UU.) y su equipo ha estimado que el impacto del aumento del nivel del mar y las inundaciones impulsadas por las olas en la infraestructura de los atolones, así como en la disponibilidad de agua dulce, será una realidad a mediados del siglo XXI. Esta inundación anual hará que las islas se vuelvan inhabitables debido a los frecuentes daños a la infraestructura y la incapacidad de sus acuíferos de agua dulce para recuperarse entre los eventos de inundación (*Science*, 4(4), eaap9741, 2018).

## Peces que cambian de sexo para prosperar

Alrededor de 450 especies de peces tienen la capacidad de cambiar de sexo a lo largo de sus vidas, para maximizar así su fecundidad y el número de crías. Esto ocurre debido a cambios hormonales que transforman sus órganos reproductivos de un sexo a otro. Las hembras grandes producen más huevos

que las pequeñas, por lo que para algunas especies, como el pez payaso, es mejor ser un macho al comienzo de su vida y luego cambiar a una hembra más adelante. Pero entre los machos que luchan entre sí por las hembras o territorios, como los meros, las doradas y las samas, ser un macho pequeño puede significar no reproducirse. En ese caso, es mejor ser hembra cuando tienen talla pequeña.

Ahora, esta estrategia ancestral está permitiendo que estos peces se adapten al desafío de la sobrepesca sobre sus equilibrios sexuales. Los pescadores tienden a capturar los ejemplares más grandes, por lo que hay un sexo que es más pescado que el otro. Pero Elizabeth Pennisi ha descubierto que en las samas, la sobrepesca de los grandes machos está provocando que el cambio de sexo ocurra antes de lo habitual en algunas hembras, por lo que se mantiene el equilibrio sexual. Los peces están cambiando de sexo a edades más tempranas, por lo que las hembras no tienen la oportunidad de alcanzar tallas más grandes, lo que se traduce en menos descendientes y una población cada vez más reducida (*Science*, 359(6379):975).

En la mayoría de las hembras de peces la capacidad reproductiva sigue aumentando con la edad, de manera que las hembras más grandes producen más y mejores huevos. Por ello, es necesario establecer una protección de estos grandes reproductores como estrategia de reconstrucción de la poblaciones de peces. Por ejemplo, se sabe que un bacalao de 70 cm de talla produce ocho veces más huevos que otro con la mitad de su tamaño. En algunas especies, las hembras grandes producen incluso más huevos de los que se suponen por su tamaño, y las más viejas producen huevos extranutritivos, por lo que estas crías tienen más probabilidades de sobrevivir.

## Se encuentran bolsas de plástico en los fondos más profundos de los océanos del mundo

En la Fosa de Las Marianas, el lugar más profundo del océano, que alcanza casi los 11.000 m de profundidad, cerca de Guam, al este de Filipinas, se ha encontrado recientemente una bolsa de plástico. Los científicos del equipo del Dr. Senae Chiba, de la Agencia Japonesa de Ciencias Marinas y Tecnología, la encontraron estudiando la base de datos Deep-Sea Debris compuesta por fotos y videos tomados de las 5010 inmersiones realizadas en lugares profundos desde 1983. De los desechos identificados en esta base de datos, los plásticos era los más frecuen-

tes (33%), de los que las bolsas de plástico de un solo uso, en particular, constituyeron la mayor fuente de basura plástica (89%), pero también se hallaron restos de otros materiales como caucho, metal, madera y tela. En el 17% de las imágenes tomadas se observó interacciones entre algún tipo organismo con los plásticos, como anémonas enredadas en los residuos. La cantidad de residuos plásticos en estas grandes profundidades osciló entre 17 y 335 elementos por Km<sup>2</sup> (Mar. Pol., 2018).

## Los marrajos amenazados por la inacción

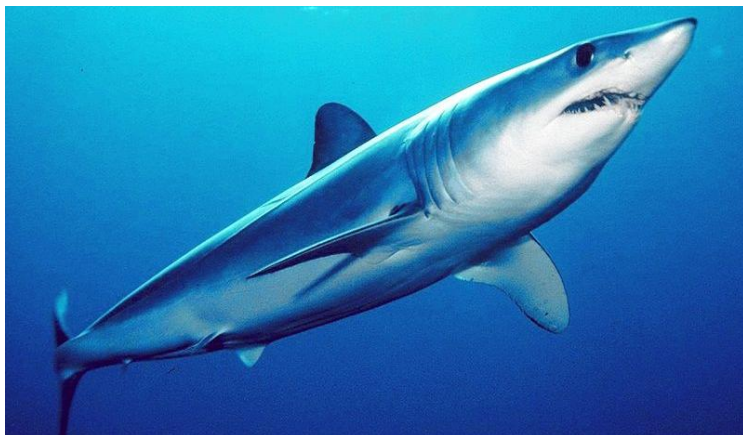
Las poblaciones de tiburones oceánicos están disminuyendo como resultado de la alta presión pesquera y la falta de cuotas de captura internacionales. Pero a pesar de las recomendaciones científicas de la Comisión Internacional para el Conservación de los atunes del Atlántico (ICCAT), los gestores siguen sin tomar acciones concretas para la regulación de la pesquería. El marrajo o tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) es la segunda especie de tiburón oceánico más pescado por las flotas de palangreros y redes de deriva en alta mar, principalmente por el alto valor de sus aletas en el mercado asiático. Las capturas anuales, algo subestimadas, en el Atlántico Norte superan las 3300 toneladas (aproximadamente 130,000 ejemplares). La evaluación realizada por ICCAT en 2017 confirmó que el stock del Atlántico Norte está sobrepescado y recomendó reducir la captura anual de marrajo a sólo 500 toneladas o menos, para evitar su desaparición. Sin embargo, estas recomendaciones no han sido aceptadas por los países miembros de ICCAT. Según David Sims y colaboradores, debido a la lenta recuperación, las medidas tomadas hasta ahora por ICCAT no detendrán el declive de la especie, incluso si las capturas totales fueran reducidas a 500 toneladas (la probabilidad de que la población se recupere para 2040 es sólo del 35%, aumentando al 54% si se prohibiese su captura) (*Science*, 359(6382):1342, 2018).

## Arribazones masivos de algas invaden el Caribe

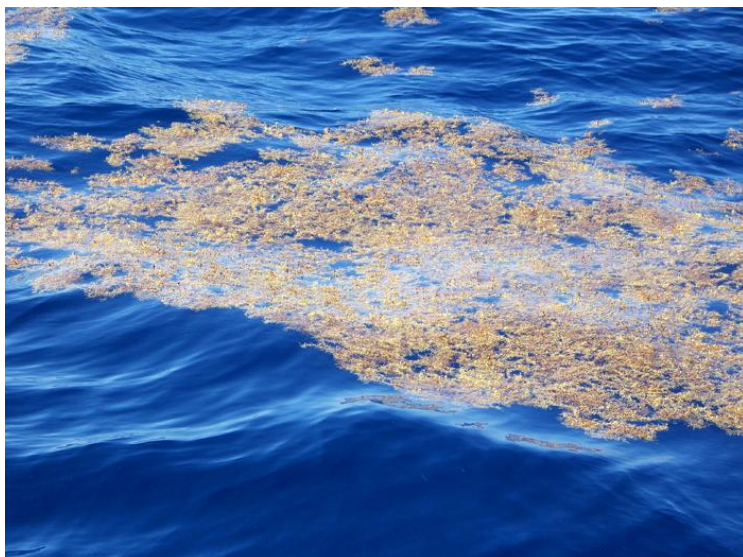
En 2011, enormes masas de sargazos (*Sargassum*), un alga parda, aparecieron en las playas del Caribe, atrapando a las tortugas marinas y llenando el aire con el hedor a huevos podridos. El arribazón fue el primero de su tipo, pero desde entonces se ha convertido en un fenómeno frecuente. Al principio, los



Residuos antrópicos, principalmente plásticos y latas, fotografiados en las zonas más profundas de los océanos (Fuente. Agencia Japonesa de Ciencia y Tecnología Marina y Terrestre - JAMSTEC).



Marrajo o tiburón mako de aleta corta (Autor: M. Conlin; NOAA Fisheries, Image Gallery).



Acumulación de *Sargassum* o sargazos a la deriva (Autor: C. Schnaiter, Amboy Central School; NOAA Teacher at Sea Program).

científicos pensaron que las algas marinas procedían del Mar de los Sargazos, donde se encuentra la mayoría de los sargazos, pero las imágenes satelitales



## Los científicos están preocupados por la baja natalidad de la ballena franca del norte durante esta temporada

Hembra de ballena franca del Atlántico Norte con su cría  
(Fuente: NOAA Fisheries Service, EE.UU.).

revelando que llegaban desde las costas de Brasil. Los científicos trabajan por descubrir qué ha causado estas misteriosas proliferaciones de algas marinas y, aunque no tienen una respuesta definitiva, piensan que su rápida expansión puede estar relacionado con la entrada de nutrientes desde el río Amazonas, que desemboca cerca de donde estas masas algales han sido inicialmente identificadas. No obstante, no descartan que se puedan deber a cambios en las corrientes oceánicas o un aumento de la fertilización del océano por el hierro procedente del polvo sahariano (Lagín, K., *Science*, 360:1157-1158; 2018).

Ni una sola cría de ballena franca del Atlántico Norte, o ballena de los vascos, ha sido detectada por los científicos esta temporada de cría (invierno de 2017-2018), lo que plantea muchos interrogantes sobre el futuro de esta especie en peligro de extinción. Entre noviembre y marzo las ballenas nadan hacia las cálidas aguas de Georgia y Florida para dar a luz y amamantar a sus crías, lo cual aprovechan los investigadores de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de EE.UU. para censar sus poblaciones desde aviones. Sólo quedan alrededor de 458 ballenas francas del Atlántico Norte, incluidas 94 hembras reproductoras, y los científicos están preocupados porque los índices de mortalidad están superando a la tasa de nacimientos (en 2017 se registraron 12 muertes en las costas de EE.UU. y Canadá por enmallamiento con redes de pesca), lo que puede hacer desaparecer la especie en sólo 20 años más.

Un mar para comérselo

# Caballas de Mogán en escabeche, Crujiente de coral y tierra de maní

**Abraham Ortega García**

Chef Restaurante *El Santo* y Asesor Gastronómico

## INGREDIENTES:

### 1 Escabeche

- Aceite de oliva virgen extra 1L
- Vinagre 333 ml
- Vino blanco 333 ml
- Cebolla blanca 1 pieza mediana
- Zanahoria 1 pieza
- Laurel 1 hoja
- Romero 1 hoja

### 2 Crujiente de coral

- Agua 300ml
- Caldo de pescado 300ml
- Harina 100 gr
- Aceite 150 gr

### 3 Tierra de maní

- Manises C/s

### 4 Puré de batata

- Batata blanca o amarilla 1 unidad
- Sal C/s



## Pensamientos del chef

La caballa es un pescado azul rico en omega3, cuya época de máxima calidad es en verano, dado que es cuando mayor grasa tienen, debido a que en invierno casi no se alimentan. También es un pescado económico en el mercado y de fácil acceso, en canarias es muy típico en la zona sur como Mogán y Arguineguín. Ha sido considerado un manjar desde la época de los emperadores romanos, que aprovechaban tanto la carne para consumo, como las tripas para hacer un potenciador del sabor denominado Garum, que era un fermento de las vísceras de las mismas con vino, agua, aceite y otras especias.

A mi particularmente es un pescado que me encanta trabajar y comer, porque es muy agradecido en todas las técnicas que uses con él y de un sabor excepcional para los amantes del pescado fuerte, siendo además de carne tersa y melosa. Sin duda una joya de nuestros mares.

En cuanto al escabeche, es una técnica de cocina que originalmente se usaba como técnica de conservación, debido a las propiedades conserva del vinagre y el aceite. Es una técnica antiquísima que se está volviendo a recuperar en nuestros restaurantes cada vez con más fuerza. A nosotros nos parece muy acertado el jugar con dulces como la batata, ácidos como el escabeche y para finalizar ese sutil sabor a mar de nuestras caballas.

Sofreímos la cebolla en juliana con la zanahoria en un poco del aceite, cuando este pochada le añadimos el resto de ingredientes y cocer 10 minutos. Trituramos todo con una termomix y lo colamos por un colador chino. Reservamos.

Limpiamos las caballas, separando el lomo de la ventrecha sin espinas, se lo añadimos al escabeche y dejamos macerar un mínimo de 4 horas.

Por otro lado, mezclamos los ingredientes del coral en un bol y lo hacemos en una sartén antiadherente con un poco de aceite a fuego medio, hasta que se dore y quede crujiente. Reservamos

Cocemos una batata con sal, la pelamos y la aplastamos con la ayuda de un tenedor para obtener una especie de puré. Reservamos

El maní lo trituramos todo y hasta tener una especie de tierra. Reservamos

Presentamos cogiendo un poco de escabeche y salseado el plato, ponemos un poco de tierra de maní, una cucharada del puré caliente, el crujiente de coral como base y las caballas encima.

# Galardón Océanos



## Airam Guerra Marrero

El *Galardón Océanos* es un reconocimiento a la labor personal, colectiva y empresarial de personas, empresas o comunidades que favorezcan la promoción de las ciencias marinas y el estudio y/o la conservación de la vida en los océanos. Este Galardón se divide en 4 modalidades; Modalidad Individual, Educación, Colectivos u ONGs y Empresas o Instituciones.

En esta sexta edición, llevada a cabo en El Real Club Náutico de Gran Canaria, el presidente de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos, José Juan Castro, iniciaba su discurso señalado: “puede que mi discurso suene repetido, pero las acciones que están agravando el estado de salud de los ecosistemas marinos aun no se han corregido”. Con ello, reflejaba los graves episodios que sufre el planeta actualmente (aumento de la temperatura superficial del mar, derretimiento de los casquetes polares, sobrepesca, ...). Tampoco Canarias está al margen de estos efectos globales, ejemplo de ello son los episodios de cianobacterias o aparición de masiva de peces tropicales, que tuvimos el pasado verano.

Esta edición de los Galardones Océanos se premió la labor del Dr. Alberto Brito Hernández (Categoría individual) por sus trabajos sobre la fauna marina de Canarias y la Macaronesia, así como sus estudios sobre especies marinas introducidas. En la categoría de Colectivos, se premió la labor de la Asociación de Periodistas de Información Ambiental (APIA), por velar por la independencia y objetividad de los contenidos informativos y divulgar con rigor la información medioambiental. En la categoría de Institución, se premió la labor del Grupo Especial de Actividades Subacuáticas de la Guardia Civil (GEAS), por sus actividades de vigilancia submarina y por el apoyo a la protección de la flora y fauna marina. Y, finalmente, en la categoría de Educación, se premió la labor del profesorado del Aula enclave del Instituto de Enseñanzas Medias de Agaete – Pepe Dámaso, por su proyecto *La Fauna del Litoral Canario*, el cual acerca al alumnado con diversidad funcional el conocimiento de nuestro mar.

Desde la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos, agradecer a todos aquellos que hacen posible la realización de este evento, especialmente al Real Club Náutico de Gran Canaria, la Fundación Cajamar y Mercurio Editorial.

# Un mar de ciencias

**Airam Guerra Marrero**

El pasado 18 de Mayo, con el fin de fomentar las ciencias en estudiantes de enseñanza no universitaria, se llevó a cabo la fase final del concurso “Un Mar de Ciencias 2018”. A esta fase final accedieron un total de 14 centros, representados aproximadamente por un total de 300 alumnos. Este concurso surge también con el objetivo de fomentar entre los estudiantes la conservación de la biodiversidad marina y el conocimiento de los océanos a través de las ciencias. Este año, gracias a la colaboración de Loro Parque Fundación, la fase final se celebró en la sala de conferencias del Acuario Poema del Mar, donde los alumnos asistentes al concurso pudieron también conocer un poco más el entorno marino de Canarias dentro del acuario.

La calidad de los trabajos presentados ha sido extraordinaria, abordando temas como el efecto de los plásticos y microplásticos en Canarias, o el impacto de grasas y aceites en el mar. Como en ediciones anteriores, los premios se agrupan en cinco categorías: Jacques Cousteau (5º y 6º de Primaria), Ramón Margalef (1º ciclo de ESO), Charles Darwin (2º ciclo de ESO), Alexander von Humbolt (Bachillerato) y la categoría Jacques Piccard (Formación Profesional).

En esta edición, los centros premiados fueron 2 grupos del CEIP Siete Palmas (Categoría Jacques Cousteau), el IES San Ignacio de Loyola (Categoría Ramón Margalef), 2 grupos del IES Villa de Fargas (Categoría Charles Darwin), El IES Villa de Agaete y el IES Villa de Fargas (Categoría Alexander von Humbolt) y el IES Profesor Antonio Cabrera Pérez (Categoría Jacques Piccard). Además, como el resto de ediciones, se otorgó por parte del jurado, un premio al reconocimiento del trabajo, donde el galardonado fue el Instituto de enseñanzas medias Agaete-Pepe Dámaso, el cual disfrutará de una jornada de avistamiento de cetáceos. La participación del I.E.S. Agaete-Pepe Dámaso con un trabajo relacionado con el conocimiento y la conservación de la fauna marina de la costa de Agaete, como la labor de la comunidad de pescadores, fue muy valorado por su carácter multidisciplinar de la ciencia y por el papel integrador del mismo, alcanzando la colaboración de alumnos con discapacidades y de bachillerato.

La evolución de este concurso ha ido *in crescendo* en los últimos años, por ello, la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos quiere agradecer la labor que ejerce el profesorado en este tipo de actividades, guiando al

alumnado en sus trabajos, como en la inclusión de las ciencias marinas en el currículo académico. Además, también agradecer a las entidades colaboradoras que hacen posible este concurso como son la Consejería de Educación, La Fundación Loro Parque, La Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Obra Social la Caixa, AD-DiagNost, Mercurio Editorial, Fred Olsen y la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI).

Agenda

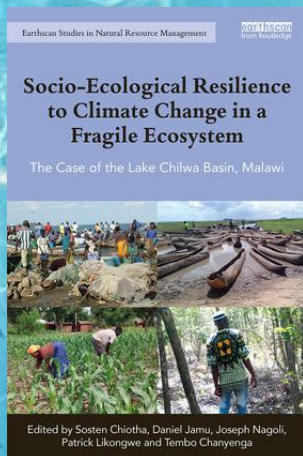
Julio-Diciembre 2018

| AGOSTO     |                                                                                                               |                             |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Fecha      | Evento                                                                                                        | Lugar                       |
| 1-8        | IMBER ClimECO6: Interdisciplinary approaches for sustainable oceans.                                          | Yakarta (Indonesia)         |
| SEPTIEMBRE |                                                                                                               |                             |
| Fecha      | Evento                                                                                                        | Lugar                       |
| 3-6        | Changing Estuaries, Coasts and Shelf Systems, Diverse Threats and Opportunities.                              | Perth (Australia)           |
| 4-7        | Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico.                                                                   | Coimbra (Portugal)          |
| 5-9        | 4º International Conference Water Resources and wetland.                                                      | Tulcea (Rumanía)            |
| 18-21      | Annual conference of the International Association of Maritime Economists.                                    | Mombasa (Kenya)             |
| 21-22      | Oceanography, Ocean Technology and Marine Biology.                                                            | Texas (EE.UU.)              |
| 24-27      | Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM).                                                     | Hamburgo (Alemania)         |
| 26-28      | 13º Foro Internacional de Acuicultura.                                                                        | Guadalajara (México)        |
| 27-29      | 13º CoastGIS Symposium and Exhibition. Spatial Planning and Climate Change.                                   | Ísafjörur (Islandia)        |
| OCTUBRE    |                                                                                                               |                             |
| Fecha      | Evento                                                                                                        | Lugar                       |
| 2-4        | Conferencia de la Asociación de Educadores de Ciencias Marinas Europea.                                       | Newcastle (R.U.)            |
| 7-9        | 6º International Conference on Oceanography and Marine Biology.                                               | Melbourne (Australia)       |
| 8-10       | MetroSea-2018/EE. International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters. | Bari (Italia)               |
| 16-18      | The IV International Conference on El Niño Southern Oscillation: ENSO in a warmer Climate.                    | Guayaquil (Ecuador)         |
| 23-26      | LAQUA18. Latin American & Caribbean Aquaculture 18.                                                           | Bogotá (Colombia)           |
| NOVIEMBRE  |                                                                                                               |                             |
| Fecha      | Evento                                                                                                        | Lugar                       |
| 5-7        | IMDIS2018, International Conference on Marine Data and Information Systems.                                   | Barcelona (España)          |
| 13-16      | I Congreso Internacional de Pesca, Acuicultura y Ambiente Acuático.                                           | Trujillo (Perú)             |
| 19-23      | MICRO2018. El destino y el impacto de los microplásticos. Conocimiento, Acciones y Soluciones.                | Arrecife-Lanzarote (España) |
| DICIEMBRE  |                                                                                                               |                             |
| Fecha      | Evento                                                                                                        | Lugar                       |
| 1          | Simposio europeo sobre arrecifes de coral. Reef Conservation, Reino Unido.                                    | Univ. Oxford (R.U.)         |
| 3-4        | 12º Edition of International Conference on Oceanography & Marine Biology.                                     | Roma (Italia)               |
| 3-7        | Simposio Ecología, Sociedad y Medio Ambiente. Ecovida 2018.                                                   | Pinar del Río (Cuba)        |
| 3-14       | Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.            | Katowice (Polonia)          |



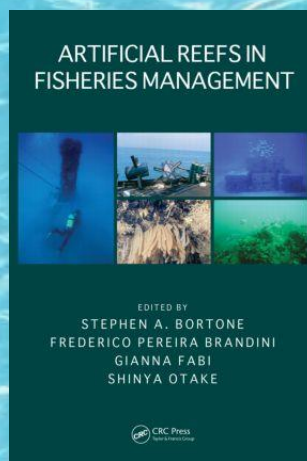
**Revitalizing Urban Waterway Communities**  
 Editores: Richard Smardon, Sharon Moran y April Karen Baptiste  
 ISBN: 978-1138698611  
 Precio aproximado: 98 €

La revitalización y restauración de ríos y arroyos es un foco principal de la actividad de conservación urbana en América del Norte y Europa. Este libro presenta modelos y ejemplos para organizar el agua a las múltiples partes interesadas con fines de revitalización de las vías fluviales -o de restauración- en un contexto de equidad y política ambiental.



**Socio-Ecological Resilience to Climate Change in a Fragile Ecosystem**  
 Editores: Sosten Chiotha, Daniel Jamu, Joseph Nagoli, Patrick Likongwe y Tembo Chanyenga  
 ISBN: 978-1138482678  
 Precio aproximado: 98 €

Este libro proporciona una revisión de la investigación y programas de intervención basados en el enfoque ecosistémico, una estrategia para el manejo integrado de la tierra, el agua y los recursos vivos. Está diseñado para promover la conservación de la biodiversidad y su uso sostenible, de forma equitativa, en la implementación de intervenciones de mitigación y adaptación al cambio climático. Se muestra cómo: se fortalecieron las instituciones locales y de distrito para gestionar mejor los recursos naturales y crear resiliencia ante el cambio climático; la construcción de gestión y planificación de recursos naturales transsectorial para el cambio climático en toda la cuenca; se construyó la capacitación adaptativa a nivel doméstico y empresarial en los puntos de acceso a la Cuenca; y una mejor gestión y gobernanza forestal también contribuyó a mitigar los efectos del cambio climático. El estudio siguió los doce principios clave del enfoque ecosistémico con la participación de todos los sectores de interés. Es uno de los primeros programas en aplicar la aproximación ecosistémica en una escala temporal y espacial tan amplia y proporciona lecciones que se deben aprender para la protección de otros ecosistemas frágiles en una era de cambio climático.



**Artificial Reefs in Fisheries Management**  
 Editores: Stephen A. Bortone, Federico Pereira Brandini, Gianna Fabi & Shinya Otake  
 ISBN: 978-1439820070  
 Precio aproximado: 94 €

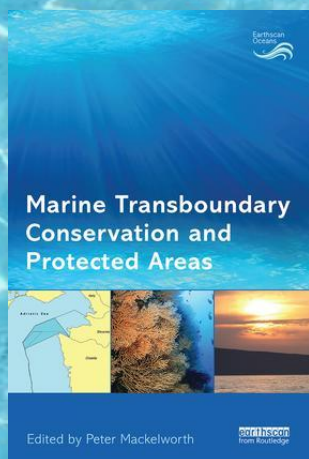
Los arrecifes artificiales en la gestión de pesquerías ofrecen una descripción inclusiva de este campo por parte de los diferentes autores de cada capítulo, provenientes de diversas áreas geográficas. Este enfoque brinda a los lectores las más amplias perspectivas y refleja los intereses regionales y la experiencia con los arrecifes artificiales en diferentes partes del mundo. En un momento oportuno en el desarrollo de los arrecifes artificiales, este libro ayudará a los investigadores y gestores de recursos naturales a considerar más detenidamente las características especiales de los arrecifes artificiales cara a su aplicación para resolver los problemas de gestión pesquera. Representa un paso importante para mejorar el uso de los arrecifes artificiales como una opción viable en muchas pesquerías del mundo en la búsqueda de hacer más sostenible la pesca mundial.

## Reseñas bibliográficas



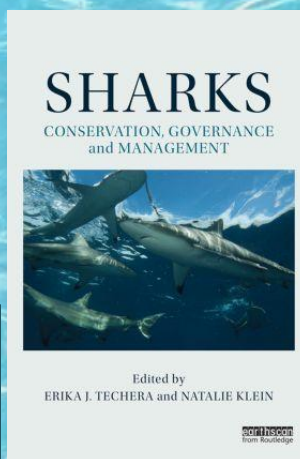
**Coral Reefs: Tourism, Conservation and Management**  
 Editores: Bruce Prideaux y Anja Pabel  
 ISBN: 978-1138497313  
 Precio aproximado: 32 €

Los arrecifes de coral son un importante recurso turístico para muchos destinos costeros e insulares y generan una serie de beneficios para las comunidades humanas locales, que incluyen la fuente de alimentos, los ingresos del turismo, el empleo y las oportunidades recreativas. Sin embargo, los arrecifes de coral se ven cada vez más amenazados por el cambio climático y los impactos relacionados, como el blanqueamiento de los corales y la acidificación de los océanos. Otros estreses antropogénicos sobre estos ecosistemas incluyen la sobrepesca, daños por anclaje de embarcaciones, desarrollo costero, escorrentías agrícolas, sedimentación y extracción de coral.



**Marine Transboundary Conservation and Protected Areas**  
 Editores: Peter Mackelworth  
 ISBN: 978-1138618336  
 Precio aproximado: 32 €

Este libro analiza una serie de iniciativas de conservación marina transfronteriza, integradas en diferentes situaciones contextuales, donde se examinan las razones subyacentes de su éxito o fracaso. Proporciona información sobre el desarrollo de iniciativas de conservación marina transfronteriza que examinan la eficacia de las normas internacionales y las políticas de acceso al mercado. Los ejemplos proceden de una amplia gama de jurisdicciones, incluidos mares territoriales, plataformas continentales, zonas económicas exclusivas y áreas fuera de la jurisdicción nacional. Los estudios de caso incluyen iniciativas en el Triángulo de Coral, África Occidental, América Central, el Mar de Wadden, el Mar Rojo y el Mar Mediterráneo. Además, los autores evalúan el potencial para desarrollar una cooperación internacional más amplia como resultado de relaciones forjadas a través de la participación dentro de estas iniciativas de conservación marina transfronteriza.



**Sharks: Conservation, Governance and Management**  
 Editores: Erika J. Techera y Natalie Klein  
 ISBN: 978-0415844765  
 Precio aproximado: 98 €

El libro explora nuestro conocimiento actual y el estado de leyes y la ciencia en torno a los tiburones, orientado a mejorar los marcos para su conservación y gestión. Se analizan las tendencias recientes, incluidas las prohibiciones de aleteo de tiburones que se han establecido en varios países, el número cada vez mayor de naciones que establecen santuarios de tiburones y el crecimiento del turismo basado en tiburones. También se examina la eficacia de los actuales procesos de listado de especies en peligro y las reglamentaciones pesqueras. El turismo se explora como una alternativa a la pesca y se analizan los riesgos e impactos asociados con esta industria. Entre los colaboradores se incluye a investigadores punteros de universidades y organizaciones de conservación en América del Norte, Europa y Australia. Un tema común el énfasis en la importancia de la gobernanza colaborativa entre varios grupos de interés, y la necesidad de enfoques interdisciplinarios de investigación y gestión imprescindibles para abordar el declive de los tiburones.

**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



## Un título reconocido en Europa

El **Grado en Ciencias del Mar** es un título adaptado al Espacio Europeo de Educación Superior y, como tal, permite al estudiante beneficiarse de las siguientes ventajas:

1. Mayor presencia de enseñanzas prácticas y prácticas externas.
2. Reconocimiento automático de los créditos facilitando la movilidad entre las titulaciones.
3. Valoración del trabajo global del estudiante y su iniciativa. Un *crédito ECTS* corresponde a 25-30 horas de dedicación semanal de las cuales un 40-60% serán presenciales.
4. Potenciación de la tutorización y la evaluación continua de los estudiantes.
5. Permitirá la libre circulación de profesionales sin necesidad de una homologación de los títulos universitarios.
6. Los títulos están orientados a la demanda social y han sido actualizados para lograr la adecuación al entorno laboral.

## Movilidad

La ULPGC ha obtenido la renovación de la acreditación de la Comisión Europea con la Carta Universitaria Erasmus para el período 2007/2013, lo que le permitirá participar en el programa con más de 250 universidades socias para realizar los intercambios en el ámbito europeo.

La Facultad de Ciencias del Mar cuenta con intercambio en el marco del **Programa Erasmus** con las siguientes universidades:

- Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- Panepistimio Egeou
- Seconda Università degli Studi di Napoli
- Universidade do Porto
- Universidade dos Açores
- Università degli Studi di Bologna
- Università degli Studi di Genova
- Università di Pisa
- Universität Bremen
- Université Bordeaux I
- Université de La Rochelle
- Université de Liège
- Université de Rouen
- Universitet i Bergen
- Univerza V Novi Gorici

En el marco del **Programa América Latina-EEUU** se han firmado acuerdos con:

- Eckerd College
- Universidad Autónoma de Baja California Sur
- Universidad de Concepción
- Universidad de Guadalajara
- Universidad de Magallanes
- University of Hawaii-Hilo
- University of Washington

Se han firmado convenios de colaboración activos de intercambio en el marco del **Programa SICUE** con las siguientes universidades:

- Universidad Católica de Valencia
- Universidad de Alicante
- Universidad de Cádiz
- Universidad de Vigo



## Perfil del estudiante

El Grado en Ciencias del Mar requiere que el estudiante posea las siguientes características personales:

- Interés por las ciencias marinas.
- Sensibilidad por los problemas medioambientales.
- Inquietud y curiosidad científica.
- Predisposición para el trabajo en equipo.

## Plan de estudios

El plan de estudios del Grado en Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria se estructura en cinco módulos. El primero de ellos, el Módulo Científico Fundamental, está dedicado a formar al estudiante en materias fundamentales en ciencias. En el segundo, el Módulo de Conocimientos y Técnicas Transversales en Ciencias del Mar, se imparten las materias necesarias para el conocimiento general del medio marino. En el tercer módulo, Módulo Profesional, se ofrecen las materias que se requieren para el futuro desarrollo profesional de los graduados. El cuarto, el Módulo de Prácticas Externas, se dedica al desarrollo de trabajos por parte del estudiante en empresas u organismos, guiados por la Facultad. En el último módulo, el Módulo de Trabajo de Fin de Grado, se aplican, de forma práctica, los conocimientos adquiridos. Este Plan presenta un elevado contenido de docencia práctica, contemplando la realización de prácticas de aula, de laboratorio y de campo. Algunas de las actividades prácticas se desarrollan a bordo de embarcaciones.

Para obtener este Grado se deben cursar 240 créditos ECTS, distribuidos en cuatro cursos académicos. La secuenciación temporal de las asignaturas es la siguiente:

### PRIMER CURSO: Módulo Científico Fundamental

| Primer Semestre              | Créditos |
|------------------------------|----------|
| ◦ Fundamentos de Biología    | 6        |
| ◦ Fundamentos de Física      | 6        |
| ◦ Fundamentos de Química     | 6        |
| ◦ Fundamentos de Geología I  | 6        |
| ◦ Fundamentos de Matemáticas | 6        |
| Segundo Semestre             | Créditos |
| ◦ Biología General           | 6        |
| ◦ Ampliación de Física       | 6        |
| ◦ Química General            | 6        |
| ◦ Fundamentos de Geología II | 6        |
| ◦ Ampliación de Matemáticas  | 6        |

### SEGUNDO CURSO: Módulo de Conocimientos y Técnicas Transversales en Ciencias del Mar

| Primer Semestre                         | Créditos |
|-----------------------------------------|----------|
| ◦ Biodiversidad Marina                  | 6        |
| ◦ Mecánica de Fluidos Geofísicos        | 6        |
| ◦ Química de las Disoluciones           | 6        |
| ◦ Matemáticas para la Oceanografía      | 6        |
| ◦ Fundamentos de Computación Científica | 6        |
| Segundo Semestre                        | Créditos |
| ◦ Fisiología de los Organismos Marinos  | 6        |
| ◦ Ondas Oceánicas                       | 6        |
| ◦ Química Orgánica                      | 6        |
| ◦ Medios Sedimentarios Marinos          | 6        |
| ◦ Estadística                           | 6        |

## GRADO EN Ciencias del Mar



### Características de la titulación

Los estudios en Ciencias del Mar se crearon en España en el año 1982, atendiendo a la demanda de profesionales expertos en el medio marino. Ese mismo año, la Licenciatura en Ciencias del Mar comenzó a impartirse, por primera vez en nuestro país, en Las Palmas de Gran Canaria.

La amplia experiencia adquirida desde su creación, unida a la estratégica situación del Archipiélago Canario, hacen de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria un centro de referencia, vanguardia y ejemplo en el desarrollo de la enseñanza de las ciencias marinas en España.

El Grado en Ciencias del Mar es un título generalista, sin especialidades, que prepara para el ejercicio profesional y ofrece una formación básica en Ciencias del Mar.

Estos estudios tienen como objetivo general la formación interdisciplinar en todas las materias que se requieren para el estudio integral del medio marino. Los titulados en Ciencias del Mar están plenamente capacitados para analizar, caracterizar, modelizar y gestionar los medios marino y litoral, tanto en sus estados naturales como afectados por la acción del hombre. El mar, por los problemas ambientales que le acucian y por las potencialidades que ofrece, es uno de los elementos de nuestro planeta que precisa mayor observación y control, facetas que corresponden a quienes lo estudian.

Las ciencias marinas se plantean retos muy interesantes en un futuro inmediato, como la integración de los nuevos descubrimientos, la conservación de la biodiversidad marina, la exploración del océano profundo y los márgenes continentales, la respuesta a las implicaciones del cambio climático global, o el desarrollo de energías renovables oceánicas, entre otros muchos.

La Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria cuenta con los recursos materiales y humanos adecuados para ofrecer a sus estudiantes una formación y unos servicios de calidad. El profesorado está plenamente capacitado para ofrecer a los estudiantes del Grado en Ciencias del Mar una formación de calidad, por su amplia experiencia y su reconocida cualificación como docentes e investigadores. El personal de administración y servicios también posee la formación y la experiencia necesarias para garantizar a los estudiantes una adecuada atención. La calidad de la formación y de los servicios que se ofrecen en la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria ha sido contrastada en los sucesivos procesos de control a los que ha sido sometida, tanto a nivel regional como nacional.

TERCER CURSO: Módulo de Conocimientos y Técnicas Transversales en Ciencias del Mar y Módulo Profesional

| Primer Semestre          | Créditos |
|--------------------------|----------|
| ◦ Ecología Marina        | 6        |
| ◦ Hidrodinámica Costera  | 6        |
| ◦ Química Marina         | 6        |
| ◦ Recursos Vivos Marinos | 6        |
| ◦ Oceanografía Geológica | 6        |

| Segundo Semestre                      | Créditos |
|---------------------------------------|----------|
| ◦ Contaminación Marina                | 6        |
| ◦ Oceanografía Biológica              | 6        |
| ◦ Oceanografía Química                | 6        |
| ◦ Oceanografía Física                 | 6        |
| ◦ Planificación y Gestión del Litoral | 6        |

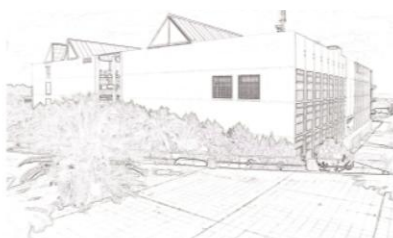
CUARTO CURSO: Módulo Profesional, Módulo de Prácticas Externas y Módulo de Trabajo Fin de Grado

| Primer Semestre                                              | Créditos |
|--------------------------------------------------------------|----------|
| ◦ Pesquerías                                                 | 6        |
| ◦ Acuicultura y Biotecnología Marinas                        | 6        |
| ◦ Meteorología e Interacción Atmósfera Océano                | 6        |
| ◦ Instrumentación y Análisis de Datos en Oceanografía Física | 6        |
| ◦ Métodos Estadísticos Avanzados para las Ciencias Marinas   | 6        |
| ◦ Métodos Químicos y Técnicas Instrumentales Aplicadas       | 6        |
| ◦ Georrecursos Marinos                                       | 6        |
| ◦ Técnicas de Información Geográfica en el Ámbito Geológico  | 6        |
| ◦ Modelización de Sistemas Marinos                           | 6        |
| ◦ Calidad Ambiental y Ecotoxicología                         | 6        |

El estudiante deberá cursar cinco de las diez materias optativas que se ofertan

| Segundo Semestre       | Créditos |
|------------------------|----------|
| ◦ Prácticas Externas   | 12       |
| ◦ Trabajo Fin de Grado | 18       |

CARÁCTER DE LAS MATERIAS - TIPOGRAFÍA  
Materia básica - normal  
Materia obligatoria - **negrita**  
Materia optativa - cursiva



### Recursos materiales

La Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria cuenta con los recursos materiales adecuados para ofrecer a sus estudiantes una formación y unos servicios de calidad.

El Edificio consta de cuatro módulos, en uno de los cuales se localizan las aulas y las dependencias administrativas del Centro. En todo el ámbito de la Facultad existe acceso wifi a la red de la Universidad.

**Aulas:** Se dispone de siete aulas para la docencia del Grado. Las dimensiones y números de puestos son variables. Todas ellas disponen de las nuevas tecnologías, con equipos de apoyo a la docencia presencial.

**Aulas de informática:** Se cuenta con dos aulas de informática para docencia, recientemente equipadas, disponiéndose entre ambas de un total de sesenta y tres ordenadores. Además, se cuenta con una sala de informática de libre disposición dotada con veintiséis ordenadores.

**Aulas de trabajo en grupo:** Se dispone de un aula para los trabajos en grupo con capacidad para treinta y seis estudiantes y de dos salas con capacidad para seis estudiantes cada una.

**Laboratorios:** Se cuenta con veintiocho laboratorios, talleres y espacios experimentales destinados a la docencia del Grado, adscritos a los departamentos de Biología, Física, Matemáticas y Química.

### Salidas profesionales

El Grado en Ciencias del Mar cualifica a los titulados para el ejercicio profesional en todos aquellos ámbitos que guardan relación con las ciencias marinas y su desarrollo científico-técnico.

Los ámbitos profesionales concretos para los que capacita el Grado en Ciencias del Mar son los siguientes:

- Oceanografía y Clima
- Acuicultura
- Recursos Pesqueros y Ordenación de la Pesca
- Recursos Minerales
- Biotecnología Marina
- Gestión y Ordenación de los Medios Marino y Litoral
- Investigación
- Enseñanza
- Administración y Empresa

En la actualidad, los titulados en Ciencias del Mar desarrollan su actividad profesional en lugares muy diversos, como agencias, empresas públicas y privadas, industriales, administraciones locales, provinciales, autonómicas y estatales, centros de investigación, centros docentes, ...

La empleabilidad de los titulados en Ciencias del Mar es alta, con un porcentaje importante en trabajos relacionados con la titulación, y el tiempo medio de espera para la obtención del primer empleo es inferior a un año, según datos del Instituto Nacional de Empleo.

La opinión de los empleadores sobre los titulados en Ciencias del Mar es muy satisfactoria, valorando especialmente su formación multi- e interdisciplinar, así como su capacidad de adaptación, de aprendizaje y de trabajo en equipo.

Los titulados en Ciencias del Mar por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria responden sobradamente a las expectativas y necesidades que la sociedad les demanda.





## HAMBRE Y SEQUÍA EN EL CUERNO DE ÁFRICA



# Save the Children

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

**15 millones de personas necesitan ayuda urgente.**

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

Santander ES13 0049 0001 5224 1001 9194

CaixaBank ES89 2100 1727 1202 0003 2834

BBVA ES83 0182 5502 5800 1002 0207

Bankia ES81 2038 1004 7168 0000 9930

Por teléfono

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