

Investigando el mar

Viaje al planeta agua

Editado
por
Julio Afonso-Carrillo

Actas XII Semana Científica Telesforo Bravo
INSTITUTO DE ESTUDIOS HISPÁNICOS DE CANARIAS
2017

© Los autores
© De esta edición: 2017, Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias,
C/. Quintana, 18. Puerto de la Cruz, Tenerife,
Islas Canarias, E-38400.

Diseño de la cubierta:
:rec retoque estudio creativo
www.retoqueec.com

Primera edición: octubre 2017

Imprime:
Litografía La Palma
C/ El Galión 18 - 38700 Santa Cruz de La Palma
CIF: B38340501

Depósito Legal: TF 1067-2017

ISBN: 978-84-697-6097-0

Presentación

Investigar el mar, al conjunto de masa de agua salada que cubre la mayor parte de la superficie del planeta Tierra, es un viaje al planeta agua, al planeta de la vida, puesto que agua y vida van de la mano. El agua es el componente primordial de todas las formas de vida conocidas y la astrobiología considera como lugares habitables solo aquellos capaces de contener agua líquida en forma estable. El agua tiene su origen en las reacciones que dan origen a las estrellas y cuando una estrella explota, libera al espacio el agua en forma de vapor. Así, aunque el agua está presente en gran cantidad por todo el Universo, ya sea congelada tanto en planetas como cometas, o como vapor en enormes nubes interestelares, la Tierra es hasta ahora el único lugar conocido del Sistema Solar que dispone de agua en estado líquido. Sin embargo, se sospecha de la presencia de agua líquida en el subsuelo de Marte, en algunas de las lunas de Saturno y en Europa (el satélite helado de Júpiter), en el que podría existir todo un océano de agua líquida bajo su superficie helada.

Tres cuartas partes de la superficie de la Tierra están ocupadas por el agua de los océanos, ríos, hielos polares y glaciares. Pero hay más agua. Tenemos que considerar también el vapor de agua de la atmósfera, y el agua almacenada en las rocas del manto terrestre (hasta unos 600 km de profundidad). En el manto el agua no está bajo una forma familiar para nosotros: no es líquido, hielo o vapor. Esta cuarta forma es agua atrapada dentro de la estructura molecular de los minerales en la roca del manto. Las erupciones volcánicas, las grietas y las chimeneas submarinas la van liberando en pequeñas cantidades, incorporándola al agua superficial. También la Tierra pierde agua. Una parte del agua terrestre se escapa al espacio desde las capas superiores de la atmósfera.

Con la trascendencia que juega el agua en nuestro planeta no es de extrañar que para algunos hubiera sido más apropiado haber denominado

nuestro planeta como **Agua**, y no **Tierra**. Y sin duda, cuando recorremos de forma panorámica la superficie terrestre, ocupada en un 70 % por el agua, puede parecernos razonable este planteamiento. Sin embargo, tras un análisis más minucioso podemos aceptar que el nombre a la Tierra está muy bien puesto. Es verdad que la extensión oceánica es muy amplia, pero la profundidad de esta masa de agua, comparada con la profundidad de todo el planeta, es verdaderamente limitada. Así, la superficie de agua líquida podemos asumirla como una delgada lámina que recubre la Tierra, extendida a modo de piel, pero con escaso grosor en relación con los miles de kilómetros que restan para alcanzar la profundidad del núcleo terrestre. La totalidad del agua terrestre cabría en una esfera de apenas unos 1.400 km de diámetro, un volumen significativamente reducido en relación a los casi 13.000 km de diámetro del planeta.

Si pudiéramos contemplar el fondo marino sin agua, no veríamos solamente abismos, sino una configuración similar a la del resto del planeta. Descubriríamos un imponente paisaje con una variedad de formas parecidas a las de las tierras emergidas, con montañas y valles, planicies y llanuras, y extensas cordilleras. Pero la presencia del agua lo transforma todo. Si utilizamos valores medios tendríamos una masa de agua de unos 3650 metros de espesor, en la que por debajo de los 500 metros reinaría la oscuridad, la temperatura sería constante entre 1 y 3 °C y la presión hidrostática aumentaría una atmósfera con cada 10 metros de profundidad. Y la Geología submarina nos ha ido descubriendo los secretos del planeta. El descubrimiento y el estudio de las dorsales oceánicas y del vulcanismo asociado han permitido comprender mejor la tectónica de placas, pero además, el hallazgo en las chimeneas volcánicas submarinas de organismos extremófilos asociados a ellas, está ayudando no solo a entender lo diversa que es la vida en el planeta sino también cómo se pudo originar.

El agua de la Tierra fluye en un ciclo que ha propiciado la existencia de la vida. Es el ciclo del agua. El agua de los océanos se evapora y pasa a la atmósfera, donde la circulación atmosférica reparte de manera desigual las nubes y el vapor de agua por todo el planeta. Cuando el vapor de agua se condensa, cae en forma de lluvia, nieve o granizo. Así, desde que una gota de agua deja el océano hasta que regresa a él, pueden llegar a pasar miles de años. Los seres vivos se sirven del agua y luego el agua de los organismos es devuelta a la naturaleza como desechos o al morir. De este modo, el agua que ahora forma parte de nuestro cuerpo, fue previamente parte de otros muchos seres vivos.

El agua en sus diferentes estados (líquido, sólido o gas), es la que ha conseguido que la temperatura de la Tierra se mantenga en un rango compatible con la estabilidad que requieren las moléculas que estructuran las células de los seres vivos. Estas singulares condiciones propiciaron la aparición de la vida y su persistencia a lo largo de millones de años. En su

estado sólido el agua es especial porque es más ligera que en estado líquido, por lo que flota y configura una barrera que evita que se pierda el calor del agua que está debajo. Pero el agua también es fundamental en la distribución del calor por la superficie del planeta. Las corrientes marinas constituyen una armoniosa sinfonía de movimientos que afectan tanto a las aguas superficiales como a las aguas profundas. La estructura de las corrientes marinas consideradas a escala global es tridimensional, con movimientos horizontales en el fondo y en la superficie (provocados sobre todo por la inercia inducida por la rotación terrestre), y movimientos verticales (en los que el relieve submarino y la configuración de las costas alteran los efectos de la rotación terrestre). En los fondos oceánicos el agua acompaña a la litosfera en el movimiento de rotación terrestre debido a la enorme presión que soportan esas aguas abisales. Pero cuando estas aguas frías profundas llegan a las costas occidentales de los continentes ascienden hasta la superficie en las zonas subtropicales, originando en esas latitudes una corriente superficial que se dirige hacia el ecuador. Estas corrientes al llegar a la zona ecuatorial son desviadas en dirección contraria a la que tenían las aguas profundas, es decir, ahora se desplazan de este a oeste, debido a la fuerza centrífuga de la rotación terrestre. De esta manera en la superficie de los océanos se alternan corrientes de aguas muy frías emergidas de gran profundidad, con aguas progresivamente más cálidas resultado de su calentamiento al discurrir por las regiones tropicales.

Hay una cierta coincidencia entre los patrones generales de dirección de los vientos y las trayectorias de las corrientes marinas, puesto que tanto los vientos como las corrientes marinas son fluidos que muestran respuestas similares a los movimientos de traslación y rotación del planeta. Como consecuencia, las corrientes marinas juegan un importante papel modelando las características del clima general. Constituyen un importante mecanismo para transportar calor desde la zona intertropical a las zonas templadas y polares, haciendo más suave el clima en estas zonas. Así por ejemplo, la corriente del Golfo, que traslada aguas cálidas desde las latitudes intertropicales, hace más templada la costa atlántica de Europa de lo que le correspondería de acuerdo con su latitud. En cambio, otras zonas situadas a la misma latitud de la costa este de América del Norte, presentan unas temperaturas mucho más bajas, especialmente en invierno. Pero además, el océano Glacial Ártico que tiene una amplia comunicación con el Atlántico es alcanzado por la corriente del Golfo después de rebasar la costa septentrional de Noruega, dando origen a una corriente de compensación de aguas que salen de nuevo hacia el océano Atlántico, pero más frías, junto a la costa de Groenlandia.

También las corrientes frías ejercen una gran influencia sobre el clima. En la zona intertropical provocan el clima muy árido de las costas occidentales de África y de América. Estas aguas frías, con la enorme

cantidad de nutrientes de las densas aguas profundas propician zonas con una elevada riqueza en plancton y en pesca. Las aguas frías inducen una alta presión atmosférica por lo que la humedad relativa en estas áreas es muy baja, debido a la menor evaporación, y consecuentemente, las lluvias resultan muy escasas o ausentes. En resumen, el clima del planeta depende en gran medida de la armoniosa regularidad con la que se desplazan las corrientes marinas por todos los océanos. Los cambios en los patrones de las corrientes marinas y de las temperaturas de sus aguas pueden tener consecuencias catastróficas. Así, el fenómeno climático conocido como El Niño, que está relacionado con el calentamiento del Pacífico oriental ecuatorial y que se manifiesta erráticamente, provoca estragos debido a las intensas lluvias que afectan principalmente a la región costera del Pacífico de América del Sur. Del mismo modo, la pérdida del hielo marino que cubre al Ártico puede provocar cambios significativos en las corrientes marinas que afectarían al clima de todo el planeta.

El agua y la vida. La vida se originó en el mar y los primeros testimonios datan de hace unos 3800 millones de años. Surgió y permaneció el 90 % de su historia en el agua. Solo recientemente (hace apenas unos 500 ma) comenzaron las plantas a colonizar las tierras emergidas y propiciaron un ambiente adecuado para que llegaran los animales. Hasta entonces, la vida bullía exclusivamente en los mares, mientras que la tierra firme permanecía desierta. Se inició así uno de los temas más fascinantes de la Biología, el modo en que las formas de vida fueron capaces abandonar el mar y colonizar las tierras emergidas. Se sabe que las primeras que lo consiguieron fueron algunas algas verdes, acompañadas al menos de hongos y bacterias. De este modo, la presencia vegetal sobre la tierra firme permitió la posterior llegada de los animales y la configuración de ecosistemas progresivamente más complejos. Las algas verdes pioneras, tuvieron que hacer frente a las adversas condiciones ambientales que reinaban fuera del agua: sequedad, insolación, exceso de radiación UV, oscilación térmica brusca, viento, etc., y fueron capaces de superar el reto mediante cambios evolutivos de su morfología, fisiología y reproducción, que han conducido a las actuales plantas terrestres.

El mar es por lo tanto el santuario en el que se originó la vida y en el que de manera ininterrumpida ha estado desde entonces presente. Por eso, tenemos que asumir que la biodiversidad marina es muy superior a la de tierra. Los organismos marinos han dispuesto de muchísimo más tiempo y oportunidades para cambiar y evolucionar. Y aunque cada vez vamos conociendo un poco más del funcionamiento del complejo mundo de la vida en el mar, todavía resta muchísimo por investigar y comprender. Sabemos desde hace décadas que en las capas superficiales e iluminadas de los océanos (zona fótica) los diminutos productores primarios (algas y cianobacterias) son capaces de sintetizar los materiales orgánicos básicos a

partir de la luz solar. Estos productores primarios microscópicos serán consumidos por pequeños herbívoros, principalmente copépodos y crustáceos diminutos, que a su vez serán el alimento de nadadores activos de mayor tamaño que luego serán depredados por otros carnívoros algo mayores, iniciando así una cadena donde la energía se va transfiriendo desde las presas a los depredadores, y en cuya cima se encuentran los grandes depredadores (tiburones, atunes, delfines, etc.).

Hemos aceptado que a partir de los 200 m de profundidad no hay posibilidad de fotosíntesis, por lo que los organismos dependen de otras fuentes de materia orgánica. Aquí la vida se mantiene principalmente por los desechos o restos orgánicos provenientes de organismos que han muerto en las capas de aguas más superficiales y por los propios organismos capaces de realizar migraciones verticalmente entre los fondos sin luz a la superficie iluminada. Pero, en los últimos años se ha comprobado que en los lechos oceánicos, en oscuridad total y bajo miles de atmósferas de presión, también es posible encontrar formas de vida primitiva que no dependen de los restos que sedimentan de las capas de agua superficiales. Cerca de la costa, en el litoral, los fondos marinos poco profundos, cuentan además del aporte de energía de los diminutos productores primarios, con otra fuente de materia orgánica de gran valor: los lechos de algas macroscópicas y de hierbas marinas.

A la pregunta de cuantas especies viven en el mar es evidente de que no es posible dar una cifra exacta. El Registro Mundial de Especies Marinas (WoRMS) tiene catalogadas como válidas unas 230.000 especies, entre animales y plantas. Este registro supone un esfuerzo global para disponer de un inventario de todos los animales y plantas que han sido descritos en la historia, y está sirviendo para constatar lo limitado de nuestro conocimiento sobre los organismos que viven en los océanos. Los científicos estiman que el mar alberga alrededor de un millón de especies (sólo conocemos alrededor de una cuarta parte), y que las especies por descubrir y describir habitan principalmente áreas que han recibido una limitada atención como el océano Índico, las zonas tropicales o las grandes profundidades marinas. Un buen ejemplo en este sentido son los arrecifes coralinos, ambientes muy ricos en los que se descubren nuevas especies con frecuencia, y donde habitan grupos de animales de pequeño tamaño que no suelen atraer mucho interés. Pero además, están todas las formas microscópicas entre las que se producen nuevos descubrimientos con cada estudio promovido para la identificación de los habitantes de ambientes concretos.

A pesar de la capital importancia que tienen los mares para la salud global del planeta, no los estamos cuidando ni gestionando de una manera adecuada. Al contrario, los estamos degradando de un modo a todas luces irresponsable. Esta degradación se observa en la creciente desaparición de algunos hábitats que provocan no solo la extinción de numerosas especies,

sino importantes desequilibrios ecológicos. Además, los desequilibrios provocados en tierra o en la atmósfera pueden terminar afectando al mar, y los impactos sobre los océanos pueden llegar a ser catastróficos para la humanidad. Está demostrada la vinculación entre ciertas actividades realizadas por el hombre y la degradación de los ecosistemas marinos.

Los efectos negativos de ciertas actividades pesqueras son observables en fondos marinos empobrecidos por la explotación de los recursos pesqueros mediante técnicas agresivas con el medio marino. La pesca industrial provoca no solo la captura de las especies objetivo y otras muchas que acabarán tiradas muertas al mar, sino que destruye los hábitats bentónicos que son necesarios para el desarrollo de las propias especies pesqueras. Utilizamos el mar como una despensa de proteínas de la que hemos estado extrayendo organismos de manera continua hasta que han aparecido las alarmas sobre el agotamiento de caladeros o la desaparición de especies de interés pesquero. En la actualidad, la sobreexplotación de los recursos pesqueros es un problema mundial. La acuicultura marina se postula como una alternativa para reducir la presión sobre los mares.

Mención aparte merece la contaminación del mar. Estamos vertiendo al mar cantidades tan elevadas de contaminantes que los mecanismos naturales de depuración resultan inviables. Los contaminantes son de todo tipo: químicos (abonos, detergentes, pesticidas, disolventes, etc.), físicos (radiaciones, calor, etc.), sólidos (plásticos, maderas, etc.) y biológicos (microorganismos provenientes de actividades domésticas o ganaderas). A esto tenemos que añadir los vertidos de petróleo y productos derivados, y las sustancias químicas que llegan al mar procedente de tierra adentro (aquí entran todas las posibilidades) y que cuando llegan al mar son dispersadas por las corrientes, de tal manera que pueden acabar afectando a zonas muy alejadas de la costa donde tuvo lugar el vertido. La cantidad de residuos que el hombre ha vertido al mar alcanza unas dimensiones tan colosales que incluso se ha llegado a hablar de “islas de plástico”.

Uno de los problemas que resulta más evidente en los ecosistemas costeros es la denominada eutrofización, es decir, el aumento en la concentración de nutrientes y materia orgánica, que en las aguas costeras se produce como consecuencia de los vertidos de aguas residuales urbanas, y que provoca la regresión o degradación de determinados ecosistemas. La eutrofización está identificada como la presión antrópica más importante ejercida sobre los ecosistemas marinos costeros, y que puede solucionarse, simplemente, con la reducción en las entradas de nutrientes al ecosistema (depurando correctamente los vertidos al mar).

El transporte por el mar también afecta al ecosistema marino, no solamente por la contaminación que genera. Se transportan productos por todo el mundo mediante barcos, y hoy conocemos que el agua de lastre está siendo el vector más importante que está contribuyendo a la dispersión de

manera artificial de muchos organismos por todo el mundo. Muchos de estos organismos no sobrevivirán en el nuevo ambiente al que llegan, pero otros sí, afectando de forma negativa a las comunidades autóctonas, sobre todo si adquieren la categoría de especies invasoras. Por otro lado, las plataformas petrolíferas, que tanto proliferan en los últimos años, se desplazan lentamente en el mar y configuran bajo su superficie un hábitat adecuado, que está sirviendo como un preocupante vector de dispersión de especies exóticas.

Es evidente que vivimos en un planeta dominado por los humanos y que nuestro dominio sobre los ecosistemas irá en aumento. De manera que todos los ecosistemas están afectados en diferente grado por las actividades humanas. Nuestra responsabilidad con el planeta nos obliga a reducir la tasa de degradación, acelerar nuestro aprendizaje sobre el funcionamiento de los ecosistemas y adquirir responsabilidad sobre la gestión del planeta. Existen modestos esfuerzos en ese sentido. Los acuerdos internacionales relativos a la gestión de los recursos marinos insisten en la necesidad de alcanzar el desarrollo sostenible de las actividades marinas a través del uso sostenible de sus recursos. Así la Comisión Europea considera que no sólo es necesario conservar adecuadamente los recursos marinos vivos sino que además es preciso mantener y mejorar el estado del recurso y del propio océano. Esto significa un claro paso hacia una gestión basada en los ecosistemas y apoyada en el conocimiento científico. De este modo, la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina, considera necesario alcanzar un estado ecológico satisfactorio de los mares promoviendo su utilización sostenible y protegiendo los ecosistemas marinos. En esta directiva se afirma que el medio marino (y sus recursos vivos), es un patrimonio muy valioso que ha de ser protegido, conservado y, cuando sea viable, rehabilitado, con el objetivo final de mantener la biodiversidad y preservar el funcionamiento de los ecosistemas marinos.

Plantear la posibilidad de reflexionar sobre el mar no necesita justificación en un territorio como el canario, y esa fue la temática elegida para el ciclo de conferencias dedicado a Telesforo Bravo. Como en años anteriores, la Semana Científica desarrolló su programa en el salón de actos de nuestra sede, entre el lunes 7 y el viernes 11 de noviembre, con sesiones diarias de 19:30 a 21:00 horas. La programación se inició con la presentación del ciclo realizada por Nicolás Rodríguez Muzenmaier, y seguidamente, Jaime Coello Bravo y Julio Afonso Carrillo, detallaron las peculiaridades, tanto de la programación científica, como del libro de actas que reúne las conferencias del año precedente, "*La Gomera: entre bosques y taparuchas*" que se presentó formalmente en ese acto.

El conjunto de conferencias impartidas en la XII Semana Científica Telesforo Bravo fue el siguiente:

Lunes, 7 noviembre 2016.

Inés Galindo Jiménez: “Patrimonio geológico submarino”.

Martes, 8 noviembre 2016.

Eladio Santaella Álvarez: “La acuicultura en Canarias: situación y perspectivas. Acuicultura de túnidos”.

Miércoles, 9 noviembre 2016.

Pablo Martín-Sosa: “La pesca artesanal y la conservación de la biodiversidad: avances en la gestión integrada de la pesca y el medio ambiente en el mar de Canarias”.

Jueves, 10 noviembre 2016.

Ramiro Martel: “El buceo en el Valle de La Orotava”.

Viernes, 11 noviembre 2016.

Francis Pérez: “Una vuelta al mundo bajo el agua”.

En este libro se han reunido los contenidos presentados en cada una de estas conferencias.

En la primera sesión, Inés Galindo Jiménez, geóloga, jefa de la Unidad Territorial del Instituto Geológico y Minero de España en Canarias nos mostró los resultados preliminares del primer estudio sistemático que se ha realizado en Canarias sobre patrimonio geológico submarino. En él se describen diecisiete lugares de interés geológico (LIG) submarinos, todos ellos localizados en el Geoparque Mundial UNESCO de Lanzarote y Archipiélago Chinijo. Para Galindo, este estudio supone un importante avance en cuanto a la descripción del patrimonio geológico submarino, puesto que constituye uno de los escasos lugares del mundo en los que se han descrito e inventariado LIG bajo el mar. En la preparación del artículo también participaron otros investigadores (Carmen Romero, Miguel Llorente, Juan C. Rubio, Juana Vegas, Nieves Sánchez y Gonzalo A. Díaz), integrantes del equipo investigador liderado por Galindo y que de este modo se suman a este libro homenaje a Telesforo Bravo.

En la segunda sesión, Eladio Santaella Álvarez, biólogo, vocal asesor del Instituto Español de Oceanografía nos ilustró sobre la acuicultura en Canarias, una actividad actualmente consolidada en todo el mundo, con una producción que ya supera a la de la pesca extractiva y que en Canarias podría contribuir a la diversificación de su economía, excesivamente centrada en el turismo. Santaella nos explicó que la presente paralización observada en las islas en la evolución de este sector podría resolverse con la solución de conflictos sectoriales (turismo vs pesca), una adecuación tecnológica asentada en bases científicas sólidas, la simplificación de la burocracia, el uso adecuado de fondos comunitarios, la comercialización

coordinada hacia mercados externos y la diversificación de la producción. En relación con este último apartado, Santaella sostuvo que las islas Canarias reúnen las condiciones apropiadas para implementar la acuicultura de tónidos, en particular de atún rojo, aplicando técnicas ya desarrolladas con éxito en el Mediterráneo español.

En la tercera sesión, Pablo Martín-Sosa Biólogo, investigador del Centro Oceanográfico de Canarias del Instituto Español de Oceanografía, dedicó su intervención a presentarnos su visión sobre la gestión de la pesca artesanal y la conservación de la biodiversidad en Canarias. En este sentido, aunque aún queda mucho trabajo por realizar, las políticas europeas para legislar en el ámbito marino están mejorando significativamente la planificación y gestión integral del medio marino, en las que participa el Instituto Español de Oceanografía (IEO). Desde 2003 el IEO está evaluando las Reservas Marinas de Canarias con el propósito de conocer el impacto que esta figura de protección y sus medidas restrictivas, están produciendo tanto en el medio como sobre el sector pesquero artesanal que faenaba en las zonas protegidas. Martín-Sosa nos explicó que desde 2009 se desarrollan proyectos (INDEMARES, Estrategias Marinas, INTEMARES), que tienen como objetivos prioritarios la protección y monitorización de la biodiversidad, pero sin abandonar el análisis de las actividades económicas artesanales, y la conciliación entre ambas.

Ramiro Martel, instructor de buceo intervino en la cuarta jornada y nos documentó sobre el buceo en el Valle de La Orotava, argumentando que se trata de una actividad en clara expansión y que correctamente gestionada puede favorecer enormemente el aprecio por el medio marino, puesto que en el buceo se disfruta, se conoce y se siente la naturaleza, por lo que sus practicantes se convierten en los primeros interesados en su defensa y su conservación. Nos mostró Canarias como un destino turístico que atrae cada año a miles de personas interesadas por el turismo activo, que incluye al buceo recreativo. Los paisajes submarinos canarios son particularmente espectaculares por la variada y caprichosa geología de las rocas volcánicas y por la variada biodiversidad que habita en ellos. En los fondos rocosos merecen la atención los imponentes bajones, los sorprendentes arcos y túneles, así como los variados veriles cubiertos por coloridas poblaciones de organismos. Martel nos presentó una breve reseña histórica de los orígenes del buceo en el Puerto de la Cruz, para luego mostrarnos un detallado recorrido por el conjunto de espectaculares inmersiones que se pueden realizar en diferentes puntos situados en el litoral del Valle de La Orotava.

En la quinta sesión, Francis Pérez, fotógrafo submarino nos invitó a dar una vuelta al mundo bajo el agua de la mano de una selección de impactantes imágenes obtenidas en diversos puntos del planeta. Tomando como punto de partida insólitas imágenes de fondos y de organismos

marinos obtenidas en las islas Canarias, el recorrido incluyó escalas en Sudáfrica y sus tiburones, el Mar Rojo egipcio y sus arrecifes de coral, e Indonesia con los caballitos de mar pigmeos de Raja Ampat en West Papua. El itinerario seleccionado por Francis Pérez nos trasladó después al Pacífico, a Palau, un lugar salpicado de islas con lagos llenos de medusas que no pican y con pecios de la Segunda Guerra Mundial, para continuar en las fascinantes islas Galápagos, para luego, ya en el Caribe bucear en los cenotes de Yucatán y admirar los peces vela en isla Mujeres, México.

El presente libro supone el inicio de una nueva etapa. Durante once años el ciclo de conferencias y la publicación de sus respectivas actas han contado con el patrocinio de la FUNDACIÓN MAPFRE GUANARTEME, cuya sensibilidad ha sido fundamental para llevar a cabo este proyecto de reconocimiento a Telesforo Bravo. El IEHC quiere dejar constancia de agradecimiento por este prolongado periodo de fructífera colaboración.

Para la nueva etapa iniciada con esta publicación contaremos con el patrocinio de la FUNDACIÓN DISA cuyos proyectos de carácter científico, divulgativo e investigación concuerdan ampliamente con objetivos de la Semana Científica Telesforo Bravo. Desde aquí expresamos nuestra sincera gratitud por la entusiasta receptibilidad mostrada desde la FUNDACIÓN DISA hacia esta iniciativa del IEHC.

Por último, destacar el primordial papel de todos los conferenciantes, que aceptaron la invitación para participar en la semana científica, y han preparado desinteresadamente los artículos que aparecen publicados en estas páginas. También queremos dejar constancia de que en la organización del ciclo de conferencias participaron Jaime Coello Bravo, Nicolás Rodríguez, Jerónimo de Francisco Navarro, Iris Barbuzano Delgado y el autor de estas líneas, y contó con la colaboración de la Fundación Telesforo Bravo–Juan Coello.

Como en ciclos anteriores nuevamente resultó patente el cariño con que cada año es acogido este ciclo con una masiva asistencia de público en cada jornada. El agradecimiento del IEHC a todos los asistentes. Este libro pretende mantener vivo el recuerdo y ser un homenaje de reconocimiento del IEHC hacia Telesforo Bravo.

Julio Afonso Carrillo
Vicepresidente de Asuntos Científicos del IEHC

ÍNDICE

Págs.

-
1. **Resultados preliminares del inventario de lugares de interés geológico submarinos del Geoparque Mundial UNESCO de Lanzarote y Archipiélago Chinijo,**
por INÉS GALINDO, CARMEN ROMERO, MIGUEL LLORENTE, JUAN C. RUBIO, JUANA VEGAS, NIEVES SÁNCHEZ Y GONZALO A. DÍAZ. 15 – 40
 2. **La acuicultura en Canarias: situación y perspectivas. La acuicultura de túnidos,**
por ELADIO SANTAELLA ÁLVAREZ 41 – 70
 3. **La pesca artesanal y la conservación de la biodiversidad: avances en la gestión integrada de la pesca y el medio ambiente en el mar de Canarias,**
por PABLO MARTÍN-SOSA 71 – 104
 4. **El buceo en el Valle de La Orotava,**
por RAMIRO MARTEL REYES 105 – 149
 5. **Una vuelta al mundo bajo el agua,**
por FRANCIS PÉREZ 151 – 197

1. Resultados preliminares del inventario de lugares de interés geológico submarinos del Geoparque Mundial UNESCO de Lanzarote y Archipiélago Chinijo

Inés Galindo^a, Carmen Romero^b, Miguel Llorente^c, Juan C. Rubio^d, Juana Vegas^e, Nieves Sánchez^a y Gonzalo A. Díaz^a

^a *Unidad Territorial de Canarias. Instituto Geológico y Minero de España. Alonso Alvarado 43. 35003, Las Palmas de Gran Canaria. i.galindo@igme.es; n.sanchez@igme.es; ga.diaz@igme.es*

^b *Departamento de Geografía. Universidad de La Laguna, 38207, La Laguna. Tenerife. mcromero@ull.edu.es*

^c *Unidad Territorial de Santiago de Compostela. Instituto Geológico y Minero de España. Cardenal Payá, 18, 1º. 157003, Santiago de Compostela (A Coruña) m.llorente@igme.es*

^d *Unidad Territorial de Granada. Instituto Geológico y Minero de España. Urb. Alcázar del Genil, 4-Edif. Zulema, Bajo. 18006, Granada jc.rubio@igme.es*

^e *Área de Patrimonio Geológico y Minero. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23. 28003, Madrid. j.vegas@igme.es*

El estudio del patrimonio geológico pone en valor los recursos paisajísticos y geológicos del territorio para una adecuada protección y transmisión del conocimiento a la sociedad, que cada vez más demanda un uso sostenible del medio. Este artículo supone una gran oportunidad para divulgar los resultados preliminares del primer estudio sistemático que se ha realizado en Canarias sobre patrimonio geológico submarino. Durante este trabajo se han descrito, hasta el momento, un total de 17 lugares de interés geológico (LIG) submarinos, de los cuales 9 son estructuras que constituyen una prolongación de la

geología de superficie por debajo del nivel del mar, y otros 8 corresponden a elementos no relacionados con ella. Todos ellos forman parte de la actualización que se está realizando del inventario de LIG del Geoparque Mundial UNESCO de Lanzarote y Archipiélago Chinijo. El estudio supone un gran avance a nivel mundial en cuanto a la descripción del patrimonio geológico submarino, al ser uno de los pocos lugares del mundo donde se han inventariado y descrito LIG bajo el mar. Su principal función es proporcionar una herramienta para promover su conocimiento y facilitar su puesta en valor y aprovechamiento de cara a su uso y gestión como recurso geológico sostenible, especialmente para el turismo geológico de buceo.

Introducción

El patrimonio geológico es una de las ramas de la geología que más recientemente ha atraído la atención de la comunidad científica en el ámbito de la geología. Este puede definirse como “*el conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente y d) el origen y evolución de la vida*” (Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y Biodiversidad). Para caracterizar el patrimonio geológico se utilizan los lugares de interés geológico o LIG que por su carácter único y/o representativo muestran una o varias características notables y significativas del patrimonio geológico de una región natural.

Las islas Canarias son islas volcánicas oceánicas intraplaca que, por su origen y localización cercana al continente africano, poseen un patrimonio natural singular. El patrimonio geológico del Archipiélago Canario es de tal importancia y riqueza que muchos ámbitos, afloramientos y elementos geológicos de las islas forman parte de inventarios de ámbito internacional, nacional, regional, insular o local. A escala global, Canarias cuenta con 10 LIG de relevancia internacional, definidos durante la ejecución del proyecto *Global Geosites*, desarrollado por la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS), con el patrocinio de la UNESCO y que fue ejecutado en España por el Instituto Geológico y Minero de España (<http://www.igme.es/patrimonio/GlobalGeosites.htm>). Este programa pretende, a través de la elaboración de un inventario informatizado, divulgar el conocimiento geológico entre la población y servir de base de cara a actuaciones de conservación, entre las que se incluyen su declaración como lugares

protegidos, en reconocimiento a sus altos valores geológicos (Carcavilla & Palacio, 2010). Los 10 LIG reconocidos están repartidos por todas las islas y se enmarcan dentro del contexto “Edificios y morfologías volcánicas de las Islas Canarias” (Barrera, 2009:

<http://www.igme.es/patrimonio/Listado%20Geosites%20enero2011.pdf>).

A escala insular, es en El Hierro y Lanzarote donde se ha apostado más por la utilización y aprovechamiento del patrimonio geológico como recurso económico. Este hecho ha sido reconocido por la creación de dos Geoparques Europeos, el Geoparque de El Hierro en 2014 (Serra *et al.*, 2015) y el Geoparque de Lanzarote y Archipiélago Chinijo en 2015 (Galindo *et al.*, 2015a, 2015b, 2015c), ambos reconocidos como geoparques Mundiales de la UNESCO en 2015. En La Gomera, el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales incluye 15 LIG (Coello & Castillo, 1998). Finalmente, en Fuerteventura existe un inventario de recursos vulcanológicos (Casillas & Torres, 2011).

Localmente hay algunas actuaciones como la Carta Inventario de LIG de Granadilla de Abona en Tenerife (Coello *et al.*, 2012), el Inventario de LIG de la costa de Arucas en Gran Canaria (Déniz-González, 2009), o el Inventario de LIG de la costa de Las Palmas de Gran Canaria (Déniz-González, 2011). En el documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico, desarrollado por el IGME (García-Cortés *et al.*, 2014), se han incluido en Canarias 33 LIG adicionales inventariados en un proyecto financiado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales denominado INDICAGEOPARC (<http://info.igme.es/ielig/>).

La mayoría de estos inventarios reconocen solamente los LIG que pueden observarse en superficie. Sin embargo, en el caso de los Geoparques, se empiezan a reconocer LIG submarinos. En este capítulo se presentan los resultados preliminares de la revisión del inventario de LIG submarinos del Geoparque Mundial UNESCO de Lanzarote y Archipiélago Chinijo. No obstante, como la evaluación de los LIG de una zona debe ir precedida por un mínimo conocimiento de la morfología y geología submarina, en primer lugar explicaremos cuáles son los métodos para el estudio de la geología submarina. Seguidamente, haremos una introducción a la geología submarina de Lanzarote y una descripción de los LIG submarinos estudiados hasta el momento, finalizando con un breve análisis sobre el aprovechamiento y gestión de este patrimonio.

Métodos de estudio de la geología submarina

A lo largo de la historia, la humanidad siempre ha sentido curiosidad por el medio marino realizando expediciones para conocerlos. Se podría decir que el nacimiento de la oceanografía moderna viene de la mano de la

expedición científica que realizó el buque HMS Challenger entre 1872 y 1876 cuya misión era recopilar datos del medio marino referentes a las corrientes, la vida marina, la temperatura, la química de las aguas y la geología de los fondos (Corfield, 2003). Desde entonces, la tecnología asociada al estudio de la geología submarina ha avanzado mucho resultando en un mejor conocimiento del medio marino.

La geología submarina se puede estudiar con métodos directos, que permiten obtener información a partir de la observación y análisis de los depósitos, y con métodos indirectos, que interpretan la geología en función de datos procedentes de estudios geodésicos, gravimétricos, sísmicos, magnéticos y acústicos (Fig. 1).

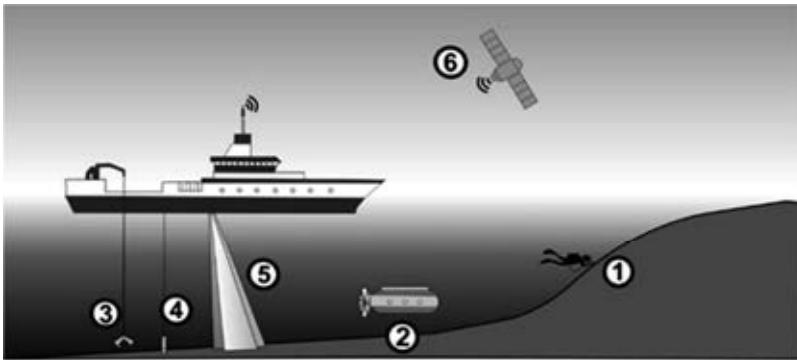


Fig. 1. Métodos de estudio de la geología submarina. Métodos directos: 1, Buceador; 2, Minisubmarino; 3, Draga; 4, Sacatestigo. Métodos indirectos: 5, Ecosondas Multihaz; 6, Navegación de precisión mediante GPS.

Métodos Directos

La técnica más sencilla consiste en el reconocimiento del terreno y toma de muestras, medidas, fotos, por parte de buceadores profesionales con conocimiento en geología. Otro recurso incorporado durante las últimas décadas en la investigación del medio submarino es el uso de submarinos robotizados que pueden acceder a zona mucho más profundas y tomar imágenes, muestras, etc. Los modelos más avanzados tienen capacidad para sumergirse hasta 6.000 m de profundidad.

El muestreo del fondo marino puede realizarse también desde barcos. En este caso, las muestras se pueden obtener a través de dragas, sacatestigos y rastras. Las dragas son empleadas para obtener la parte más superficial del substrato rocoso, aunque no conserva la secuencia estratigráfica porque mezcla los materiales. No obstante, ofrecen una primera visión de la constitución superficial de un determinado sector. Las rastras son arrastradas a baja velocidad por el fondo, durante un determinado tiempo, cubriendo un área mayor que las dragas. Los saca-

testigos permiten la extracción de muestras continuas de roca que conservan las estructuras y secuencias sedimentarias pudiendo obtener, dependiendo del instrumento, hasta 50 m de profundidad. En ocasiones también es necesaria la toma de muestras de agua para obtener índices de pH, salinidad, conductividad, contenido en nitratos, oxígeno, y otros elementos que pueden ser muy útiles para el estudio de aspectos hidrogeológicos, actividad volcánica o actividad biológica, por mencionar algunos.

Métodos indirectos

La tecnología más avanzada en prospección geológica submarina está basada en la combinación de Ecosondas Multihaz, sísmica de alta resolución y navegación de detalle mediante GPS en modo diferencial (Acosta, 2003, 2011). Las ecosondas multihaz proporcionan una precisión muy alta en la representación del relieve submarino, emitiendo centenares de haces sonoros cada segundo y, mediante un barrido en abanico, consiguen cubrir la totalidad del lecho marino. Por otro lado, la sísmica de alta resolución facilita información de los primeros cientos de metros del fondo marino, emitiendo sonidos de alta frecuencia que posibilita obtener un corte vertical que proporciona datos sobre el tipo de subsuelo marino (naturaleza, consolidación, disposición). Estas tecnologías, unidas al uso de sistemas de posición GPS, con correcciones diferenciales, permiten realizar mapas, vistas tridimensionales del fondo marino y representaciones en forma de cartografía batimétrica y modelos digitales del terreno (MDT), que resultan en un conocimiento de la morfología de las superficies sumergidas de alta precisión.

Geología de los flancos submarinos de Lanzarote

La geología de los fondos marinos de Lanzarote no es una completa desconocida, aunque sí hay que decir que los trabajos son escasos. Los primeros estudios trataban de explicar la estructura de la corteza bajo la isla (Banda *et al.*, 1981). Posteriormente, la obtención de batimetrías de los flancos submarinos de Lanzarote ha permitido el estudio de los grandes deslizamientos (Acosta, 2003; Acosta *et al.*, 2005; Cuñarro *et al.*, 2014). En 2005, se publicó el mapa geomorfológico de España y del margen continental a escala 1:1.000.000 (Martín Serrano, 2005). Más recientemente, la interpretación de la batimetría desde un punto de vista geológico y/o geomorfológico ha resultado en otro tipo de trabajos como el estudio de la prolongación del tubo volcánico de La Corona bajo el mar (Carracedo *et al.*, 2003), la cartografía geomorfológica de los flancos submarinos a escala 1:25.000, la cartografía de la continuación de las coladas volcánicas cuaternarias bajo el mar (Martín, 2014), o el descubrimiento de un volcán sumergido cerca de la costa de Famara (Martín *et al.*, 2015). También se ha llevado a cabo la identificación de conos y alineaciones volcánicas

submarinas con el fin de realizar un estudio de susceptibilidad volcánica del edificio insular (Galindo *et al.*, 2016). Finalmente, existe información geológica, aunque muy limitada, en la guía de inmersiones de la Reserva de la Biosfera (Boyra & Fernández, 2011).

Metodología para la realización del inventario de LIG submarinos

El estudio de los LIG submarinos ha pasado desapercibido hasta el momento. En este trabajo presentamos el primer estudio de patrimonio geológico submarino realizado en Canarias. Se trata de la identificación, inventario y caracterización de 17 LIG submarinos del Geoparque Mundial UNESCO de Lanzarote y Archipiélago Chinijo. Este trabajo se está realizando en el marco del Convenio Específico de Colaboración del Cabildo Insular de Lanzarote e IGME (2014-2017), en el que se está actualizando el inventario de LIG del Geoparque (Galindo *et al.*, 2015a).

En Lanzarote, se hizo un inventario de LIG submarinos en base a los datos disponibles de diversas zonas protegidas. Sin embargo, no existía ningún estudio previo de patrimonio geológico submarino, por lo que se ha empezado por hacer un inventario de reconocimiento avanzado (Carcavilla *et al.*, 2007). Es decir, se parte de la clasificación del medio geológico submarino para obtener los lugares más representativos de la diversidad geológica. La metodología llevada a cabo ha seguido, al igual que para los LIG en superficie, el documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG), elaborado por el IGME (García-Cortés *et al.*, 2014).

El primer paso para la realización del inventario consistió en la revisión de la bibliografía existente sobre la geología del medio litoral y submarino. Además se dedicó especial atención a la geología de la zona intermareal y se consultó con buceadores expertos de la zona. De esta forma se preseleccionaron lugares de posible interés geológico en función de la bibliografía, los datos geológicos observados en los sectores litorales emergidos y los valores biológicos y ecológicos, teniendo en cuenta las zonas de buceo que mayor interés despiertan.

La siguiente fase consistió en revisar todos estos posibles LIG. Así pues se llevaron a cabo dos campañas de 15 días de duración durante las cuáles geólogos y buceadores locales con gran experiencia realizaron inmersiones con el fin de inspeccionar las zonas preseleccionadas. De estas campañas, junto con la información de la geología superficial en algunos casos y el análisis de la representatividad e interés de cada uno de esos sectores, se obtuvo un nuevo listado. Posteriormente se llevó a cabo la caracterización de cada uno de los lugares visitados, incluyendo descripciones geomorfológicas y geológicas, fotografías, esquemas, toma

de muestras, medida de buzamientos y orientaciones y otros datos significativos.

Ya en gabinete se realizó la selección definitiva de LIG y su delimitación. Muchos de los lugares identificados incluyen en sus límites una parte superficial y otra submarina, ya que al estar asociadas al mismo proceso geológico se han tratado conjuntamente. En estos casos se ha optado por usar el término “litoral” en lugar de “submarino”. Este término se utiliza en su acepción geográfica, para referirnos a aquellos LIG que se encuentran en la zona de transición entre los sistemas terrestres y los marinos. Finalmente, se llevó a cabo la realización de las fichas del inventario que incluyen la denominación, localización (descriptiva y gráfico) y descripción de cada LIG, los parámetros justificativos de la elección del lugar, la caracterización del itinerario de acceso, fotos, referencias y un análisis sobre el valor de la calidad de cada uno de los sectores.

Lugares de interés geológico submarino del Geoparque de Lanzarote y Archipiélago Chinijo

Hasta el momento se han inventariado y estudiado diecisiete LIG submarinos: diez en Lanzarote, tres en La Graciosa, dos en Alegranza, uno en Montaña Clara y otro en el Roque del Este (Fig. 2, Tabla 1). La mayoría tienen un interés principal volcanológico, pero los hay también de tipo geomorfológico, sedimentológico e hidrogeológico. A continuación se describen brevemente las principales características de cada uno de los LIG inventariados hasta el momento en el Geoparque.

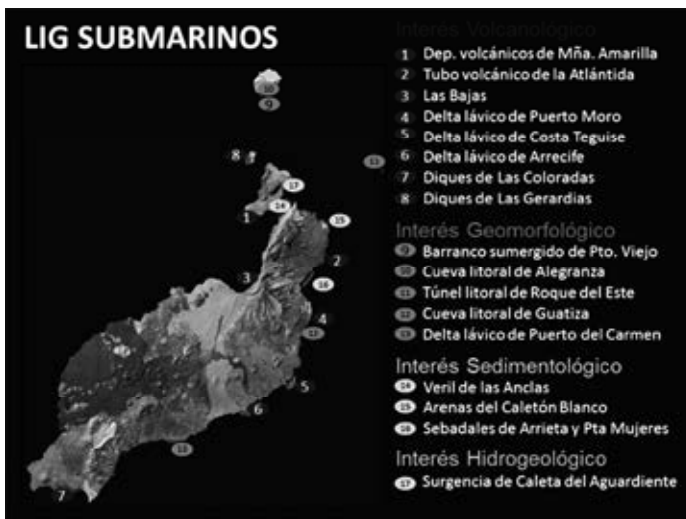


Fig. 2. Localización de los LIG indicando su interés principal.

Tabla 1. LIG submarinos incluidos en la revisión del inventario del Geoparque de Lanzarote y Archipiélago Chinijo.

| Nombre del LIG | Elemento Geológico | Interés principal | Localización |
|---|---------------------------|--------------------------|---------------------|
| Depósitos volcánicos de Montaña Amarilla | Depósitos hidromagmáticos | Volcanológico | La Graciosa |
| Tubo volcánico de la Atlántida | Tubo volcánico | Volcanológico | Lanzarote |
| Las Bajas | Cono sumergido | Volcanológico | Lanzarote |
| Delta lávico de Puerto Moro | Delta lávico | Volcanológico | Lanzarote |
| Delta lávico de Costa Teguisse | Delta lávico | Volcanológico | Lanzarote |
| Delta lávico de Arrecife | Delta lávico | Volcanológico | Lanzarote |
| Diques de Las Coloradas | Diques y playa fósil | Volcanológico | Lanzarote |
| Diques de Las Gerardias | Corales en diques | Volcanológico | Montaña Clara |
| Barranco sumergido de Puerto Viejo | Formas erosivas en lavas | Geomorfológico | Alegranza |
| Cueva litoral Alegranza | Cueva litoral | Geomorfológico | Alegranza |
| Túnel litoral Roque del Este | Túnel erosivo | Geomorfológico | Roque del Este |
| Cueva litoral de Guatiza | Cueva litoral | Geomorfológico | Lanzarote |
| Delta lávico de Pto. Del Carmen | Delta lávico | Geomorfológico | Lanzarote |
| Veril de las Anclas | Barra litoral | Sedimentológico | La Graciosa |
| Arenas del Caletón Blanco | Lavas cordadas y arenas | Sedimentológico | Lanzarote |
| Sebadales de Arrieta y Punta Mujeres | Arenas | Sedimentológico | Lanzarote |
| Surgencia de Caleta del Agua Ardiente | Surgencia intramareal | Hidrogeológico | La Graciosa |

Depósitos volcánicos de Montaña Amarilla

Montaña Amarilla es un volcán hidromagmático cuyos depósitos de intenso color amarillo son de espectacular belleza tanto dentro como fuera del agua (Figs 2 y 3). Esta zona presenta una gran geodiversidad, pudiendo observarse además de las estructuras típicas asociadas a los depósitos de génesis hidromagmática (slumps, lapillis acrecionales), un dique de alimentación, estructuras erosivas como los tafonis, arenas de playa que pasan de tener estructuras de corriente (ripples) bajo el agua y en la orilla a ser transportadas por el viento y formar una duna en superficie, coladas que llegaron al mar y se derramaron en condiciones subacuáticas formando lavas almohadilladas, una plataforma litoral, bloques desprendidos bajo el agua. Este LIG es de interés esencialmente volcanológico, ya que ayuda a entender el proceso de construcción de un volcán en condiciones de contacto agua-magma. La parte submarina ayuda a completar la secuencia volcanoestratigráfica que se aprecia en superficie.



Fig. 3. Estratificaciones cruzadas en depósitos hidromagmáticos de Montaña Amarilla.

Tubo volcánico de la Corona-Atlántida

Hace 25.000 años, cuando el nivel del mar estaba mucho más bajo que hoy en día, se produjo la erupción del volcán de La Corona. Durante esta erupción se emitieron gran cantidad de coladas de lava en las que se desarrolló un gran tubo volcánico de más de 9 kilómetros de longitud. Desde entonces, el nivel del mar ha ascendido y ha dejado bajo el agua una caverna submarina de 1,6 kilómetros de recorrido. En el sector emergido, está formado por un complejo de pasillos y galerías superpuestas con grandes bóvedas y pequeñas lagunas interiores. En superficie, el tubo se identifica por la sucesión encadenada de jameos (desplomes de la bóveda del tubo volcánico que facilitan accesos naturales al interior). Otra singularidad son las infraestructuras turísticas de Los Jameos y Cueva de los Verdes, diseñadas por César Manrique y Jesús Soto, que las hacen únicas a nivel mundial. Desde el extremo este de Los Jameos puede observarse el acceso a la parte sumergida del tubo (Figs 2 y 4). Se trata de un LIG de interés volcanológico y paleoclimático, pues todas las estructuras preservadas en su interior (cornisas, estafilitos, morfologías lávicas) sólo pudieron formarse en ambiente emergido. Su localización bajo el agua es prueba evidente del posterior ascenso del mar durante los últimos 25.000 años.



Fig. 4. Zona del tubo volcánico de La Corona que sirve de acceso a la zona sumergida (túnel de la Atlántida).

Las Bajas

Cerca de la Playa de Famara, se observa una zona de rompiente donde asoman algunos filos y aristas de roca (Figs 2 y 5), que tienen como topónimo *Las Bajas de Famara*. Estos farallones corresponden a la cima erosionada de un volcán que se formó en superficie cuando el nivel del mar estaba más bajo y que ha quedado sumergido durante el último interglaciar. Las rocas que se observan sobre la superficie están formadas por piroclastos basálticos y restos de los conductos de alimentación (chimeneas volcánicas) del volcán. El análisis de la batimetría muestra la morfología del cono y de las dos coladas de lava emitidas. Estas lavas presentan morfologías típicas de lavas superficiales como los levées laterales y otras líneas de flujo, como los arcos de presión. El lugar es peligroso para el buceo y las actividades recreativas en general debido a la presencia de fuertes corrientes generadas por las mareas y los vientos y por el batir y circundar del oleaje sobre las rocas. Se trata de un LIG de interés volcanológico y paleoclimático. Corresponde a una erupción de gran volumen que edificó un conjunto volcánico cuya superficie es similar a la que constituye el islote de Alegranza, y que es huella evidente de un nivel del mar mucho más bajo que el actual, conservando aún parte del edificio volcánico y de los flujos lávicos emitidos desde el mismo.



Fig. 5. Restos de la cima del volcán de Las Bajas. Al fondo el acantilado de Famara (izquierda) y la playa de Famara (derecha).

Delta lávico de Puerto Moro

En la costa de Charco del Palo y Puerto Moro las lavas basálticas procedentes de la erupción holocena de La Calderas de Guatiza forman un delta de lava progradante. Las lavas emplazadas en una fuerte pendiente (Figs 2 y 6) se apoyan, al menos en el sector norte sobre un campo de dunas del Pleistoceno Superior. Bajo el mar se pueden observar algunas zonas de hialoclastitas, fragmentos de la lava formados durante las explosiones que se producen al entrar la lava en contacto con el agua fría del mar. Algunas morfologías parecen estar asociadas a la presencia de lavas almohadilladas. Las zonas menos masivas han sido erosionadas dando lugar a morfologías muy variadas y a la formación de cuevas. El interés del LIG es evidentemente volcanológico, ya que no siempre se tiene la oportunidad de ver los cambios generados durante el emplazamiento de una colada al entrar en el mar y los rasgos que caracterizan su emplazamiento bajo el agua.

Delta lávico de Costa Teguisse

Bajo el mar de Costa Teguisse se esconde a unos 15-20 m de profundidad una gran colada de lava submarina que se pierde hacia los 45 m de profundidad. En ella se pueden identificar desde lavas almohadilladas en la base (Figs 2 y 7) a fases de hialoclastitas más someras. El veril muestra un trazado arqueado, con una longitud superior a los 3 km, que pone de manifiesto la planta en abanico del delta y el emplazamiento de las coladas en un sector de fuerte pendiente. En algunos puntos del frente del veril se pueden observar conos de derrubios de ladera submarina que yacen sobre la



Fig. 6. Lavas submarinas del delta lávico de Puerto Moro.

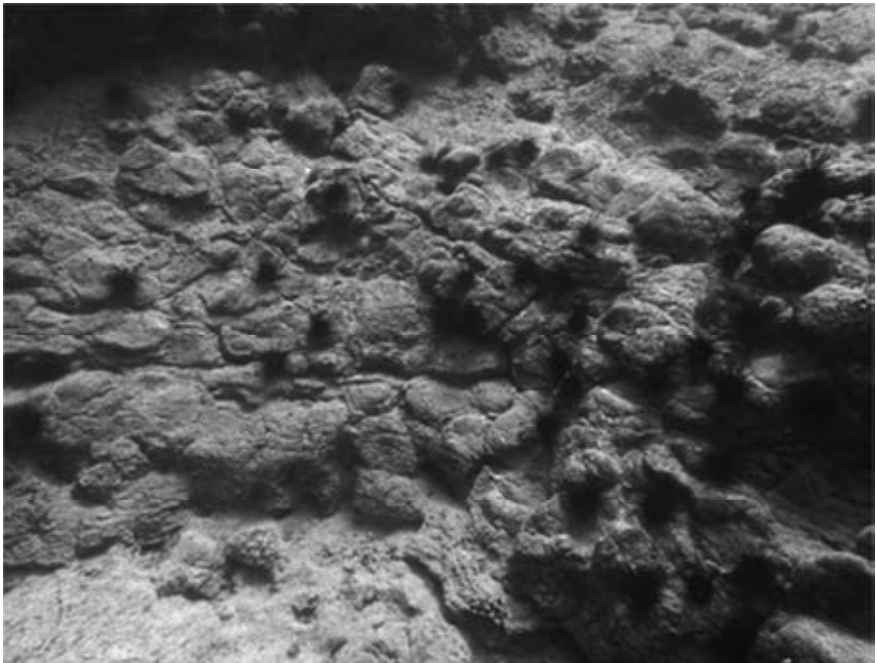


Fig. 7. Detalle de las lavas almohadilladas del delta lávico de Costa Teguisse.

planicie arenosa que se observa al final del frente rocoso. El interés de este sector es volcanológico, pues constituye un afloramiento de un delta ya parcialmente sometido a procesos erosivos, mucho más antiguo que el anterior, que son los que permiten ver la disposición estratigráfica de los elementos que configuran habitualmente los deltas sumergidos.

Delta lávico de la Marina de Arrecife

El litoral de Arrecife está compuesto por un delta lávico formado hace más de 700 mil años que puede seguirse parcialmente en superficie a lo largo de la costa de la ciudad. Sobre estas lavas se formó una playa, actualmente fósil, cuyos restos pueden observarse puntualmente en afloramientos discontinuos a lo largo de la costa, especialmente en la zona central de la playa actual de El Reducto (Figs 2 y 8), en los bloques utilizados para la construcción del puente de Las Bolas o en la base del Castillo de San Gabriel. La baja pendiente de la costa hace que la oscilación de la marea sea muy notable, quedando expuestas amplias superficies durante la bajamar. Actualmente, forma una plataforma marina poco profunda salpicada de charcos e islotes rocosos que resguardan la costa del oleaje y las corrientes oceánicas. Este abrigo natural propició la construcción del puerto de Arrecife. El interés de este LIG es volcanológico, ya que es un delta de gran



Fig. 8. Vista de la playa del Reducto en Arrecife durante la marea baja. En las zonas rocosas de la zona central de la playa actual pueden observarse restos de una playa fósil.

superficie y complejidad geológica, pero también estratigráfico y sedimentológico, evidenciando fases de erosión y de sedimentación posteriores a la formación de las coladas.

Diques de Las Coloradas

En la costa de Las Coloradas se observan, tanto en superficie como bajo el agua, los conductos por los que ascendió el magma (diques) a la superficie hace más de 10 millones de años. Estos diques atraviesan las rocas de una estructura volcánica muy antigua, denominada como Macizo de Los Ajaches, formada a lo largo del Mioceno. La erosión diferencial ha puesto en relieve una densa red de diques, que resaltan sobre el fondo arenoso y muestran el esqueleto de ese antiguo edificio (Figs 2 y 9). Este afloramiento es de interés principalmente volcanológico, debido a la excelente observación de los conductos magmáticos. El paisaje submarino que genera el contraste entre los diques oscuros que emergen del fondo y la superficie arenosa blanquecina es muy rico en matices.

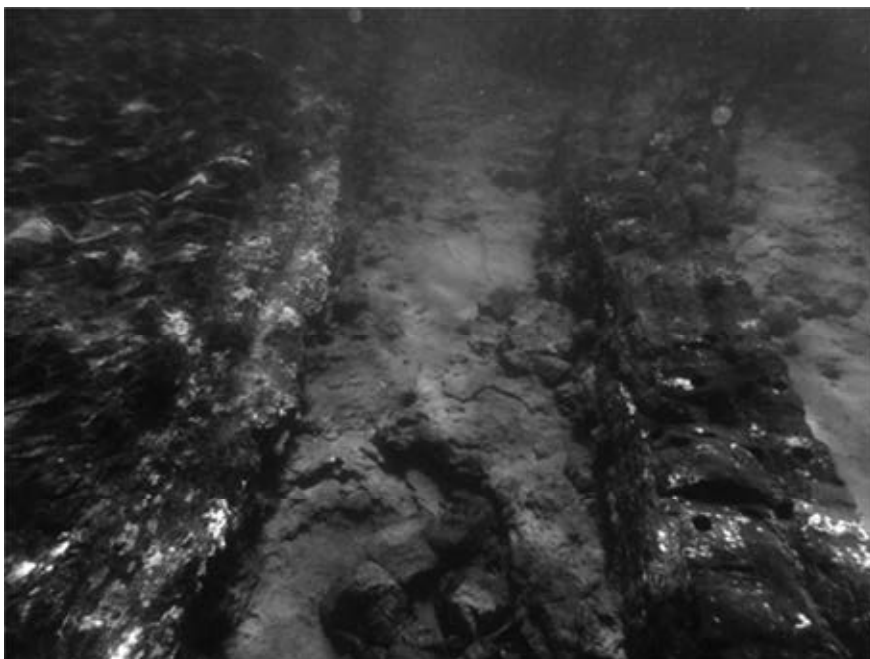


Fig. 9. Vista de los diques que atraviesan las rocas del Macizo de Los Ajaches bajo el agua.

Diques de Las Gerardias

Al suroeste del islote de Montaña Clara se encuentra un sistema de conductos volcánicos (diques) que forman paredes casi verticales de gran

desarrollo desde el fondo del mar. Bajo el agua, estas estructuras constituyen relieves invertidos, formados por la erosión de la roca volcánica (más blanda) que les rodea. La orientación de estas paredes con respecto al sol, genera zonas sombrías que, junto con la productividad de las aguas y la apertura a las corrientes dominantes, crean un hábitat ideal para alojar una comunidad de corales que normalmente se encuentran a mayor profundidad (Figs 2 y 10). Se localiza aquí la mayor densidad del antozoo *Gerardia savaglia* del mundo a menor profundidad de la habitual. Este espacio se encuentra incluido dentro de la Reserva Marina Isla Graciosa e islotes del norte de Lanzarote.



Fig. 10. En Las Gerardias los corales crecen en sentido perpendicular a los planos rocosos para maximizar el aprovechamiento de los flujos ascendentes y descendentes cargados de nutrientes.

Barranco sumergido de Puerto Viejo

En Puerto Viejo, en el flanco meridional sumergido de La Caldera de Alegranza, se observan las rocas formadas durante esta erupción hidromagmática, como laminaciones, bombas, huellas de impacto, etc. Sin embargo, lo más llamativo de este lugar es que todo el conjunto se encuentra surcado por lo que parece constituir una antigua red de barrancos, en la que se observan amplias marmitas de gigantes rellenas por clastos redondeados (Figs 2 y 11), muy semejantes a las que caracterizan al dorso

superficial de La Caldera. El interés principal es geomorfológico, debido a las formas erosivas asociadas a la circulación de aguas corrientes durante fases con niveles del mar más bajos que los actuales.

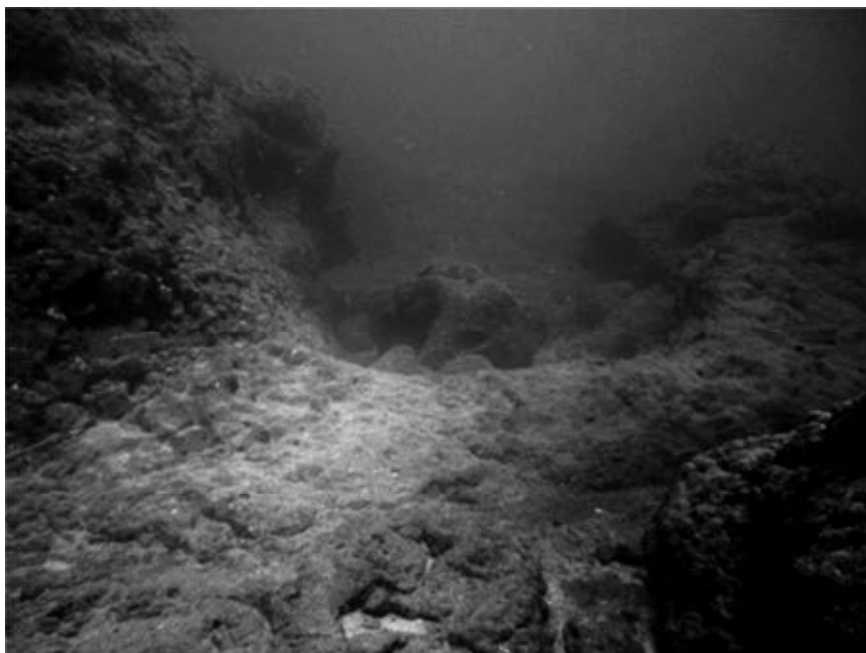


Fig. 11. Marmita de gigante rellena de clastos redondeados a lo largo de uno de los barrancos sumergidos del flanco sur de la Caldera de Alegranza.

Cueva litoral de Alegranza

Conocida como “Jameo de Alegranza”, esta cueva litoral, parcialmente inundada por el mar, tiene una longitud de más de 100 m, entre 4 y 14 m de ancho y unos 8 m de altura. Desde su entrada en la costa se divide en una zona cubierta, una zona abierta por el colapso del techo (Figs 2 y 12) y una caverna. Este LIG de interés geomorfológico es representativo de la formación de cuevas litorales por erosión preferencial del mar a favor de una fractura que, en este caso, corta los depósitos hidromagmáticos del flanco del volcán de La Caldera. Esta fractura es visible en el techo de la cueva en toda su longitud.

Túnel litoral del Roque del Este

El origen del túnel del Roque del Este (Figs 2 y 13) es similar al de la cueva de Alegranza con dos diferencias: en este caso en vez de una cueva es un túnel, tiene entrada y salida; y la erosión se produce preferentemente por erosión diferencial entre un dique basáltico y la roca hidromagmática



Fig. 12. Zona de la cueva litoral de Alegranza donde el techo ha colapsado.

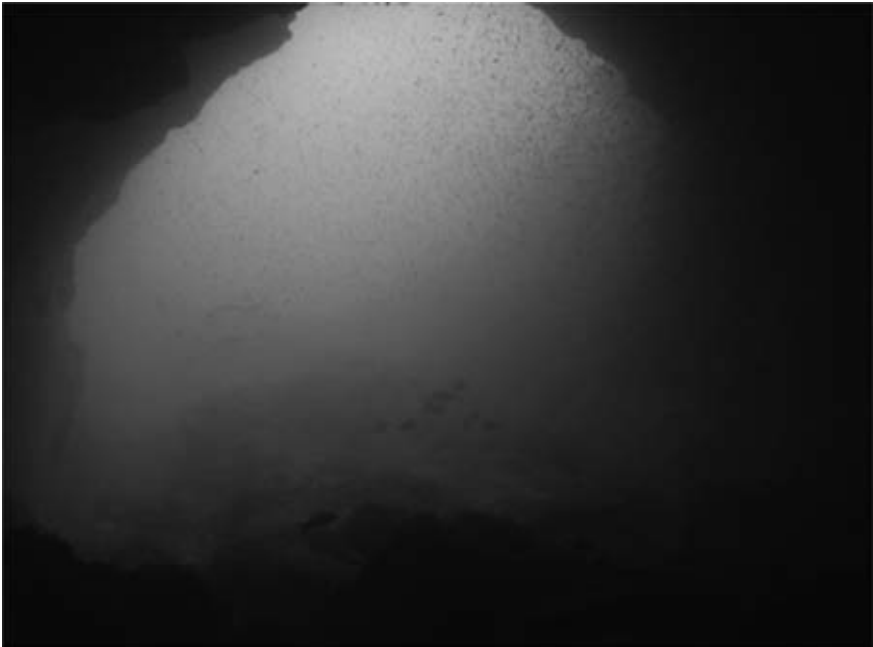


Fig. 13. Sección del túnel del Roque del Este.

blanda. En este túnel también se observan evidencias de erosión hídrica superficial como marmitas de gigante, pequeños cañones y cantos rodados de lecho erosivo. En el fondo de la cavidad hay bastantes bloques desprendidos del techo (con aristas marcadas, geometrías irregulares, prismáticas), que se mezclan con bloques rodados. El entorno es muy rico en fauna. El interés principal de este LIG es, como en el caso anterior, geomorfológico, siendo en este caso una morfología erosiva litoral que se ha excavado por erosión diferencial.

Cueva litoral de Guatiza

La Cueva de Guatiza (Figs 2 y 14), también conocida por los nombres de Cueva del Agua o Jameo de Guatiza, es una formación erosiva litoral desarrollada sobre las coladas de menos de 10.000 años de Guatiza. En superficie se puede observar una poza con agua de mar de planta circular, con un puente de roca que la separa del mar. Sin embargo, bajo este puente, la cueva está conectada con el mar por un tubo erosivo. El interés de este LIG es geomorfológico y representativo de una forma de erosión litoral propia de acantilados rocosos bajos labrados sobre coladas de lava basálticas, en la que parte del techo de la cueva ha colapsado por erosión del material inferior.



Fig. 14. Vista de la entrada al túnel del “Jameo de Guatiza”.

Delta lávico de Puerto del Carmen

La zona litoral de Puerto del Carmen está formada por una plataforma marina desarrollada sobre lavas. La erosión litoral modeló las lavas dando lugar a una gran diversidad de geoformas. Destacan las grandes cuevas submarinas como La Catedral, los tubos erosivos y los hongos (Figs 2 y 15). Estos últimos son aquí de gran belleza. Son abundantes las disyunciones columnares en la zona central de las lavas formando órganos o rosas. En el frente de las coladas se observan desprendimientos que afloran semienterrados en la arena. Claramente, el interés principal de este LIG es geomorfológico debido a la calidad de las morfologías y la posibilidad de observar todos los estadios de formación de los hongos, desde las primeras etapas de erosión de las coladas, hasta su separación de estas.



Fig. 15. Morfología litoral erosiva en forma de hongo en Puerto del Carmen.

Veril de las Anclas

El Veril de las Anclas es una estructura lineal sumergida que se extiende desde la costa oeste de Lanzarote hasta la costa este de La Graciosa. Este LIG tiene interés sedimentológico y está representado por una barra litoral sedimentaria formada por una calcarenita de grano grueso con laminaciones paralelas. El afloramiento rocoso se eleva unos cuatro metros respecto al fondo arenoso. La erosión que ha sufrido esta roca genera voladizos y una

gran diversidad de geoformas (Figs 2 y 16) y abrigos de roca que albergan una gran cantidad de fauna.



Fig. 16. Estructuras erosivas en las arenas de la barra del veril de Las Anclas.

Arenas del Caletón Blanco

La costa noreste de Lanzarote está cubierta por las lavas basálticas negras que en algunas zonas están cubiertas por barras de arenas blancas formadas principalmente por fragmentos de conchas. Las arenas son arrastradas por las corrientes oceánicas hacia la costa, desde donde son movilizadas tierra adentro por el viento. Paisajísticamente es un lugar muy llamativo, tanto desde el punto de vista del contraste de colores como de las texturas. En la playa del Caletón Blanco se ha formado una plataforma lávica en la que, durante la marea baja, se forman piscinas naturales de poca profundidad, muy adecuadas para la práctica de snorkel. Además, la zona submarina tiene gran riqueza biológica (Figs 2 y 17). El principal interés de este LIG es la sedimentología de las arenas, tanto en el mar como fuera del agua.

Sebadales de Arrieta y Punta Mujeres

Los sebadales deben su nombre a la presencia de praderas de seba (*Cymodocea nodosa*), una fanerógama marina perteneciente a la familia

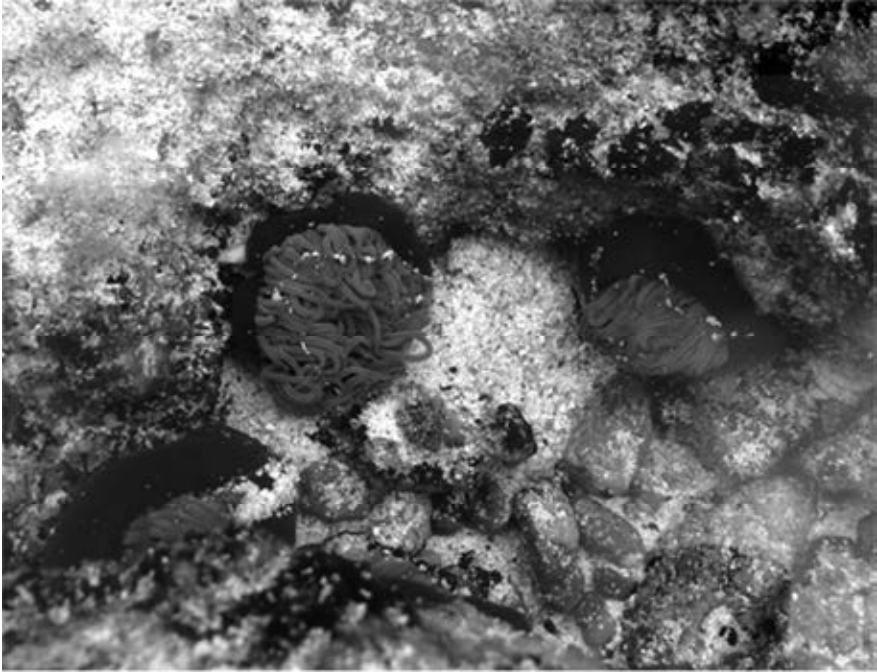


Fig. 17. Anémonas en la zona intermareal del Caletón Blanco.

Cymodoceaceae. El hábitat ideal para el desarrollo de los sebadales es un substrato formado por arenas que, en este caso, son arrastradas por las corrientes marinas hacia la costa y tienen tamaño grueso y origen bioclástico. En los fondos arenosos se pueden observar estructuras de corriente (ripples) y de bioturbación asociadas a la presencia de anélidos en el substrato (Figs. 2 y 18). El interés sedimentológico de este LIG es obvio ya se trata de una acumulación de arenas en aguas someras y tranquilas que constituyen el habitar de un ecosistema muy particular.

Surgencia de Caleta del Aguardiente

En La Graciosa se localiza el único LIG de interés hidrogeológico que se ha definido. A lo largo de la costa este se pueden observar en la zona intermareal algunas zonas del fondo marino que desprenden burbujas, pero es en la Caleta del Aguardiente donde este proceso es más fácilmente visible durante la bajamar (Figs 2 y 19). Las burbujas suelen concentrarse en zonas de grietas del sustrato, formado por una arenisca fracturada. En marea baja, en esta caleta son visibles varias surgencias de aguas salobres frías, que borbotean y generan fuentes artesianas dando la impresión de que el agua hierve, de ahí su topónimo.



Fig. 18. Montículos de bioturbación asociados a la presencia de anélidos en el seabed de Arrieta.



Fig. 19. Salida de agua salobre en la zona intermareal de Caleta del Aguardiente, La Graciosa.

Consideraciones finales

El concepto de patrimonio geológico es muy reciente, más aún en el ámbito submarino, donde la mayor parte de los lugares con valores patrimoniales destacados está todavía por descubrir e inventariar. En el Geoparque Mundial UNESCO de Lanzarote y archipiélago Chinijo se ha realizado por primera vez un estudio a nivel insular que relaciona la geología superficial con la submarina y se han llevado a cabo estudios de detalle de la geología submarina litoral. Los resultados preliminares del inventario resultante ponen de manifiesto la riqueza geológica de sus fondos submarinos y las evidentes huellas que ha dejado el cambio climático. Aunque los resultados de este primer trabajo son fundamentales para la comprensión y conservación del patrimonio geológico submarino del Geoparque, constituyen tan solo una primera aproximación a las grandes cualidades geológicas de los territorios escondidos bajo el mar. En estos momentos, aún se continúa con el trabajo de catalogación e inventario de los lugares sumergidos de la isla de Lanzarote. Tras la finalización del trabajo no sólo se habrá obtenido un catálogo de los procesos, formas y afloramientos existentes bajo el agua, sino también un mejor conocimiento científico del entorno submarino que rodea la isla de Lanzarote. Aun así, será necesario continuar con el estudio de este entorno submarino del que todavía queda mucho que descubrir y aprender.

Con la información disponible ya se puede pensar en la explotación sostenible de este recurso geológico. Los LIG litorales son, en muchas ocasiones, fácilmente accesibles y utilizados como recurso turístico, aunque normalmente éste se centra en la observación de la fauna y la flora. Incluir la geología complementaría el resto de información enriqueciendo la experiencia del submarinista. Hay que tener en cuenta que, según las estadísticas de la DEMA (Diving Equipment and Marketing Association), los buceadores son normalmente varones, de unos 30 años de edad media, con un alto poder adquisitivo, vivienda propia y estudios superiores (<http://www.dema.org/>). Además, en 2013, la Asociación PADI (Asociación Profesional de Instructores de Buceo) contaba con más de 22 millones de buceadores acreditados y un crecimiento sostenido próximo a un millón de nuevas certificaciones al año (<https://www.padi.com/>) por lo que estaríamos contando con unos 25 millones de posibles clientes.

En el caso de Lanzarote, las últimas estadísticas publicadas por el Cabildo Insular sobre buceo (<http://www.datosdelanzarote.com>) indican que esta es la isla con más centros de buceo de Canarias, concentrando el 30% de los existentes en el archipiélago. El turismo de buceo supuso el 5% del total de turistas que visitaron la isla en el año 2014, con 117.643 usuarios. Estos turistas valoran las actividades de buceo con una puntuación de 8 en una escala de 10, siendo su estancia media en la isla más alta que la

del resto de turistas. Además, el gasto medio fue algo más elevado que la de los visitantes que no practicaron esta actividad deportiva.

Con una clientela de estas características, se podría desarrollar una oferta turística centrada en el patrimonio geológico submarino, contribuyendo así a la diversificación del turismo de sol y playa que predomina todavía en Lanzarote. Además, la interrelación entre el contexto geológico de superficie, el patrimonio geológico submarino, los ecosistemas asociados y su posible evolución, que han pasado desapercibidos en el buceo recreativo, supondría una experiencia mucho más completa para el buceador. En todo caso, el desarrollo del geoturismo submarino debe realizarse de forma sostenible, mediante la puesta en valor de la geología y una gestión que promueva su geoconservación. De esta forma, estaríamos creando un recurso geoturístico que podría ayudar a mantener el equilibrio de los ecosistemas marinos, mediante su puesta en valor y gestión sostenible.

Agradecimientos

El estudio de los LIG submarinos del Geoparque Mundial UNESCO de Lanzarote y Archipiélago Chinijo ha sido realizado en el marco de un Convenio Específico entre el Cabildo Insular de Lanzarote y el Instituto Geológico y Minero de España. Uno de los autores, G.A. Díaz, disfruta de una ayuda del MINECO para la contratación por el Sistema Nacional de Garantía Juvenil que está cofinanciada por parte del FSE y de la IEJ (PEJ-2014-p-00980). Los autores agradecen al Instituto Hidrográfico de la Marina y al Repositorio de Datos Marinos de Canarias (REDMIC) la cesión de las batimetrías para este trabajo. Nos gustaría igualmente destacar la colaboración de Elena Mateo y Clara Bonilla, personal del Geoparque, y de Jaime Arranz y Orlando Hernández de la Casa de los Volcanes. Agradecemos especialmente el trabajo de los buzos, Íñigo Labarga, Rafa Mesa y Hugo Pérez, que han aportado su conocimiento de la zona y la logística de las inmersiones.

Bibliografía

- ACOSTA, J. (2003). Cartografía Submarina. El Programa Estudio Hidrográfico y Oceanográfico de la Zona Económica Exclusiva Española.
- ACOSTA, J., E. UCHUPI, A. MUÑOZ, P. HERRANZ, C. PALOMO, M. BALLESTEROS & ZEE WORKING GROUP. (2005). Geologic evolution of the Canarian Islands of Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria and La Gomera and comparison of landslide at these islands with those at Tenerife, La Palma and El Hierro. *Marine Geophysical Researche* 24: 1-40.
- ACOSTA, J. (2011). Cómo es el fondo marino y su geología en el margen SE español: mapa topobatimétrico en relieve del margen continental del sureste español. Instituto Español de Oceanografía. 26 pp.

- BANDA, E., J.J. DAÑOBEITIA, E. SURIÑACH & J. ANSORGE (1981). Features of crustal structure under the Canary Islands. *Earth Planet Science Letters* 55: 11-24.
- BARRERA, J.L. (2009). Volcanic edifices and morphologies of the Canary Islands. In: García-Cortés, A., J. Águeda Villar, J. Palacio Suárez-Valgrande & C.I. Salvador González (Eds.), *Spanish geological frameworks and geosites. An approach to Spanish geological heritage of international relevance*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid: 146-156. (la versión CD-Rom incluye un listado de geosites a febrero de 2011)
- BOYRA, A. & C. FERNÁNDEZ-GIL (2011). *Lanzarote ideal. Guía de inmersiones. Oceanográfica*. Las Palmas de Gran Canaria.
- CARCAVILLA, L. & J. PALACIO (2010). *Geosites: aportación española al patrimonio geológico mundial*. Instituto Geológico y Minero de España. 231 pp. Madrid.
- CARCAVILLA, L., J. LÓPEZ MARTÍNEZ & J.J. DURÁN (2007). Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. *Serie Cuadernos del Museo Geominero 7*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. 360 pp.
- CARRACEDO, J.C., B. SINGER, B. JICHA, H. GUILLOU, E.R. BADIOLA, J. MECO & A. LÁINEZ (2003). La erupción y el tubo volcánico del Volcán Corona (Lanzarote, Islas Canarias). *Estudios Geológicos* 59 (5-6): 277-302.
- CASILLAS, R. & J.M. TORRES (2011). *Inventario de recursos vulcanológicos de Fuerteventura*. Cabildo de Fuerteventura: 155 pp.
- CORFIELD, R.M. (2003). *The Silent Landscape: the Scientific Voyage of HMS Challenger*. Joseph Henry Press. ISBN 0-309-08904-2
- DE WEVER P., Y. LE NECHET & A. CORNEE (2006). Vade-mecum pour l'inventaire du patrimoine géologique national. *Mém. H.S. Société géologique de France* 12 - 162 pp.
- ELLIS, N.V., D.Q. BOWEN, S. CAMPBELL, J.L. KNILL, A.P. MCKIRDY, C.D. PROSSER, M.A. VINCENT & R.C.L. WILSON (1996). *An Introduction to the Geological Conservation Review*. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- FASSOULAS, C., A. TRICHAS & E. AVRAMAKIS (2008). *The geological heritage of Psiloritis*. Psiloritis Natural Park, Akomm - Psiloritis Development S.A. OTA, Anogia, 155 pp.
- FURZE, M.F.A. & M.J. ROBERTS (2004). *Assessing the Conservation Value of Geological Sites in the Marine Environment: Numerical Assessment of Candidate Sites*. Prepared for the Joint Nature Conservation Committee by the Centre for Applied Oceanography, School of Ocean Sciences, University of Wales, Bangor. Contract Number: F90-01-665.
- GALINDO, I., C. ROMERO, N. SANCHEZ & J. VEGAS (2015a). *Realización de estudios científico-técnicos sobre el aprovechamiento de los recursos volcánicos de Lanzarote*. Instituto Geológico y Minero de España. Cabildo de Lanzarote. Informe Técnico, inédito, 256 pp.

- GALINDO, I., C. ROMERO, N. SÁNCHEZ, J. VEGAS, C. GUILLÉN & E. MATEO (2015b). Sol, playa y mucha geología. Lanzarote y Archipiélago Chinijo declarados geoparque. *Tierra y tecnología* 46: 42-48. ISSN 1131-5016.
- GALINDO, I., C. ROMERO, J. VEGAS, N. SÁNCHEZ & E. MATEOS (2015c). Lanzarote and Chinijo Islands Geopark: a geoheritage made of fire, sands and sea. 2nd VOLCANDPARK Conference, Lanzarote, Canary Islands (Spain), 16-20 de Noviembre de 2015. VOLCANDPARK2 abstracts book, 45-46.
- GALINDO, I., C. ROMERO, N. SÁNCHEZ & J.M. MORALES (2016). Quantitative volcanic susceptibility analysis of Lanzarote and Chinijo Islands based on kernel density estimation via a linear diffusion process. *Scientific Reports* 6:27381. DOI: 10.1038/srep27381
- GARCÍA-CORTÉS, A. L. CARCAVILLA, E. DÍAZ-MARTÍNEZ & J. VEGAS (2014). Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). Instituto Geológico y Minero de España. Versión 16. 72 pp. Disponible en: <http://www.igme.es/patrimonio>
- MARTÍN SERRANO, A. (2005). Mapa Geomorfológico de España y del Margen Continental a escala 1:1.000.000. Madrid: IGME, 232 pp.
- MARTÍN, C. (2014). Estudio geomorfológico y geológico de los flancos submarinos de Lanzarote. Trabajo fin de título. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 346 pp.
- MARTÍN, C., M. MARTÍN, I. GALINDO, C. ROMERO & M. LLORENTE (2015). Geological and geomorphological analysis of Las Bajas undersea volcano (Lanzarote, Canary Islands). 2nd VOLCANDPARK Conference, Lanzarote, Canary Islands (Spain), 16-20 de Noviembre de 2015. VOLCANDPARK2 abstracts book, 26-27.
- SERRA, J.P., V. MONTERO & J.J.M. ALEJANDRO (2015). El Hierro se convierte en el primer geoparque de las Islas Canarias. *De Re Metallica: revista de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero* 24: 19-24.

2. La acuicultura en Canarias: situación y perspectivas. La acuicultura de túnidos

Eladio Santaella Álvarez

*Doctor en Ciencias Biológicas,
Oceanógrafo (jubilado),
Instituto Español de Oceanografía.*

La acuicultura, entendida como la producción controlada de especies acuícolas, se encuentra en la actualidad ampliamente consolidada en todo el mundo con una producción que supera a la de la pesca extractiva. Su papel futuro será satisfacer los incrementos de demanda de estas especies ante el estancamiento de la pesca y el marisqueo. Esta situación se repite en Canarias, donde, además, la acuicultura podría tener un papel significativo en la diversificación de su economía, excesivamente centrada en el turismo. Actualmente se ha producido una paralización en la evolución de este sector en las islas por lo que es necesario adoptar medidas que den lugar a incrementos significativos de la producción. Entre ellas estarían la solución de conflictos sectoriales (turismo, pesca), adecuación tecnológica sobre bases científicas sólidas, eliminación de trabas burocráticas, uso adecuado de fondos comunitarios, comercialización coordinada hacia mercados externos y diversificación de la producción. En relación con este último apartado se propone la implementación de la acuicultura de túnidos, en concreto de atún rojo, mediante las técnicas desarrolladas en el Mediterráneo español. Para el abastecimiento de huevos fecundados viables se actuaría en coordinación con el Centro del Instituto Español de Oceanografía de Mazarrón (Murcia).

Introducción

La acuicultura, como una actividad destinada a abastecer las necesidades alimenticias de la humanidad, en lo que se refiere a productos con altos contenidos en proteínas de alta calidad, tiene una antigüedad de milenios, si bien no adquiere una relevancia económica significativa hasta que la evolución de la pesca tradicional, en los años que siguieron a la segunda guerra mundial, no alcanza una situación de claro estancamiento como resultado de las siguientes dos situaciones que actualmente se consideran irreversibles:

- a. La evolución de la tecnología, que contribuyó a incrementar enormemente el esfuerzo pesquero.
- b. Tras la implantación del Convención sobre el Derecho del Mar, a partir de 1982, se produce la exigencia de los países ribereños a explotar en exclusiva los recursos vivos de sus costas.

Como consecuencia de ello se produce un desabastecimiento creciente de los mercados, especialmente de las sociedades más ricas, agudizado por el crecimiento demográfico general y por la evolución de las costumbres alimenticias hacia dietas más sanas con el conocido auge de la "dieta mediterránea", y por el probado efecto positivo del consumo de pescado en la prevención de las enfermedades cardiovasculares.

La irreversibilidad de esta situación y, como consecuencia, el auge futuro de la acuicultura, que en un pasado reciente no parecía estar asumida por una mayoría de los representantes políticos de estados con intereses pesqueros, parece que empieza a ser de general aceptación. En este sentido cabe interpretar lo manifestado por la Comisión de la Unión Europea (UE) en su página web sobre 'asuntos marítimos y pesca' en la que afirma que "la UE hace todo lo posible por garantizar que la pesca sea sostenible (tanto económica como ambientalmente), sin olvidar los intereses de los consumidores y las necesidades de los pescadores. Estos son justamente los objetivos de la reforma de la política pesquera común que entró en vigor en enero de 2014: garantizar el sustento de los pescadores y acabar con la sobrepesca y el consiguiente agotamiento de las poblaciones."

Para delimitar el concepto de acuicultura en relación con otras actividades de explotación de recursos vivos del medio acuático hay que recurrir a la conocida definición adoptada por la FAO a efectos del tratamiento de datos estadísticos. Para esta organización la acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. La actividad de cultivo implica la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la producción, en operaciones como la siembra, la alimentación, la protección de los depredadores y otras. La actividad de cultivo también presupone que los individuos o asociaciones que la ejercen son propietarios de la población bajo cultivo. A

esta definición habría que añadir que el titular de la explotación debe disponer de un título de uso en exclusiva, para este fin, del espacio en que se ubica la población en cultivo, ya sea un área “territorial”, si ocupa una zona emergida o la franja marítimo-terrestre o un área “marítima” si se localiza por fuera de la línea de bajamar escorada. En contraposición, se considerarán datos estadísticos provenientes de actividades extractivas (pesca o marisqueo) aquellos en los que los organismos acuáticos, en su condición de bien común, pueden ser capturados por cualquiera con o sin una preceptiva licencia o permiso de explotación.

Breve historia de la acuicultura

Formas de acuicultura debieron acompañar al género humano durante el proceso de implantación inicial de la agricultura y la ganadería. Sin embargo, según distintas fuentes, las primeras referencias documentadas se localizan en China, hace unos 5500 años, a las que siguen otras en Egipto, Babilonia, Grecia, Roma y otras culturas euroasiáticas.

En historiadores griegos y romanos existen numerosas referencias al cultivo de ostras y también sobre piscicultura. A este respecto cabe señalar la siguiente observación de Séneca sobre esta actividad, de la que no se manifiesta muy partidario: "la invención de nuestros estanques de peces, esos recintos diseñados para proteger la glotonería de las gentes del riesgo de enfrentarse a las tormentas".

En lo que respecta a España, probablemente las primeras iniciativas clasificables en esta actividad sean anteriores a la época romana y derivadas de actividades salineras en la región suratlántica. Durante la dominación de Roma, en la que la industria de la salazón fue muy importante en esta zona, el auge en la producción de peces en esteros debió acompañar al incremento de la producción de sal. Por otro lado, existen estructuras de esta época, como los “Baños de la Reina” de Calpe (Alicante) y otros similares en la costa mediterránea, en forma de tanques excavados en las rocas del litoral en los que se mantenía el pescado vivo hasta su utilización posterior (Ortolá, 2007).

Como tal, la acuicultura industrial de peces marinos en España no comienza hasta los años 40 del pasado siglo con la implantación de la empresa «Piscicultura del Atlántico», en el litoral de Huelva. A partir de los años 70 se da un paso importante en el desarrollo del sector con la creación de los criaderos industriales de las empresas Finisterre-Mar y Marcultura, en Galicia y Tina Menor en Cantabria (FAME, 2000).

En cuanto al cultivo de moluscos, Graells (1864) hace referencia a múltiples lugares del litoral español en los que existen bancos de ostras naturales “que sólo exigen sembrarse para que en breve tiempo se formen

vivares muy fructíferos, si se les sabe dirigir y explotar”. Estos bancos los sitúa en el País Vasco, Cantabria, Galicia y en los esteros de Andalucía. Los inicios en la producción de mejillón se localizan (FAME, 2000) en el puerto de Barcelona a partir de 1909 en el que se introduce el cultivo suspendido en cuerdas. En Galicia se realizan las primeras experiencias en 1928 y en Valencia tiene lugar el fondeo de una batea de mejillón en 1931. La mitilicultura gallega, con las características que ahora conocemos, se inicia en 1945 dando lugar al espectacular desarrollo que sitúa a España a la cabeza de la producción mundial de esta especie (Pérez Camacho, 2007).

Conceptos técnicos

Para evitar una excesiva complejidad en la exposición y atendiendo a las características del sector en Canarias, hay que hacer referencia principalmente a la acuicultura de peces marinos.

En primer lugar, cabe hacer una clasificación resumida de los tipos de acuicultura marina existentes. Atendiendo a la definición de acuicultura planteada anteriormente, el grado de intervención humana en los ciclos vitales de las especies cultivadas determinará, al igual que en la ganadería terrestre, los distintos niveles de “intensividad” del sistema. En general, estos niveles deberían medirse por la cantidad de energía, en cualquiera de sus formas, aportadas al mismo si bien, cuando se quiere simplificar en el caso de la acuicultura de peces, la intensividad es proporcional al porcentaje de alimentación aportada artificialmente. En grado creciente de esta intervención humana cabe hablar de **acuicultura extensiva**, **semiintensiva**, **intensiva** y, recientemente, la acuicultura **superintensiva**, en la que se controla no sólo la alimentación sino todos los parámetros que intervienen en el proceso. En este último caso se encontrarían los sistemas con ‘circuito cerrado de agua’ que se están promocionando para disminuir el impacto sobre el medio ambiente.

En la actualidad y, previsiblemente durante un largo futuro, se recurre a la captura de ejemplares silvestres para su posterior cultivo hasta talla comercial. Esto ocurre tanto en sectores consolidados, caso del mejillón gallego y, como veremos más adelante, en el ‘engrasamiento de atún’. En ambos casos hablaríamos de un **semicultivo**. En cualquier caso, la tendencia más generalizada es la de controlar todas las fases del ciclo vital de las especies según técnicas de acuicultura de **ciclo completo**.

La clasificación de la acuicultura en función de las características del medio en **marina**, de **aguas salobres** y de **aguas continentales** (dulces) se realiza principalmente para fines estadísticos. A este respecto hay que tener en cuenta que por aguas salobres se entiende la que no mantiene invariable (entre márgenes estrictos) su salinidad, como la acuicultura en esteros, en deltas, en marismas, etc.

Tabla 1. Clasificación de los diferentes tipos de acuicultura (Destacadas en negrita las modalidades de mayor interés para Canarias).

TIPOS DE ACUICULTURA DE INTERÉS PARA CANARIAS

CLASIFICACIÓN

GRADO DE INTERVENCIÓN:

Intensiva

Semiintensiva

Extensiva

CICLO VITAL:

Ciclo completo

Semicultivo

MEDIO ACUÁTICO:

Marina

Salobre

Continental (agua dulce)

UBICACIÓN:

En tierra:

Esteros

Estanques (canales, cilíndricos)

Silos

Intermareales:

Parques

Pochones

En mar:

Bateas flotantes/fijas

Long lines

Jaulas/plataformas

En cuanto a la ubicación de las estructuras, se tiende a ocupar cualquier área cuyas características se adecuen a la biología de las especies y permita mayores índices de rentabilidad. No obstante, existe, en la acuicultura de peces, una clara tendencia a pasar de las instalaciones en tierra (mantenidas actualmente para el caso del rodaballo) a estructuras flotantes en forma de jaulas de distintos diseños.

Las dificultades técnicas de la acuicultura marina de peces, comparada con la de aguas continentales, se deriva del tamaño de las presas y de la composición del alimento de su periodo larvario inicial. Esta circunstancia obliga a un proceso largo y sofisticado equivalente a la complejidad del desarrollo larvario de estas especies (Fig. 1). En general el cultivo larvario de la práctica totalidad de las especies marinas de interés, desarrollado en instalaciones denominadas usualmente “hatcheries” o criaderos, consta de las siguientes fases:

- **Obtención de huevos** flotantes por rebosamiento de los tanques de estabulación de unos reproductores que pudieron ser inducidos a la puesta mediante inyecciones de hormonas, si bien se tiende a lograr puestas naturales espontáneas.
- **Cultivo larvario** en estanques, en general, cilíndricos de volúmenes que en los últimos años se han hecho progresivamente mayores, en los que puede utilizarse fitoplancton como medio de cultivo al objeto de disminuir impactos lumínicos externos y para

mantener la alimentación viva en buen estado nutricional. La alimentación viva más utilizada la constituye el rotífero y los nauplios de artemia (FAO, 2017).

- **Adaptación a la comida** inerte mediante alimentación troceada o pienso compuesto.

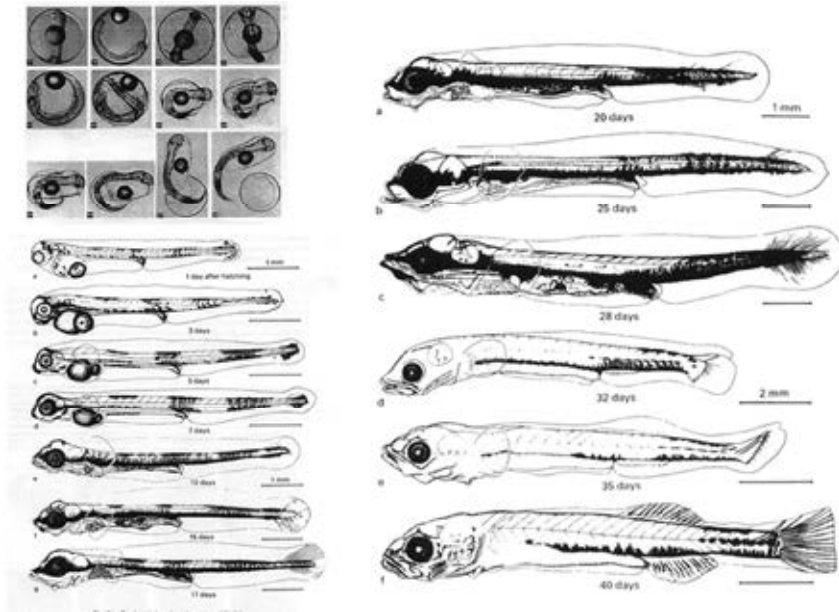


Fig. 1. Complejidad del desarrollo larvario de la lubina como ejemplo de la gran mayoría de especies marinas. La obtención de las formas juveniles necesarias para abordar el cultivo industrial de estas especies requiere de instalaciones tecnológicamente sofisticadas denominadas criaderos o hatcheries. La imagen muestra el desarrollo de huevo y larvas hasta post-metamorfosis de lubina (Según Barnabé, 1991).

Las formas juveniles de las distintas especies obtenidas en el criadero serán llevadas hasta la talla comercial en un proceso que concluye en la **fase de engorde**. Para Canarias, el tipo de instalaciones más adecuado para esta fase final son las **jaulas flotantes** localizadas en mar abierto (Fig. 2). Su tamaño (hasta 120 m de diámetro) dependerá de la especie objetivo.

Situación de la acuicultura mundial, europea y española

A escala mundial, el papel de la acuicultura, como abastecedor principal de un mercado global de productos pesqueros en una situación de creciente déficit, parece confirmarse a la vista de la evolución de su



Fig. 2. Fase de engorde en acuicultura: jaulas flotantes. Las jaulas de la figura, localizadas en Melenara (Gran Canaria), son las más idóneas para el desarrollo de la acuicultura canaria.

producción comparada con la pesca extractiva. Según APROMAR (2016) las capturas mundiales de la pesca extractiva se han estabilizado en los últimos 20 años en torno a los 90 millones de toneladas anuales. En 2014, el total de capturas ascendió a 94,6 millones de toneladas. La estabilización de la pesca en unos niveles prácticamente imposibles de superar produce el despegue definitivo de la acuicultura, alcanzándose 101,1 millones de toneladas en 2014, y superando a la producción de la pesca en 6,5 millones de toneladas (Fig. 3). A la vista de esta gráfica, se confirman las previsiones de los científicos de mediados del pasado siglo acerca de que la capacidad máxima de producción de los océanos se situaría en torno a los 100 millones de toneladas; una aproximación asintótica de la evolución de la producción pesquera a esta cifra se hace más marcada a partir del final de la década de los años ochenta.

La evolución de la acuicultura en el ámbito europeo (Fig. 4) no ha sido tan positiva. No obstante, es una importante fuente de productos acuáticos en la UE; en 2014 la Unión produjo casi 1,3 millones de toneladas de productos de acuicultura. Este dato supone un aumento del 4,9% respecto de lo puesto en el mercado en 2013, aunque sigue estando por debajo del máximo de producción que tuvo lugar en 1999, cuando superó los 1,4 millones de toneladas. Por otra parte, la acuicultura representa el 18,8% del volumen de la producción acuática total (acuicultura y pesca) de la UE. La producción total de productos acuáticos (acuicultura y pesca) en 2014 fue de 6,8 millones de toneladas, inferior al máximo de 10,6 millones de

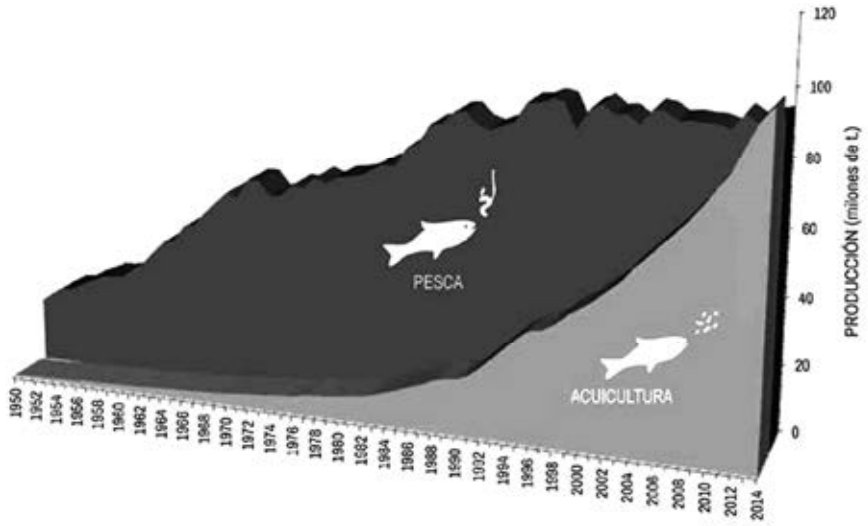


Fig. 3. Evolución de la producción de acuicultura y pesca mundial en el periodo 1950-2014. La producción mundial de acuicultura superó en 2014 a la de la pesca en 6,5 millones de toneladas.

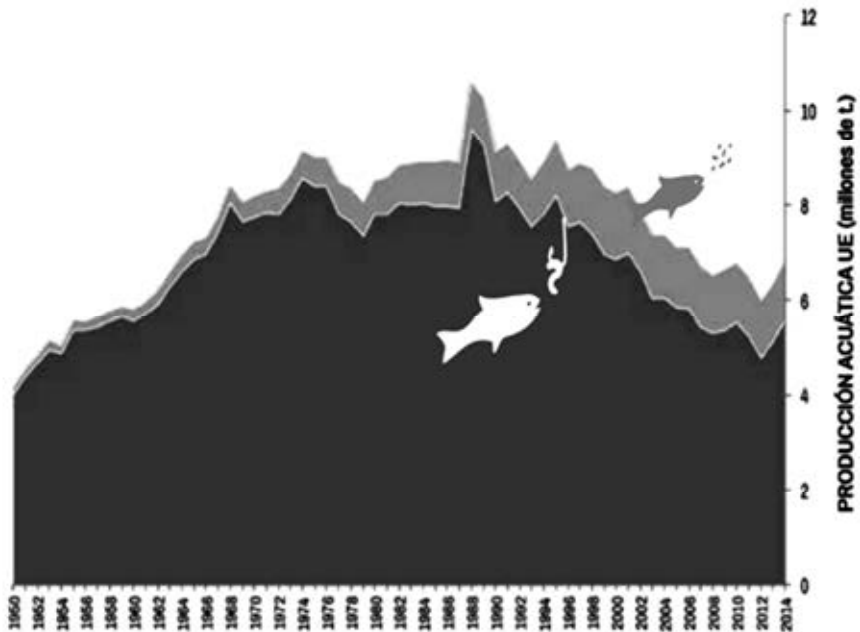


Fig. 4. Evolución de la producción de acuicultura (área clara) y pesca (área oscura) en los actuales 28 miembros de la UE entre 1950 y 2014 en millones de toneladas (APROMAR, 2016).

toneladas obtenidas en 1988. Desde entonces ha caído un 40%, aunque en 2014 ha experimentado un crecimiento del 8% respecto de 2013. A pesar de sus prometedoras expectativas, la producción de acuicultura en la UE no ha podido, en cualquier caso, compensar la fuerte reducción sufrida por la pesca extractiva europea en las dos últimas décadas. En cuanto a la producción de los estados miembros, España es el que tiene un mayor volumen de producción en con 282.242 toneladas en 2014 (22,0% del total), seguido por el Reino Unido con 204.617 toneladas (el 15,9%) y Francia con 204.300 toneladas (15,9%). Sin embargo, cuando se considera el valor de la producción, el Reino Unido es el principal estado miembro productor con 1.016,3 millones de euros (23,8% del valor total), seguido por Francia con 774,2 millones de euros (18,8%) y Grecia con 472,9 millones de euros (el 11,6%). España ocupa la cuarta posición, con 450,1 millones de euros (10,2%).

En el caso español (Fig. 5), la obtención de productos acuáticos provenientes de la acuicultura y de la pesca, aumentó en 2014 un 15,0 % respecto de 2013, hasta alcanzar casi 1,4 millones de toneladas. Este notable crecimiento no oculta que la media de los últimos 10 años ha sido de incrementos anuales de tan sólo el 2,7 % (1,0 % en la pesca y 3,6 % para la acuicultura). En todo caso, se espera que, por lo menos en el caso de la acuicultura, estas cifras de crecimiento se consoliden en los próximos años.

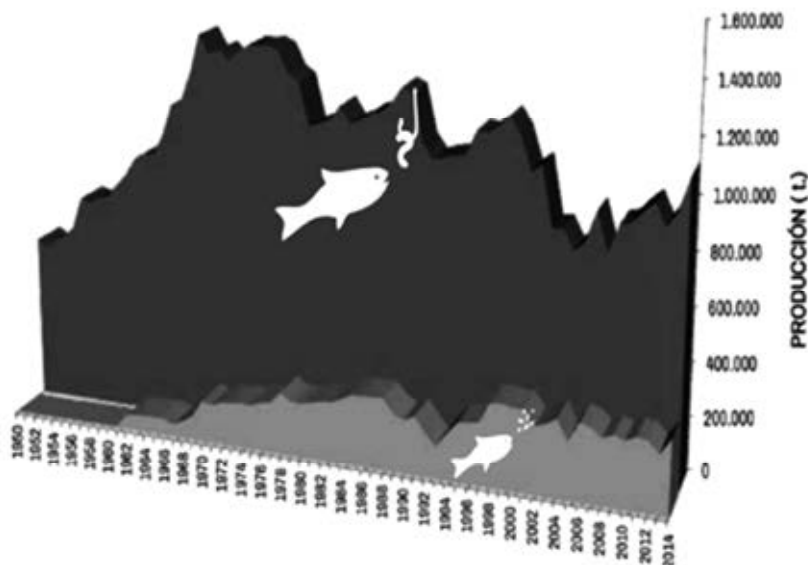


Fig. 5. Evolución de la producción acuática total (acuicultura en área clara + pesca extractiva en área oscura) en España entre 1950 y 2014.

El mejillón (*Mytilus sp.*), del que en 2014 se produjeron en España 220.449 toneladas, fue el principal recurso acuático vivo en términos de peso. Por parte de la pesca, la principal especie capturada por la flota española fue el atún listado (*Katsuwonus pelamis*) del que se capturaron 154.568 toneladas. La producción de acuicultura en España en 2014 sumó un total de 282.242 toneladas. Distribuida por especies, además del mejillón, las principales son la lubina (17.376 toneladas), la dorada (16.230 toneladas) y la trucha arco iris (15.111 toneladas).

La acuicultura en las islas Canarias

Ante la situación de estancamiento que presenta la pesca extractiva en las islas y las escasas perspectivas de que alcance el peso económico logrado en el pasado, por la comercialización de capturas obtenidas en la costa africana, la acuicultura podría convertirse en una actividad con un cierto protagonismo en la diversificación de la economía del archipiélago, excesivamente decantada hacia el sector turístico.

De acuerdo con un informe del Parlamento Europeo (2013), la acuicultura en las islas Canarias empezó a desarrollarse en los años 80 en las islas de Gran Canaria y Tenerife y no se extendió al resto de islas hasta el año 2000. Las condiciones favorables para la cría de especies de aguas templadas en esta zona permitieron un crecimiento constante y, por tanto, un ciclo de producción más breve (entre tres y seis meses más corto) que en el Mediterráneo. El Gobierno regional de las islas Canarias declaró a la acuicultura como «sector estratégico» y ha experimentado un boom durante los últimos años. En 1992 la producción, que apenas alcanzaba las 150 toneladas, ascendió en 2009 hasta superar las 8.000 toneladas. En 2011 la producción de la acuicultura alcanzó las 6.386 toneladas, con un valor total de 28 millones de euros, lo que colocó a Canarias como la cuarta región española en oferta. La información más reciente (JACUMAR, 2017) sitúa esta producción en la cantidad de 7.652 toneladas.

Por otro lado, el marco de apoyo de la UE dio lugar a un fuerte incremento en el número de empresas y en la producción total autorizada entre los años 2001 y 2006. El número de empresas llegó a 34, con una capacidad productiva autorizada de dorada (*Sparus aurata*) y de lubina (*Dicentrarchus labrax*) que superaba las 12.000 toneladas. En el año 2008 la producción autorizada alcanzaba casi las 14.000 toneladas, llegando a sobrepasar las 15.000 toneladas en el año 2012 (Gobierno de Canarias, 2014). A partir de 2008, en que afloró la última crisis económica global, se produce una fuerte caída en la oferta, especialmente en dorada (Fig. 6). En opinión de Delgado (2013), “desde el año 2007, para muchos el arranque real de la crisis económica, hasta el cierre de 2012 la oferta comercializada se ha reducido el 23%, lo que implica que la Comunidad Autónoma de

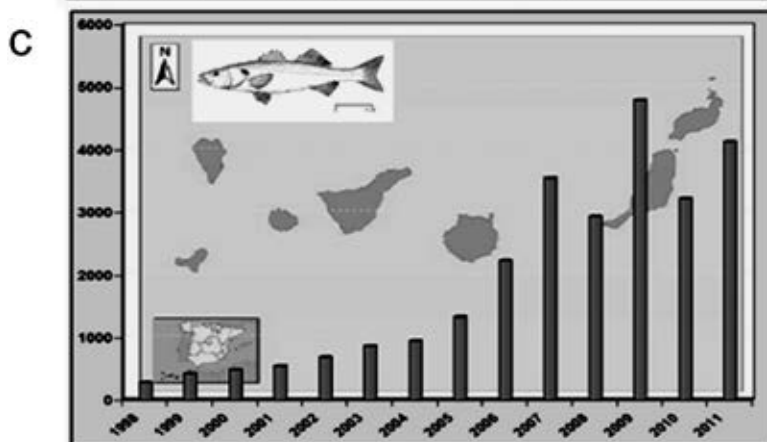
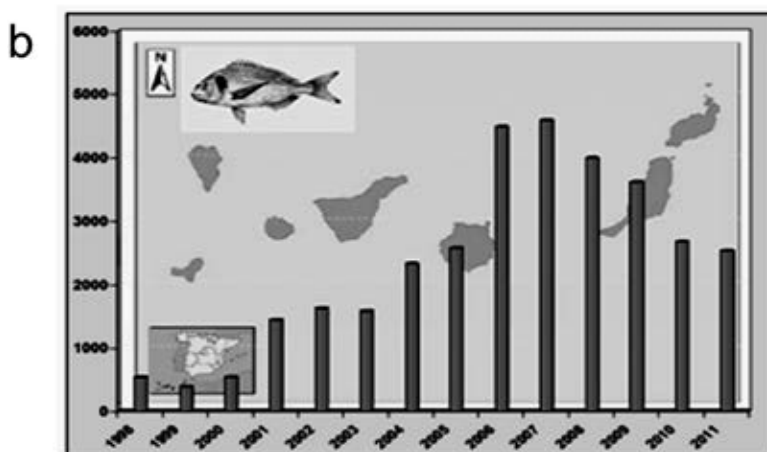
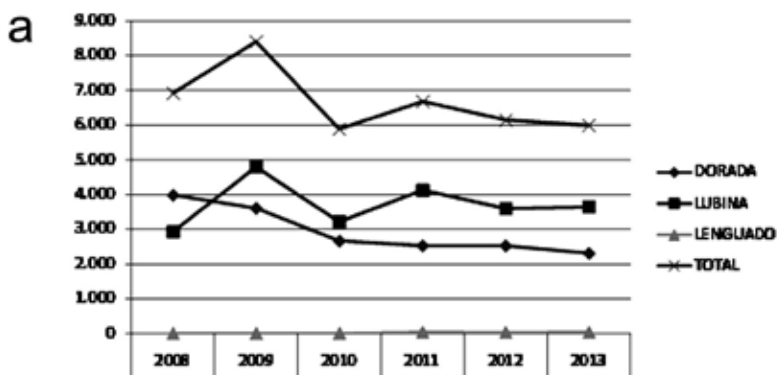


Fig. 6. Evolución de la producción de las principales especies de la acuicultura canaria según distintas fuentes: **a.** Producción total y de dorada, lubina y lengüado entre 2008 y 2013 (Fuente Gobierno de Canarias). **b** y **c.** Producción de dorada y lubina entre 2008 y 2011 (Fuente Junta Nacional Asesoría de Cultivos Marinos, JACUMAR).

Canarias, que se vendía por los políticos como el paraíso de la acuicultura marina, se ha convertido en una actividad productiva con una pírrica oferta de solo 6.144 toneladas por año, incluso menos cantidad que en el año 2011 y que en 2010. Solo en 2009 hubo más producción que en la campaña anterior, siempre para el periodo 2007-2012”.

En cuanto al destino de esta producción y a pesar de que el consumo ha crecido en Canarias más rápido que en el resto de España hasta 2010, más del 80% de la producción debe ser exportada al mercado peninsular, ya que el tamaño del mercado regional sólo permite asimilar una pequeña parte de la producción. En ese año, las ventas directas al extranjero supusieron tan solo un 4% del total (Gobierno de Canarias, 2014). Estas características obligan a intensificar la mejora de los mecanismos de comercialización de la oferta a los mercados peninsulares y europeos.

A pesar de que la acuicultura en Canarias no presenta una evolución muy favorable, el sector dispone de una amplia base científico-técnica para apoyar cualquier plan de consolidación y desarrollo de esta actividad sobre bases científicas sólidas. La relación de centros de investigación y desarrollo (I+D) que, en mayor o menor grado, incluyen a la acuicultura en sus líneas de trabajo son los siguientes reconocidos oficialmente (Gobierno de Canarias, 2014):

- Centro Oceanográfico de Canarias, del Instituto Español de Oceanografía (IEO).
- Departamento de Biología, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Facultad de Veterinaria, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), de la Consejería de Empleo, Industria y Comercio del Gobierno de Canarias.
- Departamento de Biología Animal, de la Universidad de La Laguna.
- Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN), del Ministerio de Economía y Competitividad y del Gobierno de Canarias.
- Parque Científico Tecnológico de Canarias, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Facultad de Ciencias del Mar, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Facultad de Biología, de la Universidad de La Laguna.

A destacar entre ellos, atendiendo a la amplitud y especificidad de sus instalaciones y equipamiento, el Centro Oceanográfico de Canarias del IEO (Fig. 7) y el Parque Científico Tecnológico de Canarias, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, por disponer de medios necesarios para cubrir el estudio de los ciclos de producción de la mayoría de las especies de interés.



Fig. 7. Planta experimental de cultivos marinos del Centro Oceanográfico de Canarias (IEO) como ejemplo del amplio desarrollo experimentado en los centros de I+D en acuicultura de Canarias. A la izquierda, tanques de gran capacidad en los que podría abordarse el cultivo de grandes pelágicos.

Desarrollo futuro de la acuicultura en Canarias

En octubre de 2014, el Gobierno de Canarias publica el Plan Estratégico de la acuicultura en Canarias 2014-2020 (PEACAN), en el que se enmarca el desarrollo de la acuicultura en las islas durante ese periodo. Este documento es uno de los requisitos previstos en la normativa comunitaria para poder tener acceso a los beneficios derivados de la aplicación del Fondo Europeo Marítimo y de la Pesca (FEMP). El PEACAN es parte integrante del Plan Estratégico de la Acuicultura Marina Española.

Para cumplir el fin indicado, los objetivos contemplados en el PEACAN son los siguientes:

1. Fortalecimiento de la innovación, el desarrollo tecnológico y la transferencia de conocimientos científicos.
2. Promoción de una acuicultura competitiva, incluida la seguridad y las condiciones de trabajo.
3. Protección y restauración de la biodiversidad y ecosistemas marinos.
4. Desarrollo de una acuicultura sostenible con el medio ambiente, la salud y el bienestar de los animales.
5. Fomento de la formación y la capacitación profesional

6. Reforzar la competitividad de los operadores de las regiones ultraperiféricas de la Unión Europea.
7. Apoyo a la comercialización y transformación de los productos de la pesca y la acuicultura.

En mi opinión, el cumplimiento de estos objetivos sin duda impulsará a la acuicultura canaria por el camino adecuado. Sin embargo, no se logrará un desarrollo consolidado del sector si no se abordan soluciones para los siguientes problemas estructurales:

- **Solución de conflictos intersectoriales.** La no existencia de una plataforma litoral amplia obliga a fondear las instalaciones flotantes en lugares muy próximos a la costa, con lo que pueden crearse conflictos de uso del espacio con otros sectores como el turismo, la pesca y el ocio en general y con los municipios en que estos tienen una presencia importante, como ha sucedido en el pasado. La Administración canaria deberá dar una solución estable a estos conflictos mediante la implementación definitiva del Plan de Ordenación de la Acuicultura de Canarias (PROAC) mediante una actuación pactada entre todos los sectores implicados.

- **Adecuación tecnológica de la acuicultura a las condiciones ambientales del mar canario.** El medio marino de las islas atesora recursos ambientales muy favorables al desarrollo de una acuicultura competitiva como son, entre otras, su estabilidad térmica atmosférica y marina, unas aguas oceánicas bien oxigenadas y con baja productividad primaria, una escasa contaminación de origen humano y corrientes marinas constantes y permanentes. También existen condiciones ambientales desfavorables como una escasa plataforma litoral y zonas poco abrigadas a las tormentas. Estas características obligan a estar permanentemente trabajando con los Centros de I+D locales para la innovación de las estructuras, la alimentación y las metodologías de cultivo de forma que se optimicen las primeras y se aporten soluciones a las segundas.

- **Eliminación de trabas burocráticas.** Hay múltiples referencias a la influencia negativa de falta de agilidad de los trámites burocráticos en la Administración canaria. Como ejemplo cabe citar la opinión de la científica Dra. Carmen María Hernández (Ramos, 2016) quien afirma que “el principal problema con el que se encuentra esta industria en Canarias es la Administración, algo que no ocurre en el resto del país. En Valencia un empresario de acuicultura en tres meses tiene los permisos para montar una instalación en el mar, aquí pueden pasar 18 meses o más (...) que señala además que el Plan de Ordenación de la Acuicultura de Canarias (PROAC) lleva años sobre la mesa porque aún no ha sido aprobado”. Es urgente lograr que las autoridades competentes se impliquen en la solución de este problema.

- **Optimización del acceso a fondos de la UE.** Se hace imprescindible garantizar el acceso a los Fondos Estructurales Marítimos y de la Pesca (FEMP) para el periodo 2014-2020, implementando el PEACAN, en lo referido a las medidas estructurales, y a las ayudas a la comercialización de la producción con cargo al Programa de Opciones Específicas para las islas Canarias (POSEICAN), en lo relacionado con las formas de paliar las desventajas de la lejanía a los mercados europeos. Estas actuaciones deben realizarse mediante una íntima coordinación entre el Gobierno canario y los representantes del sector.
- **Comercialización coordinada hacia mercados externos.** Debe recuperarse la pasada comercialización conjunta entre todos los productores de las islas para el acceso a mercados exteriores, de forma que se garantice una oferta suficiente en cantidad y calidad, dando lugar a una economía de escala que abarate los costes operativos y se optimicen las ayudas del POSEICAN.
- **Diversificación de la acuicultura canaria.** Se hace necesario potenciar los estudios científico-tecnológicos y medioambientales que permitan una diversificación consolidada en especies y productos. Igualmente, hay que poner en marcha, en los casos que se requiera, una evaluación creíble del impacto ambiental de una eventual incorporación de nuevas especies.

La diversificación de especies en la acuicultura canaria

Entre los objetivos del PEACAN a que hice referencia, no se incluye expresamente la ‘diversificación’ de las especies de la oferta de la acuicultura canaria. No obstante, en la sección de “Diagnóstico propositivo” del mismo documento se afirma que “en 2014 la práctica totalidad de la biomasa estabulada en Canarias es de lubina. Sólo una empresa se dedica al cultivo de dorada. Esta escasa diversificación, tanto por especies como por tallas, conlleva una mayor vulnerabilidad tanto frente a variaciones de precio como a epidemias. Existe el potencial en el sector de la acuicultura en Canarias (conocimiento de las especies y capacidad técnica de las empresas) para la producción de nuevas especies. Sin embargo, algunas de las nuevas especies con probada viabilidad, caso de la corvina, se enfrentan con restricciones en razón de su consideración como especie ‘localmente ausente’ ”.

De lo expuesto se deriva que el PEACAN aboga por potenciar la diversificación del sector que, para ser desarrollada con éxito, es necesario, al menos, que se disponga de un conocimiento científico suficiente de los ciclos vitales de las especies objetivo, que estén accesibles técnicas de cultivo suficientemente contrastadas y que exista un mercado que garantice la rentabilidad del proceso, contando con la lejanía y aislamiento del

archipiélago como desventajas añadidas. Teniendo en cuenta estas condiciones cabe agrupar las posibles alternativas en tres apartados:

- **Especies de grupos diferentes al de los peces que darían lugar a productos que no compiten con la oferta actual.** En Canarias ha habido intentos con mayor o menor éxito de cultivo de especies de estas características. Por ejemplo, el cultivo de macro y microalgas que, en este último caso, contaría con el apoyo del Banco Español de Algas localizado en el Parque Científico Tecnológico de Canarias, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria; la producción experimental de pulpo (*Octopus vulgaris*) o semiindustrial de almeja canaria (*Haliotis tuberculata coccinea*) desarrollada en las mismas instalaciones; el cultivo en mar abierto de mejillón canario (*Perna perna*) experimentado en Fuerteventura por el IEO y por la citada Universidad.
- **Especies de peces cuya producción podría desarrollarse en detrimento de la oferta actual.** En este grupo estaría el bocinero (*Pargus pargus*), y otras especies de espáridos, y la corvina (*Argyrosomus regius*) de las que se dispone de una amplia experiencia en los centros de investigación de las islas. Estas iniciativas no parece que hayan tenido, por distintos motivos, mucho éxito hasta el momento.
- **Especies de grandes peces pelágicos migradores con mercados específicos estables.** En la actualidad se dispone de técnicas desarrolladas para dos especies de medregal o pez limón (*Seriola spp*) y el jurel (*Pseudocaranx dentex*). A este apartado pertenecería el grupo de los túnidos y, en concreto el atún rojo (*Thunnus thynnus*), que serán analizados en los apartados siguientes.

Especies de túnidos potencialmente cultivables en Canarias

Atendiendo a su aceptación por el mercado, su adaptación a las características oceanográficas del mar de Canarias y a las posibilidades de desarrollar técnicas de cultivo viables en las islas, podemos hacer una selección tentativa, dejando para más adelante al atún rojo, de las siguientes especies (Fig. 8):

- **Bonito del norte (*Thunnus alalunga*).** Es una especie de atún que se encuentra en todas las aguas marinas tropicales y en los océanos templados, incluido el mar Mediterráneo. Tiene una longitud de hasta 140 cm y pesos de hasta 60 kg. El pescador canario tradicionalmente lo ha denominado barrilote o negrito y, a escala estatal, recibe más frecuentemente el nombre bonito del norte o atún blanco. Actualmente, la pesquería de esta especie en el Atlántico se encuentra en estado de sobrepesca por lo que en octubre de 2016 se decretó la paralización de

las capturas. Esta circunstancia induce a pensar en un incremento de los precios de una eventual producción con técnicas de acuicultura cuyo estudio experimental no se ha abordado hasta el momento. Tenerife es la segunda provincia española en capturas de esta especie con 3.186 toneladas en 2016, lo que facilitaría la posible creación de un futuro stock de reproductores para abordar su cultivo integral.

- **Bonito del sur.** El bonito listado (*Katsuwonus pelamis*), también llamado bonito, listado o rayado en Canarias, tiene ‘listado’ por nombre oficial español y en la FAO. Representa al bonito más común y abundante de Canarias. Los machos pueden llegar a alcanzar los 110 cm de longitud total y los 34,5 kg de peso. Es una especie cosmopolita en océanos tropicales y templados. Habita en aguas superficiales litorales y oceánicas formando cardúmenes; a veces se acerca mucho a la costa. Especie migratoria que aparece en Canarias en primavera-otoño. No se han desarrollado técnicas de cultivo de esta especie pero, su demanda en el mercado canario, pudiera dar lugar a su futura consideración como especie objetivo en acuicultura para extender su oferta fuera de la época de captura.

- **Bonito atlántico.** La sierra o corrigüela –de corre y vuela– (*Sarda sarda*) es el bonito típicamente mediterráneo, aunque también es frecuente todo el año en Canarias. Puede alcanzar los 90 cm de longitud y en torno a los 5 kg de peso. Cultivado experimentalmente en el IEO de Murcia, donde se ha cerrado el ciclo vital (Ortega-García *et al.*, 2013) y se han obtenido ejemplares de talla comercial en el segundo año de vida. Para su cultivo experimental en Canarias podría contarse con el abastecimiento de huevos fecundados desde Murcia, aunque no habría dificultades para constituir un stock de reproductores de origen local.

- **Rabil** (*Thunnus albacares*). Se encuentra en las aguas abiertas de mares tropicales y subtropicales por todo el mundo. En Canarias se mezcla con patudo y atún rojo. Su tamaño puede llegar a los 240 cm de longitud y 200 kg de peso. Las islas son el escenario idóneo para batir récords deportivos con esta especie en pesca recreativa. Después del Barrilote es la especie más cotizada. Cultivado a escala industrial en Méjico y Panamá pero la necesidad de constituir un stock local de reproductores, como primera iniciativa, puede dificultar su cultivo en las islas.

- **Patudo** (*Thunnus obesus*). Conocido como tuna en Canarias tiene gran importancia para la flota artesanal y recreativa de las islas. Se localiza en todos los océanos tropicales o templados y puede alcanzar 250 cm de longitud y 210 kg de peso. Sin embargo, la carencia de antecedentes en su cultivo industrial y la respuesta negativa de esta especie a algunos intentos de estabulación en jaulas (A. Belmonte, *com. pers.*), así como

las dificultades para lograr un stock de reproductores en las islas, aconsejan su descarte inicial como especie objetivo.

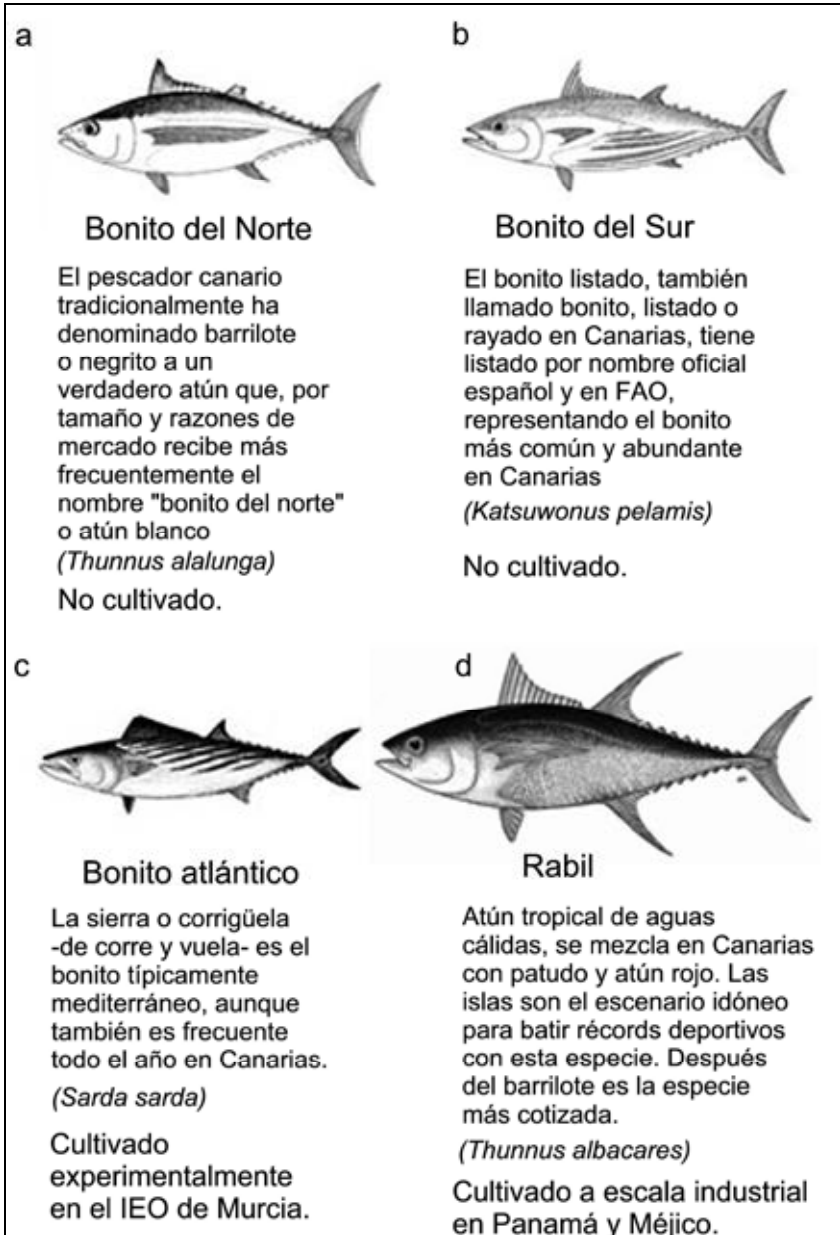


Fig. 8. Especies de túnidos potencialmente explotables por métodos de acuicultura en Canarias, sin incluir el atún rojo (*Thunnus thynnus*). No se hace referencia al 'patudo o tuna' (*Thunnus obesus*) por dificultades detectadas en su cultivo en jaulas y por la necesidad de crear un stock local de reproductores.

Acuicultura de atún rojo

Según IEO (2013) el atún rojo es una especie de un indudable valor en España. Es un pescado emblemático que se captura desde la antigüedad y viene alimentando a las poblaciones del Mediterráneo desde hace milenios. A partir de finales de los años 90 nuestro país se erige como la primera productora en la actividad denominada “engrase de atún rojo” (Belmonte & De la Gándara, 2008; De la Gándara *et al.*, 2016). Esta modalidad de acuicultura consiste en estabular, en viveros flotantes (jaulas), ejemplares de gran tamaño que han sido capturados, mediante artes de cerco, en diferentes lugares del Mediterráneo, normalmente zonas de puesta, y transportados posteriormente hasta nuestras costas. Esta es una actividad que mueve un enorme volumen de negocio y empleo. Las empresas dedicadas al engrase de atún han llegado a producir en torno a 7.500 toneladas al año, de las que gran parte se exportan a mercados europeos y a Japón. La capacidad teórica de engorde llegó a unas 12.500 toneladas.

A principios del milenio se detectó una fuerte presión pesquera sobre la especie de forma que, en cifras no oficiales, se detectaron valores anuales de capturas, en el conjunto del stock, por encima de las 60.000 toneladas en 2003, más del doble de lo oficialmente reportado ese año. Para paliar esta situación de sobrepesca, que de continuar podría haber llevado a las poblaciones naturales al colapso, el Consejo Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT) estableció en 1999 un sistema de cuotas para limitar las capturas y estableció, en 2008, un Plan de recuperación con una reducción importante de dichas cuotas, de la talla mínima de los ejemplares capturables, así como de un sistema de vedas. Estas medidas han hecho que las producciones de atún de engrase hayan caído de forma muy importante en los años siguientes, con capturas en 2011 de 12.900 toneladas, de las cuales 2.411 correspondieron a España. Así mismo, se ha asistido a una drástica reducción del número de empresas que se dedican a esta actividad. En nuestro país, de las 14 que operaban en 2003, se pasó solamente a 2 en 2011.

En estas condiciones se ha intensificado el interés en disponer de juveniles de la especie que pudieran ser engordados en jaulas flotantes como una actividad complementaria a una acuicultura basada en el engrase de atún cuyo desarrollo está acotado por las limitaciones de capturas.

A estos efectos el IEO asume el liderazgo de la investigación sobre el cultivo de atún rojo a nivel europeo y coordina una serie de proyectos con financiación europea que, en una primera fase, a principios de la pasada década, dio lugar a la obtención de huevos fecundados de esta especie (De la Gándara *et al.*, 2016).

El siguiente paso lo constituyó el proyecto SELFDOTT que, con un presupuesto total de 4,4 millones de euros (3 de ellos aportados por el 7º

Programa Marco de I+D de la Unión Europea) se desarrolló durante cuatro años (2008-2011), con el objetivo de sentar las bases para producir atún rojo mediante técnicas de acuicultura integral. Los cultivos larvarios experimentales realizados en la Planta de Cultivos Marinos del IEO en Mazarrón fueron los más exitosos, consiguiendo 3.000 juveniles de 40 días de edad y alrededor de 10 g de peso (De la Gándara *et al.*, 2016). En 5 meses de engorde los ejemplares supervivientes alcanzaron los 2 kg de peso en jaulas flotantes de una instalación comercial (Ortega-García *et al.*, 2014).

En julio de 2016, se recolectaron en el interior de la jaula de estabulación de estos reproductores unos 50.000 huevos fértiles que fueron transportados a las instalaciones del IEO en Mazarrón donde eclosionaron y se procedió a su cultivo larvario experimental (IEO, 2016) con lo cual se ha logrado cerrar el ciclo vital en cultivo del atún rojo atlántico.

En esta línea dirigida a conseguir la producción integral de esta especie, se construyó, dependiente del IEO, en las proximidades de Planta de Mazarrón una unidad de “Infraestructura para el Control de la Reproducción del Atún Rojo” (ICRA), una instalación pionera y única en Europa (Fig. 9). La ICRA ha tenido un coste de 6 millones de euros, cofinanciados al 80% por el Fondo Europeo Desarrollo Regional (FEDER). Consta de un edificio de unos 2.660 m², de los que 1.960 m² corresponden a la nave que alberga los tanques, 300 m² a la zona de laboratorios y oficinas y 400 m² a la zona de tratamiento de las aguas y recirculación. Posee cuatro tanques con un volumen total de alrededor de 7.000 m³. Dos tanques, de 22 y 20 m de diámetro y 10 y 9 m de profundidad destinados a reproductores, con capacidad para mantener estabulados unos 30 atunes cada uno de unos 60 kg de peso inicial. Además, la instalación cuenta con otros dos tanques más pequeños de 14 m y 8 m de diámetro donde se estabularían los juveniles nacidos en cautividad (IPAC, 2015; De la Gándara *et al.*, 2016) (Fig. 9). Los objetivos contemplados para la ICRA son los siguientes:

- Garantizar la obtención de huevos fecundados, independientemente de las condiciones ambientales que se den durante el periodo de puesta natural en las jaulas de estabulación de reproductores.
- Eliminación del riesgo de incorporar depredadores y patógenos de las larvas de atún rojo acompañantes de las puestas obtenidas en el medio natural.
- Alargar el periodo de puesta mediante la modificación selectiva de las condiciones de temperatura y de iluminación de los tanques.
- Mejorar la calidad de las puestas por la vía de la estandarización de los mecanismos de recolección y de transporte de los huevos fecundados.
- Tipificación genética de los stocks de reproductores y selección de los mismos con motivo de su sustitución periódica al superar los ejemplares las tallas idóneas de estabulación.

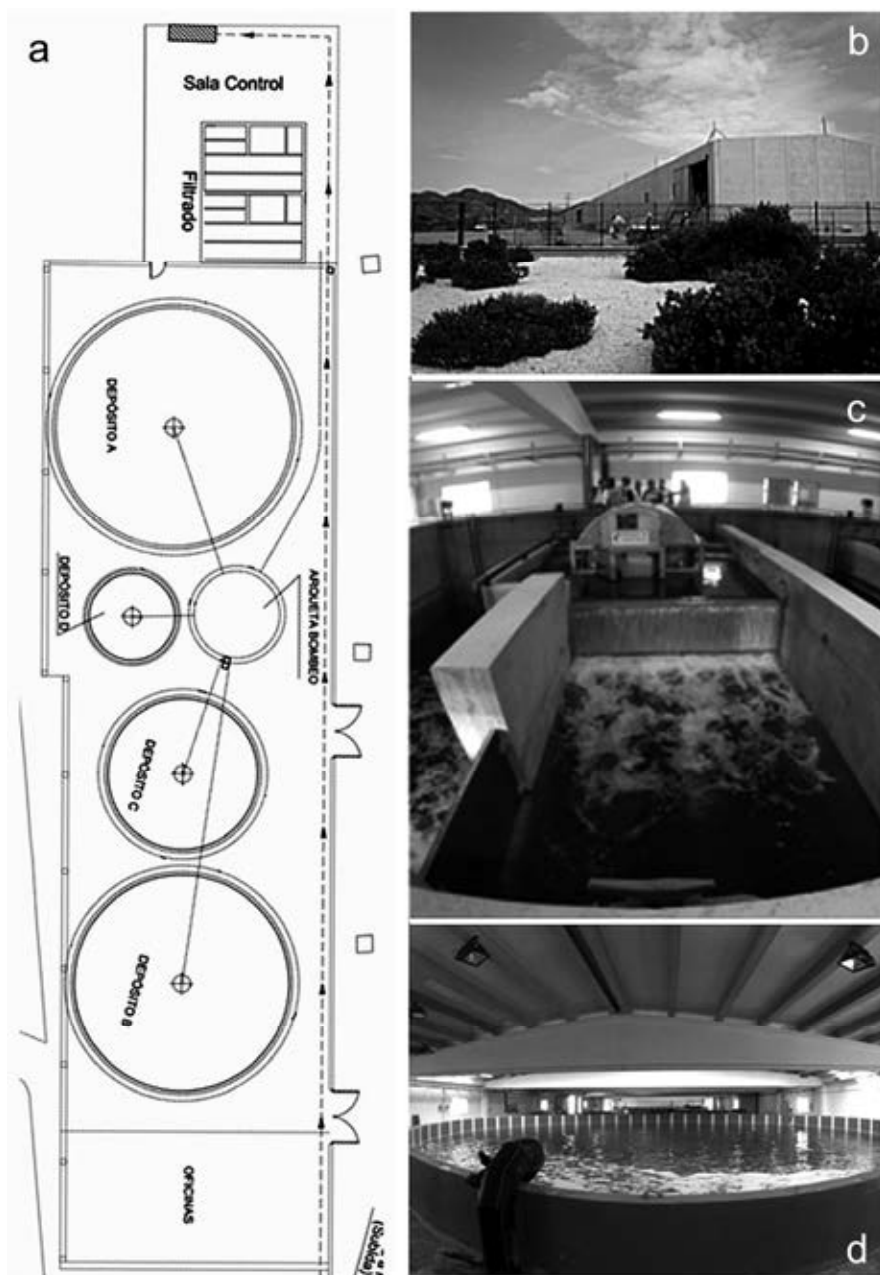


Fig. 9. Infraestructura para el Control de la Reproducción del Atún Rojo (ICRA) del Centro Oceanográfico de Murcia del IEO destinado a obtener puestas viables de la especie. **a.** Visión en planta. **b.** Imagen del exterior. **c.** Área de tratamiento de agua. **d.** Vista de uno de los tanques de reproductores.

De acuerdo con lo expuesto, la experiencia acumulada por el equipo del IEO del Centro de Murcia, tanto en cultivo larvario como en engorde, y la disponibilidad de unas instalaciones de reproducción controlada como la ICRA pueden sentar las bases para el desarrollo de la acuicultura de atún rojo en Canarias, garantizando el abastecimiento de huevos fecundados para su cultivo larvario y el engorde industrial en las islas. A este respecto, hay que destacar que los ejemplares de Canarias y los del Mediterráneo pertenecen a la misma población desde el punto de vista genético (Fig. 10).



Fig. 10. Rutas migratorias del atún rojo en que se observa la relación entre las poblaciones del Mediterráneo (zona de puesta) y Canarias.

Técnicas aplicables al cultivo de atún rojo en Canarias.

Un programa para la implementación del cultivo de atún rojo en Canarias estaría basado en las ya citadas técnicas desarrolladas por el IEO en Murcia y por empresas de engrasamiento de ejemplares de Tarragona y Murcia (Belmonte & De la Gándara, 2008; De la Gándara, 2012a; De la Gándara, 2012b; De la Gándara *et al.*, 2016; IEO, 2013; Ortega-García *et al.*, 2011). El cultivo larvario puede llevarse a cabo en los centros de investigación del IEO en Tenerife y del Parque Científico Tecnológico de Canarias, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, cuyas dotaciones en personal y equipo especializados responden ampliamente a las necesidades previstas. Para cubrir todo el proceso deberían abordarse las siguientes fases:

- **Disponibilidad de huevos fecundados.** Para esta fase podría optarse por su adquisición en empresas de engorde que los obtienen de forma espontánea en jaulas de engorde o por acceder a puestas obtenidas en la ICRA. En el primer caso, los huevos pueden venir acompañados de puestas de otras especies perjudiciales para las larvas de atún y, además, se tendría que estar supeditado a la incertidumbre de las puestas en mar abierto y al corto periodo de puesta natural. La garantía de disponibilidad de huevos fecundados en calidad y cantidad suficiente por un largo periodo en el año solo se alcanzaría desde la ICRA en actuaciones coordinadas con el Centro de Murcia del IEO.

- **Traslado de los huevos hasta las instalaciones de cultivo larvario.** Las técnicas para el traslado de huevos por vía aérea están ampliamente contrastadas, lo que permite que exista un mercado estable de huevos entre empresas y centros de investigación en Europa. La proximidad de las instalaciones receptoras de los huevos fecundados a sus respectivos aeropuertos insulares minimiza los riesgos de pérdida de viabilidad del producto. En cualquier caso, es imprescindible solventar con antelación eventuales trabas en el control veterinario de entrada.

- **Cultivo larvario.** Ambos centros de I+D de Canarias disponen de unidades de lo que se ha dado en llamar ‘mesocosmos’ (IEO, 2017) en las que se han realizado cultivos experimentales con éxito de distintas especies, en concreto de grandes migradores pelágicos como los medregales. Estas instalaciones están constituidas por tanques de gran capacidad (unos 45.000 litros) en los que se desarrollan cultivos a baja densidad usando permanentemente fitoplancton en el medio. La alimentación viva estándar de este tipo de cultivos está constituida, normalmente, por rotífero y nauplios de artemia (FAO, 2017) que también forman parte de la dieta de las larvas de atún rojo (Fig. 11); entre los días 3 y 15 de vida el primero y entre los días 13 y 18 el segundo. Además de este alimento vivo sería necesario implementar la producción de copépodos, para aportar conjuntamente con el rotífero, con técnicas ya disponibles en el Centro del IEO en Murcia. Igualmente, habría que crear un stock de reproductores de dorada con puesta natural espontánea secuenciada, desfasada mediante la modificación del fotoperiodo y de la temperatura a los meses de junio a agosto. Si en la ICRA se consigue extender el periodo de puesta del atún más allá de estas fechas, sería necesario, en paralelo, ampliar el tiempo de producción de huevos de dorada.

En los dos centros de investigación canarios existen recintos de preengorde, o tanques fácilmente adaptables a este fin, que permitirían llevar a las post-larvas de atún hasta los 4-10 g de peso mediante el aporte de alimento inerte (pescado troceado o pienso). Los juveniles de estas tallas ya estarían en disposición de ser trasladados a jaulas en mar abierto.

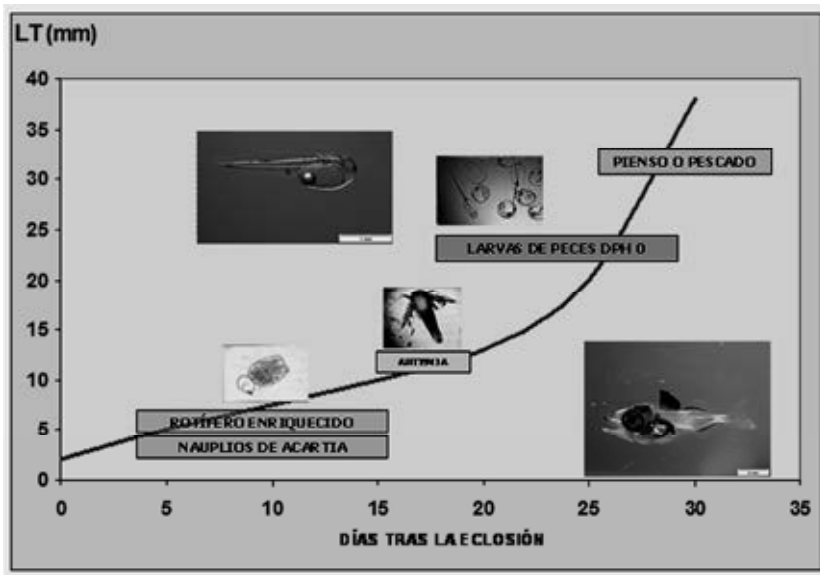


Fig. 11. Cultivo larvario de atún rojo hasta el día 35 tras la eclosión. Se indica crecimiento en mm y periodos de alimentación viva: rotífero y nauplios de copépodo (*Acartia sp*) (días 3 a15), nauplios de artemia (días 14 a 18) y larvas de peces (dorada) recién eclosionadas (días 17 a 30). La alimentación inerte se inicia sobre el día 25. Abajo a la derecha, larva de atún al fin del periodo.

- Engorde.** En esta última fase sería recomendable llegar a acuerdos con empresas de cultivo industrial en jaulas flotantes (Fig. 12) con las que establecer convenios de colaboración para el desarrollo de proyectos experimentales de engorde a escala comercial que, eventualmente, podrían acceder a financiación institucional con cargo al FEMP o a cualquier otro instrumento financiero disponible. Próximo a los dos centros de investigación canarios existen diversas instalaciones industriales de almacenamiento de productos congelados desde donde abastecer a las jaulas de engorde de la alimentación necesaria hasta conseguir ejemplares de 4 a 5 años y 50-70 kg de peso (Fig. 13). Este producto, debido a la alimentación aportada, tendría niveles de contaminación por mercurio y otros contaminantes muy bajos o nulos y estarían libres de parásitos perjudiciales para los consumidores (*Anisakis spp.*). Como consecuencia de las temperaturas superficiales del mar canario no se producirían interrupciones invernales en las tasas de crecimiento y se descartan riesgos de mortalidad por frío excesivo (Ortega *et al.*, 2014). A esta respecto cabe señalar que, según se muestra en la figura 14, atendiendo al crecimiento experimental de ejemplares de atún rojo obtenidos en un cultivo de ciclo completo, los peces podrían alcanzar unos 7 kg antes de los dos años de vida (De la Gándara *et al.*, 2015), con tasas de crecimiento máximas en los rangos de temperatura superficial más frecuentes en el litoral del archipiélago.

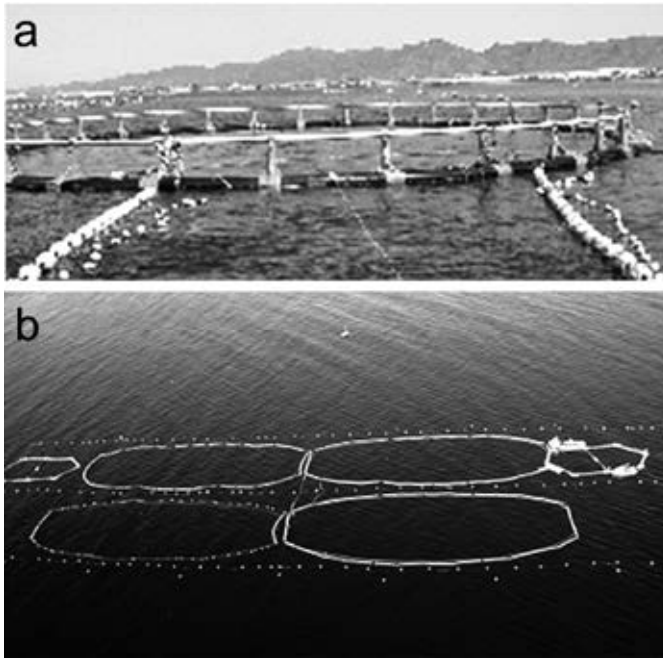


Fig. 12. Estructuras de engorde de atún. **a.** Vista de una jaula individualizada. **b.** Tren de jaulas fondeadas (fuente F. De la Gándara, *com. pers.*).

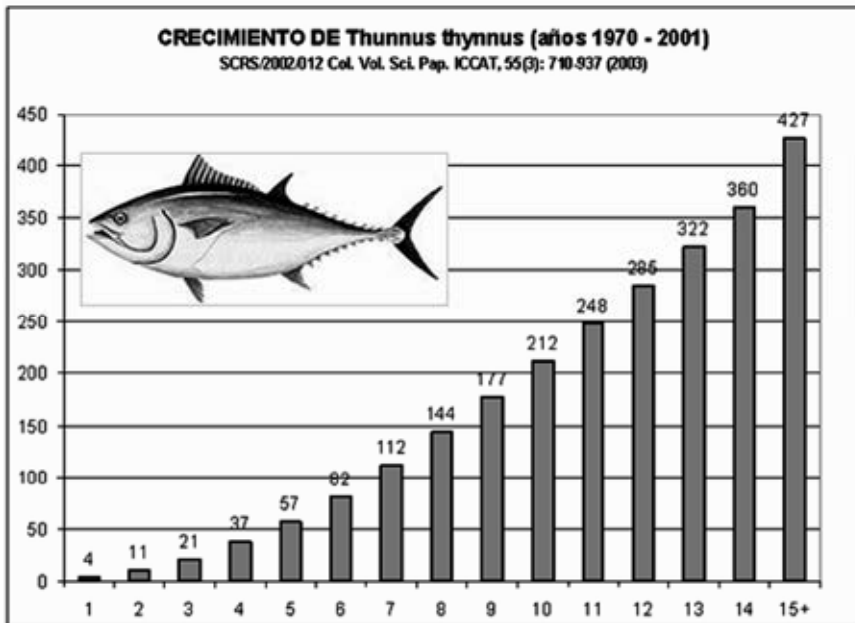


Fig. 13. Crecimiento en el medio natural del atún rojo atlántico hasta los 15 años de vida con la talla expresada en kilogramos.

Por otro lado, en Canarias existe una amplia experiencia en el seguimiento y la evaluación del impacto ambiental de este tipo de instalaciones por lo que no deberían presentarse problemas administrativos en este campo (Vergara-Martín *et al.*, 2005).

• **Comercialización.** Finalmente, la ya indicada proximidad de aeropuertos internacionales en ambas islas permitiría la distribución del producto final a todos los mercados europeos y, eventualmente, americanos o asiáticos.

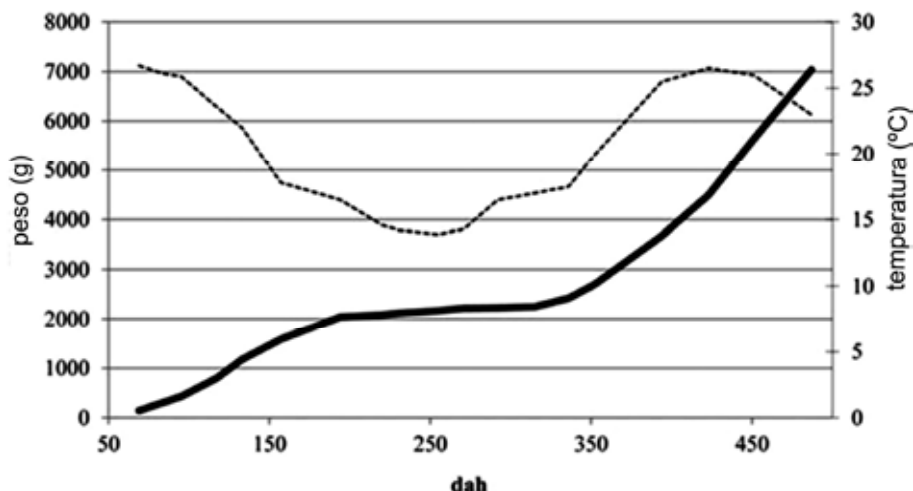


Fig. 14. Crecimiento en gramos de atún rojo procedentes de huevos de reproductores producidos en cultivo (línea continua) y evolución de la temperatura del medio durante el experimento (línea discontinua). Según De la Gándara *et al.* (2015).

Conclusiones

Considerando que el objetivo de un hipotético cultivo de atún rojo en Canarias sería la obtención de un producto de 4-5 años (primera madurez), con muy bajo o nulo contenido en mercurio y otros contaminantes, sin parásitos perjudiciales para los consumidores y que, por su talla (un máximo de 50-70 kg) no competiría con el producto de pesca extractiva, podríamos concluir que:

1. Estaríamos en disposición de obtener huevos fecundados de atún rojo en la ICRA del IEO en Murcia en cantidad y calidad suficiente por periodos más amplios que el de la puesta natural de la especie.
2. Con las instalaciones y equipos científicos locales se podrían adaptar las técnicas de cultivo larvario, de juveniles y de engorde sin mayores dificultades.

3. Existen técnicas disponibles y estructuras de engorde que harían viable un cultivo industrial de la especie en el litoral de las islas.
4. En Canarias hay una experiencia probada en el control de la contaminación de las instalaciones de engorde en acuicultura.
5. Las condiciones ambientales (temperatura, salinidad, baja turbidez, aguas oxigenadas, corrientes...) son muy adecuadas para la producción de atún en cultivo.
6. Canarias dispone de las infraestructuras adecuadas para garantizar el abastecimiento de insumos que permitan abordar su cultivo industrial (estructuras, equipos, alimento, etc.).
7. Existen medios de transporte suficientes y diversificados para poner el producto final en cualquier mercado.

Acrónimos

APROMAR: Asociación empresarial de acuicultura de España.

FAME: Fundación Alfonso Martín Escudero.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FEDER: Fondo Europeo Desarrollo Regional. Instrumento financiero de la Comisión Europea para la ayuda al desarrollo económico de las regiones deprimidas.

FEMP: Fondos Estructurales Marítimos y de la Pesca. Programa de ayudas estructurales a la pesca y a la acuicultura, principalmente.

I+D: Investigación científica y Desarrollo tecnológico.

ICCAT: Consejo Internacional para la Conservación del Atún Atlántico. Organización pesquera intergubernamental responsable de la conservación de los túnidos y especies afines en el océano Atlántico y mares adyacentes.

ICRA. Infraestructura para el Control de la Reproducción del Atún Rojo. Instalación para la obtención de huevos fecundados de atún rojo, perteneciente al IEO y localizada próxima a la Planta experimental de acuicultura de Mazarrón (Murcia).

IEO: Instituto Español de Oceanografía. Organismo público de investigación de la Administración estatal especializado en el estudio del mar.

IPAC: Revista de acuicultura. <http://www.ipacuicultura.com>.

ITC: Instituto Tecnológico de Canarias. Centro de I+D de la Consejería de Empleo, Industria y Comercio del Gobierno de Canarias.

JACUMAR: Junta Asesora de Cultivos Marinos. Órgano de coordinación en materia de acuicultura marina de la Administración del Estado creado en la Ley 23/1984, de 25 de junio, de cultivos marinos.

PEACAN: Plan Estratégico de la Acuicultura en Canarias 2014-2020. Marco programático para el acceso a las ayudas del FEMP.

- PLOCAN: Plataforma Oceánica de Canarias. Plataforma científico-tecnológica singular financiada por los Gobiernos de Canarias y del Estado localizada en Gran Canaria.
- POSEICAN: Programa de Opciones Específicas para las islas Canarias. Ayudas comunitarias derivadas de su lejanía, fragmentación del territorio y diversas consideraciones económicas y fiscales.
- PROAC: Plan de Ordenación de la Acuicultura de Canarias. Plan de ordenación espacial de la acuicultura.
- SELFDOTT: Proyecto “From capture based to SELF-sustained aquaculture and Domestication Of bluefin tuna, *Thunnus thynnus*”, financiado por el 7º Programa Marco de I+D de la Unión Europea. Como resultado del desarrollo de este proyecto se ha podido cerrar el ciclo de cultivo del atún rojo.

Bibliografía

- APROMAR, 2016. Informe ‘La acuicultura en España’. Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos de España.
- BARNABÉ, G. (1991). La cría de la lubina y de la dorada. In: G. Barnabé (Ed.), *Acuicultura*. Omega, S.A., Barcelona, pp. 573-612.
- BELMONTE, A. & F. DE LA GÁNDARA (2008). El cultivo del atún rojo *Thunnus thynnus*. Fundación Observatorio Español de Acuicultura, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 37 pp.
- COMISIÓN UE (2017). Web oficial UE. La UE por temas. Asuntos marítimos y pesca. [https:// http://europa.eu/european-union/topics/maritime-affairs-fisheries_es](https://http://europa.eu/european-union/topics/maritime-affairs-fisheries_es).
- CORT, J.L. (2007). *El enigma del atún rojo reproductor del Atlántico Nororiental*. Bedia Artes Gráficas, S.C. Santander, 63 pp.
- DE LA GÁNDARA, F. (2012a). Producción de atún rojo en el Mediterráneo. *IV Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura* 49-58.
- DE LA GÁNDARA, F. (2012b). Del cultivo basado en capturas, a la acuicultura independiente y la domesticación del atún rojo, *Thunnus thynnus*. Principales resultados, conclusiones y recomendaciones del Proyecto SELFDOTT. *Revista AquaTIC* 37: 32-41.
- DE LA GÁNDARA, F., A. ORTEGA-GARCÍA & A. BUENTELLO (2016). Tuna Aquaculture in Europe. In: Benetti, D., G. Partridge & A. Buentello (Eds), *Advances in Tuna Aquaculture. From hatchery to market. Chapter 6*. Elsevier Academic Press, NY. pp. 115-157.
- DELGADO, R. (2013). La acuicultura canaria retrocede el 23% en seis años de dura crisis. Actualidad económica. *Diario de Avisos*. 17 de abril.
- FAME (2000). *La Acuicultura, Biología, Regulación, Fomento, Nuevas tendencias y Estrategia comercial*. Grupo Mundi-Prensa. Elisa Polanco, dirección y coordinación. 246 + 373 pp.
- FAO (2017). La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura. Departamento de Pesca. <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab473s/AB473S02.htm>.

- GOBIERNO DE CANARIAS (2014). *Plan Estratégico de la Acuicultura en Canarias 2014-2020*. 87 pp.
- GRAELLS M. DE LA P. (1864). *Manual práctico de Piscicultura ó Prontuario para servir de guía al piscicultor en España, y a los empleados de la Administración Pública en nuestras aguas dulces y saladas*. Servicio de producción de libros. Librerías "Paris-Valencia". Copia facsímil, 1991. 264 pp.
- IEO (2013). Plan estratégico para la aprobación de la Instalación Científica para el Cultivo del Atún rojo (ICRA). Redactores: F. De la Gándara, A. Ortega y E. Santaella. No publicado.
- IEO (2016). Nota de prensa. El IEO logra cerrar el ciclo biológico del atún rojo en cautividad por primera vez a nivel mundial. http://www.ieo.es/documents/10640/38594/NP_180716_cicloatunrojo.pdf/a1296ccf-d187-4738-8a69-adac43dbf601.
- IEO (2017). Mesocosmos. Mazarrón. <http://www.ieo.es/mesocosmos>
- IPAC (2015). La ICRA garantizará el aprovisionamiento de huevos de atún rojo para la industria y la investigación. http://www.ipacuicultura.com/noticias/en_portada/42445/la_icra_garantizará_el_aprovisionamiento_de_huevos_de_atun_rojo_para_la_industria_y_la_investigacion.html.
- JACUMAR (2017). Producción de acuicultura en 2015. <http://www.mapama.gob.es/es/pesca/temas/acuicultura/produccion-de-acuicultura/>.
- ORTEGA-GARCÍA, A., M. SEOKA, A. BELMONTE, J.R. PRIETO, J. VIGURI & F. DE LA GÁNDARA (2011). Cultivo larvario de atún rojo (*Thunnus thynnus*) en el Centro Oceanográfico de Murcia (IEO). Libro de Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Acuicultura. Castelldefels. Noviembre 2011. 2 pp. <http://hdl.handle.net/10508/449>.
- ORTEGA-GARCÍA, A., J. VIGURI & F. DE LA GÁNDARA (2013). Cierre del ciclo biológico en cautividad del bonito atlántico. XIV Congreso Nacional de Acuicultura. (23-25/09/2013. Gijón, España). <http://hdl.handle.net/10508/1560>.
- ORTEGA-GARCÍA, A., J. VIGURI & J.R. PRIETO, A. Belmonte, D. Martínez, M. Velázquez, F. DE LA GÁNDARA & M. Seoka (2014). First results on ongrowing of hatchery reared Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, kept in sea cages. In: EAS Aquaculture Europe 14. San Sebastián (Spain): pp. 931-932. <http://hdl.handle.net/10508/2757>.
- ORTOLÁ, A. (2007). Baños de la Reina. Factoría de salazones. www.morosicristians.com/calpebanoscast.htm.
- PARLAMENTO EUROPEO (2013). La pesca en las Islas Canarias. Autores: Irina Popescu y Juan José Ortega Gras. 57 pp.
- PÉREZ CAMACHO, A. (2007). El cultivo de moluscos bivalvos en Galicia: entre paradigma y la entelequia. XI Congreso Nacional de Acuicultura, Ponencia. 10 pp.
- RAMOS, R. (2016). Las Islas producen poco pescado pese a sus "óptimas cualidades". Canarias 7. 16 abril 2016.
- VERGARA-MARTÍN, J.M., R. HAROUN-TABRAUE, M.N. GONZÁLEZ-HENRÍQUEZ, L. MOLINA DOMÍNGUEZ, M.O. BRIZ MIQUEL, M.O. BOYRA-LÓPEZ, M.O. GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ-DE-MARAÑÓN & A. BALLESTA-MÉNDEZ (2005). Evaluación de Impacto Ambiental de Acuicultura en Jaulas en Canarias. In:

Vergara Martín, J.M., R. Haroun Tabraue & M.N. González Henríquez (Eds).
Oceanográfica, Telde. ISBN: 84-609-4073-X. 110 pp.

3. La pesca artesanal y la conservación de la biodiversidad: avances en la gestión integrada de la pesca y el medio ambiente en el mar de Canarias

Pablo Martín-Sosa

*Investigador del Instituto Español de Oceanografía,
Centro Oceanográfico de Canarias.
pablo.msosa@ca.ieo.es*

Las políticas europeas para legislar en el ámbito marino han mejorado ostensiblemente en su capacidad de planificación y gestión integral del medio marino, aceptando éste como un sistema que se ve afectado por cuestiones que tradicionalmente han sido abordadas desde carteras de gestión estancas.

Aún queda mucho trecho para conseguir una situación ideal. Sin embargo, el personal al cargo del estudio de las Áreas Marinas Protegidas del Centro Oceanográfico de Canarias del Instituto Español de Oceanografía (IEO), ha experimentado una evolución en este sentido integrador.

Desde 2003 se hacían patentes las primeras incursiones de evaluación pesquera del IEO en las Reservas Marinas en Canarias cuando el objetivo básico era evaluar el impacto, previsiblemente positivo, que una figura de protección y sus medidas restrictivas, tenía sobre el sector pesquero artesanal que faenaba en la zona.

A partir de 2009, el personal de este Centro se ha ido sumergiendo en proyectos de otro cariz (INDEMARES, Estrategias Marinas, INTEMARES), con metas prioritarias más centradas en la protección y monitorización de la biodiversidad, pero que no dejan a un lado el análisis de las actividades económicas artesanales que se llevan a cabo en la zona, y lo que

es más importante, la conciliación de estos dos factores. Se muestran ejemplos de las metodologías y resultados de los proyectos llevados a cabo en los últimos 15 años.

A. Las Reservas Marinas de Interés Pesquero en Canarias

Introducción

Dentro de las diferentes figuras de ordenación para la protección marina en España, integradas en la Red de Áreas Marinas Protegidas, las Reservas Marinas de Interés Pesquero son un ejemplo consolidado en el tiempo durante las últimas décadas del siglo pasado y los primeros años del presente, habiendo demostrado en repetidas ocasiones su positivo efecto en el estado de las poblaciones de interés pesquero y como medida de gestión pesquera local/regional.

En Canarias existen tres reservas de este tipo, y a pesar de que son muchas las recomendaciones que desde el sector científico se hacen para que este número se amplíe, y cada una de las islas Canarias tenga una, dada la escasez de intercomunicación de sus poblaciones pesqueras, no ha sido posible aumentar este número desde el inicio de este siglo, no por falta de iniciativas, sino más bien por falta de financiación.

En 1995 se crea la Reserva Marina de La Graciosa e Islotes al Norte de Lanzarote (Fig. 1), aunque se podría decir que su funcionamiento efectivo comienza en 1998, debido a unos difíciles comienzos que se comentan más adelante. Tiene una superficie de poco más de 70.000 ha (700 km²), repartidas entre aguas interiores (por dentro de las líneas de base recta que unen imaginariamente diferentes puntas de las islas), de gestión autonómica (Consejería de Pesca, Gobierno de Canarias) y aguas exteriores (por fuera de las líneas de base recta), de gestión estatal (Ministerio de Pesca, Gobierno de España).

Las aguas de la Reserva se encuentran sobre fondos que van desde los 0 a los 1000 metros de profundidad, aunque la mayor parte están a menos de 200 m, dado que la Reserva está dispuesta sobre la extensa plataforma insular que presenta el norte de Lanzarote. Tiene una escasa Reserva Integral (*no-take*) de una milla náutica de diámetro alrededor del Roque del Este, que se encuentra situado al extremo oriental de la Reserva, donde todo tipo de pesca está prohibido, y que supone únicamente el 1,7% de la superficie total de la Reserva. Según los expertos en la materia, este porcentaje queda muy alejado del 20% ideal para que exista un balance beneficioso entre la zona protegida totalmente que funciona como semillero, y la zona explotada con artes tradicionales por parte de la flota

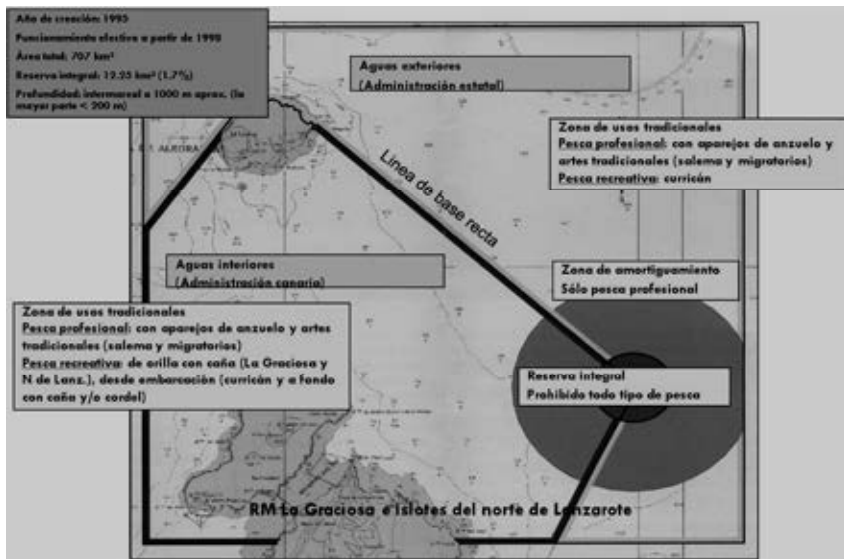


Fig. 1. Mapa de situación y usos permitidos en la Reserva Marina de La Graciosa e Islotes al Norte de Lanzarote (Martín-Sosa *et al.*, 2007b).

artesanal local. La reserva integral queda rodeada por una zona de amortiguamiento de 2 millas de diámetro alrededor del Roque, donde se permite la pesca profesional de túnidos (Fig. 2). En el presente trabajo se utiliza el término “profesional” como antepuesto al de “recreativo”, para diferenciar claramente los dos subgrupos del sector pesquero.

En el resto de la Reserva se les permite a los profesionales de la pesca capturar con aparejos de anzuelo y con artes tradicionales [salemera (Fig. 3) y cañas para túnidos], mientras que los pescadores recreativos pueden utilizar únicamente la currica (Fig. 4) desde embarcación en aguas exteriores, y en aguas interiores, desde embarcación, además de la currica, la pesca a fondo con caña y cordel, y también con caña desde la orilla (en La Graciosa y el Norte de Lanzarote).

La Reserva Marina de La Graciosa e Islotes al Norte de Lanzarote fue una figura impuesta desde las administraciones, que no fue bien recibida por parte del sector pesquero, que nunca la ha sentido como suya. Tiene un inmenso tamaño que hace muy dificultosa su vigilancia con los medios habituales con los que se dotan las Reservas Marinas de Interés Pesquero en España. La zona ha sido tradicionalmente muy explotada por barcos foráneos que han acudido a capturar merluza europea (*Merluccius merluccius*) entre otras especies, provocando un alto estado de explotación de algunos de sus caladeros. Estas circunstancias hacen que el funcionamiento de la Reserva deje bastante que desear y esto se note en su efectividad.



Fig. 2. Buque pesquero pescando túnidos en aguas de Canarias. Autor: IEO-COC-RESMARCAN.



Fig. 3. Buque pesquero pescando con salemera en aguas de Canarias. Autor: IEO-COC-RESMARCAN



Fig. 4. Buque pesquero pescando con currica en aguas de Canarias. Autor: IEO-COC-RESMARCAN

Un año más tarde, en 1996, se declaró la Reserva Marina de Punta de La Restinga–Mar de Las Calmas (Fig. 5), que al revés que la de La Graciosa, se puede considerar que funciona de manera efectiva desde su inicio. Ocupa 750 ha (7,5 km²), con lo que es cien veces más pequeña que su hermana de La Graciosa. 180 ha (1,8 km²) son de reserva integral, un 24% del total, proporción mucho más lógica en el balance entre producción biológica y esfuerzo pesquero. En esta Reserva Integral se permite la pesca profesional de túnidos, dado que son recursos no ligados al fondo, donde se encuentran los hábitats que se necesitan proteger para la regeneración del ecosistema litoral demersal. Por fuera de la Reserva Integral, a ambos flancos, existen dos zonas de amortiguamiento donde se permiten los aparejos de anzuelo (Fig. 6) a los profesionales y el buceo. En el resto de la reserva se permite, además, el uso de artes tradicionales [nasas de camarón (Fig. 7), tambores de morena (Fig. 8)] en el caso de los profesionales, además de la pesca recreativa desde orilla.

La isla de El Hierro está rodeada de fondos muy abruptos sin apenas plataforma, por lo que a pesar de ser una reserva pequeña y muy “pegada” a la costa, se alcanzan los 400 m de profundidad en la zona más alejada de la costa. También, como la anterior, se divide en aguas interiores y exteriores, por lo que tiene una gestión compartida. Esta reserva fue producto de una

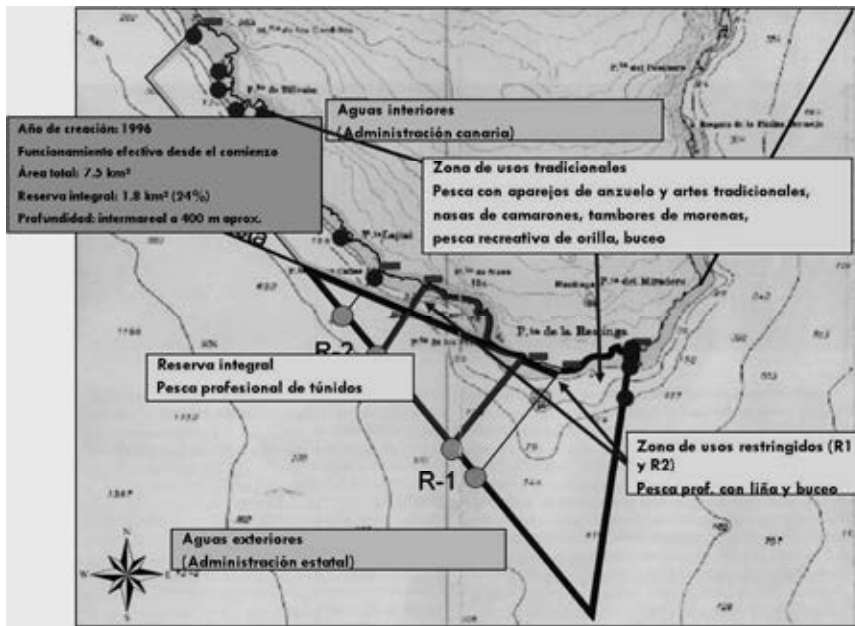


Fig. 5. Mapa de situación y usos permitidos en la Reserva Marina de Punta de La Restinga – Mar de Las Calmas (El Hierro) (Falcón *et al.*, 2007c).

petición del sector, con el que se ponía broche de oro a un largo historial de auto-restricción pesquera conocido en todo el archipiélago. Esta circunstancia, junto con su pequeño tamaño y la buena proporción entre la reserva integral y el resto, hace que la Reserva de La Restinga sea un buen ejemplo de efectividad y aceptable gestión. Los fondos de la Reserva sufrieron en 2011 el evento volcánico más reciente del archipiélago y el alto contenido en sulfuros del material emanado provocó una acidificación y consiguiente ausencia de oxígeno, produciendo una alta mortalidad en la fauna local. Sin embargo, después de 4-5 años, la actividad pesquera ya estaba restablecida de manera más o menos normal, a niveles similares a los anteriores a la erupción. La fauna sésil (corales negros, gorgonias, esponjas duras, etc.) que murió sirve ahora de nicho donde una gran variedad de epifauna sirve de alimento a los nuevos pobladores de las aguas de Las Calmas (Fig. 9).

La última de las reservas marinas declarada en Canarias fue la de isla de La Palma (Fig. 10), en 2001. Tuvo un funcionamiento efectivo desde el comienzo, gracias a una buena labor desde el Servicio de Coordinación y Vigilancia de la Reserva. No es una reserva solicitada expresamente por el sector pesquero, aunque la poca aceptación que pudo tener al principio ha ido mejorando, sin llegar a ser comparable con la de La Restinga. Su diseño



Fig. 6. Buque pesquero pescando con aparejos de anzuelo en aguas de Canarias.
Autor: IEO-COC-RESMARCAN



Fig. 7. Nasas de camarón usada por los pescadores profesionales en Canarias.
Autor: IEO-COC-RESMARCAN



Fig. 8. Buque pesquero pescando con tambor de morenas en aguas de Canarias.
Autor: IEO-COC-RESMARCAN

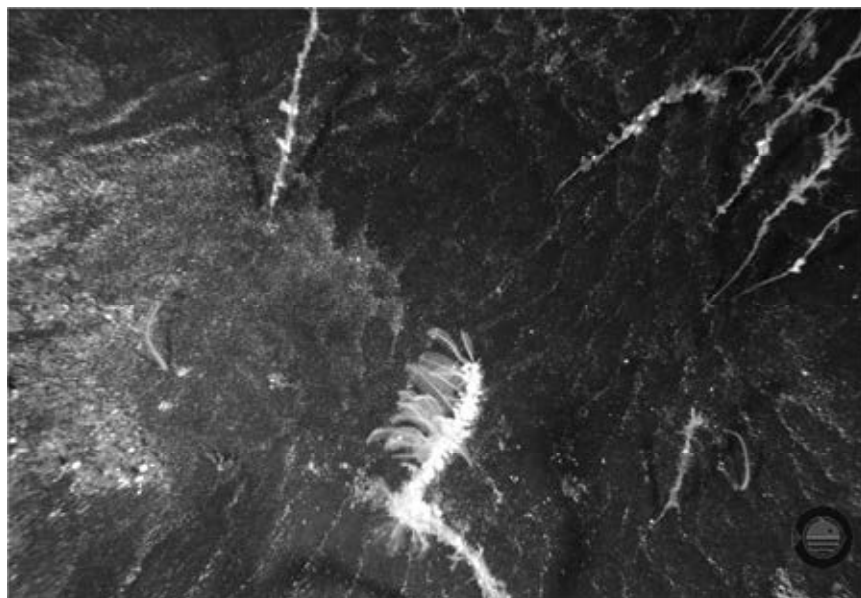


Fig. 9. Corales negros muertos tras el evento volcánico de 2011 en La Restinga, absolutamente cubiertos de fauna epibionte. Autor: IEO-COC-INDEMARES

fue bastante trabajado pero otras razones fuera de las científicas hicieron que a la hora del establecimiento, aquel fuera menoscabado, reduciéndose la superficie y el número de reservas integrales a la mitad respecto de la propuesta de la Universidad de La Laguna (Barquín Díez, 1999).

Alberga más de 3700 ha (37 km²) de superficie marina (cinco veces la de La Restinga). Al igual que en la de La Restinga, el 24% es integral (900 ha, 9 km²). A diferencia de las dos primeras, no tiene zonas de amortiguamiento, no tiene aguas interiores (luego es solo de gestión estatal) y sus límites en alta mar no son líneas rectas sino siguiendo una isóbata (línea imaginaria que une puntos de igual profundidad). La Reserva llega hasta los 1000 m y la integral hasta los 500. En la integral está prohibido todo tipo de pesca, mientras que en el resto los profesionales pueden pescar con aparejos de anzuelo y pesca de túnidos (y una relativamente reciente pesca monitoreada y regulada de tambor de morenas), se puede bucear y los recreativos pescar desde la orilla (Fig 11).

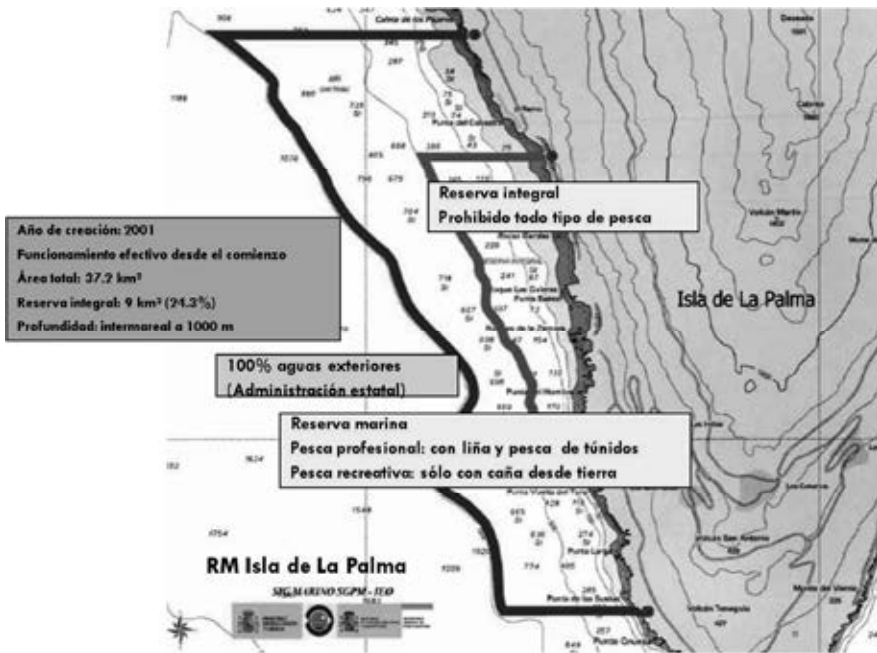


Fig. 10. Mapa de situación y usos permitidos en la Reserva Marina de Isla de La Palma (Martín-Sosa *et al.*, 2009).



Fig. 11. Pescador recreativo de orilla. Autor: IEO-COC-RESMARCAN

Objetivos y efectividad de las Reservas Marinas de Interés Pesquero

El objetivo principal de esta figura es la de asegurar la perdurabilidad de la pesca artesanal local mediante la ordenación de la misma y la protección de los recursos. Una condición *sine qua non* para el sector afectado por la implantación de una reserva es la del censo de flota que se establece únicamente con las unidades que demuestran una habitualidad en la zona, ya que esta medida asegura (o debería asegurar) que el sector pesquero usuario va a beneficiarse en exclusividad de los beneficios de la figura de protección, beneficios que siempre llegan en el medio y largo plazo, dado que primero, los pescadores tienen que sufrir la merma de caladeros y las restricciones de usos pesqueros que suponen el establecimiento de la reserva. En la Reserva de El Hierro fue sencilla la transición, dado que casi la totalidad del sector ya estaba usando únicamente las artes pesqueras que permitiría la Reserva. No fue lo que ocurrió en La Graciosa, donde parte del sector se adaptó a los usos permitidos por la Reserva, dado que salir fuera de ella suponía hacer mareas más largas, ni mucho menos en La Palma, donde es escaso el número de

pescadores que aprovechan la exclusividad de pesca que proporciona la reserva, prefiriendo seguir pescando con nasas y paños (redes de enmalle) fuera de la misma. En La Palma el sector profesional ve al recreativo como una gran amenaza para la Reserva. Este es un hecho que se da en toda Canarias y en el resto de reservas, pero que hemos experimentado de manera acuciante aquí.

Las Reservas Marinas de Interés Pesquero han demostrado en muchas zonas del mundo que son un seguro, frente a otras medidas tradicionales, en lo que a la gestión pesquera se refiere. Es una figura que combina las medidas de restricción del esfuerzo pesquero, limitando la flota operativa y contingentándola de manera que no crezca con el tiempo, con las restricciones espaciales tipo veda, pero de manera permanente, todo esto combinado con una limitación de usos pesqueros que suele ser gradual entre fuera de la reserva, donde no hay prohibición alguna, y la zona integral donde normalmente no se permite uso pesquero ni recreativo alguno.

A pesar de ser instrumentos de gestión pesquera, también se han revelado como buenas herramientas para la generación de actividades turísticas relacionadas con el mar como el buceo o la navegación, e indirectamente para generar riqueza en otros sectores del turismo costero local como la hostelería y la restauración.

En todas las Reservas Marinas del Estado Español se permite, en la zona de usos moderados, algún uso pesquero. Este hecho responde al objetivo primero de esta figura, mencionado más arriba, de asegurar la perdurabilidad de la pesca artesanal local. La protección total que ofrece la zona integral, normalmente situada en un área donde se propicia la cría y el alevinaje de las especies costeras, permite un crecimiento seguro de los stocks dentro de la zona integral, que se traduce en un desbordamiento (*spill over*) de la masa adulta debido a procesos de densodependencia (la alta densidad de población hace que parte emigre hacia fuera), a la vez que, si la zona integral está bien situada, esto es, que las corrientes y la ausencia de barreras físicas como cambios bruscos en los hábitats, se favorece el transporte hídrico desde la integral hacia fuera permitiendo una exportación de huevos y larvas de las especies protegidas. De esta manera se pretenden recuperar y mantener las poblaciones de peces, crustáceos y/o moluscos de interés comercial en las zonas adyacentes.

La efectividad de las Reservas Marinas depende de varios ingredientes como la definición de objetivos, el emplazamiento, la zonación, el régimen de usos, la vigilancia y el monitoreo. Es, para empezar, imprescindible, una definición previa y clara de unos objetivos que sean fácilmente constatables y medibles. Esta es una cuestión de la que a menudo carecen las iniciativas de protección marina. Por otro lado, el emplazamiento y la zonación de la reserva deben cumplir varias premisas. Debe emplazarse en una zona que,

si no es rica en presencia de hábitats y especies, propiciando un buen, potente y equilibrado ecosistema, al menos sí debe tener el potencial de llegar a serlo (normalmente lo fue y su estado actual es producto de la sobre-explotación u otra razón). En especial es importante la capacidad que tenga la zona integral de actuar como semillero. La zona integral no puede ser ni demasiado pequeña (el ideal, un 20% del total de la reserva) ni estar mal situada respecto al régimen hídrico (recordemos el objetivo de *spill-over*) ni tener en su borde, al igual que la propia reserva en su límite externo, cambios bruscos de fondo y hábitat que impidan la exportación de masa adulta. Para cumplir el ideal de emplazamiento, la zona debe tener una buena representación de varios tipos de fondos/hábitats.

El régimen de usos debe establecerse conforme a los objetivos que se persiguen y a la fragilidad de los hábitats y especies que se protegen, pero sin perder de vista que la reserva se establece para un aprovechamiento pesquero. Es imprescindible una vigilancia suficiente como para asegurar el cumplimiento de este régimen establecido y, finalmente, y a pesar de la gran cantidad de ocasiones en que brilla por su ausencia, es tremendamente esencial la adopción de programas continuos de monitoreo o seguimiento científico que permita conocer el grado de cumplimiento de los objetivos de la reserva y asesorar a la administración sobre la dinámica del régimen de usos, el emplazamiento y la zonación, cuestiones estas que no deben ser rígidas sino adaptarse según la evolución de la reserva desde su establecimiento.

Monitoreo científico de las Reservas Marinas

Como ya se mencionaba al final del apartado anterior, el objetivo del monitoreo o seguimiento científico es determinar la validez de la reserva como herramienta de gestión pesquera tal y como se establece, con su emplazamiento, zonación, régimen de usos y vigilancia; de esta manera, por tanto, podremos comprobar el nivel de cumplimiento de los objetivos iniciales, del efecto que pretendíamos con la reserva.

La metodología general ideal para aplicar este monitoreo comienza por conocer bien el medio donde se establecerá la reserva, a través de estudios previos. Esto, desgraciadamente es casi nunca posible, dado que no existe ese grado de planificación previa en las administraciones, funcionando más a golpe de presupuesto anual, de manera que si aparece la oportunidad de dotar de presupuestos el establecimiento de una de estas reservas, no se espera a primero, presupuestar un estudio científico previo de la zona, el cuál es ideal luego como punto de referencia para poder comparar en el tiempo. Para el monitoreo se establece un diseño experimental, como para cualquier estudio científico, el cual se aplica por medio del muestreo y las técnicas oportunas. Una vez analizados los datos de nuestro seguimiento, y

obtenidos los resultados, se hacen conclusiones y recomendaciones a las administraciones sobre las posibles medidas a adoptar en el caso que el grado de consecución de las metas sea mejorable.

En los albores del seguimiento científico de las reservas marinas en Canarias (años 90 del siglo XX), el grupo de investigación BIOECOMAC (Biología, Ecología Marina y Conservación) de la Universidad de La Laguna, dirigido por el Dr. Alberto Brito, realizó (y sigue realizando) numerosos estudios en las reservas, en especial en las de La Restinga y La Graciosa. Estos trabajos, que no tuvieron siempre la continuidad deseada debido a la falta de una fuente de financiación estable y duradera por parte de la administración pesquera, aplicaban técnicas de muestreo como el recuento visual estacionario de peces, los transectos para determinar la presencia de erizos, lapas y burgados, y el análisis de las descargas de especies de interés pesquero en los puertos de las reservas. El diseño de muestreo realizaba un seguimiento de estaciones fijas agrupadas en sectores y niveles de protección para valorar el efecto que la reserva tenía sobre la abundancia, la biomasa y la talla de las especies objetivo de la protección (y la explotación).

Ya iniciado el siglo XXI y establecidas las tres Reservas Marinas de Interés Pesquero que actualmente existen en Canarias, se iniciaron los Convenios de Colaboración entre la Secretaría General de Pesca y el IEO para el seguimiento científico de estas figuras de protección. Los objetivos de estos trabajos fueron describir las pesquerías artesanales en el ámbito de las reservas, estudiar la evolución y el origen de las capturas de la flota artesanal, la distribución de tallas de esas capturas en lo que a las especies más representativas se refiere, y la estimación de la abundancia y las distribuciones de talla por especies a partir de las capturas en pescas exploratorias, haciendo comparaciones espaciales y temporales.

Durante los años que duró esta colaboración, que finalizó en 2012 y no ha vuelto a retomarse por falta de financiación, se aplicaron cinco metodologías diferentes. La única de las cuáles que no dependía de la financiación externa y aún hoy sigue manteniendo el IEO es la Red de Información y Muestreo, consistente en un número de informadores-muestreadores que a pie de puerto registran las descargas del sector pesquero profesional en todos los principales puertos de las islas. Se identifican las especies, se registran los volúmenes de descarga y se hacen muestreos de tallas de las especies principales de la pesquería.

Tanto en la Reserva Marina de La Graciosa, donde solo se llevaron a cabo dos años debido a que se constató que el tamaño de la Reserva hacía de esta metodología una opción demasiado costosa, como en La Palma, donde existe una serie histórica de siete años, se realizaron campañas de evaluación o prospección pesquera (comúnmente llamadas “pescas experimentales”) por medio de las cuales se hacía un muestreo sistemático

con redes de enmalle y palangres horizontales de fondo a diferentes profundidades (Fig. 12), diseño de muestreo que se repetía de un año a otro para poder comparar espaciotemporalmente la abundancia, talla y biomasa de las especies de interés pesquero. En el caso de la Reserva de La Restinga, y dado que existía la preocupación del nivel de impacto que

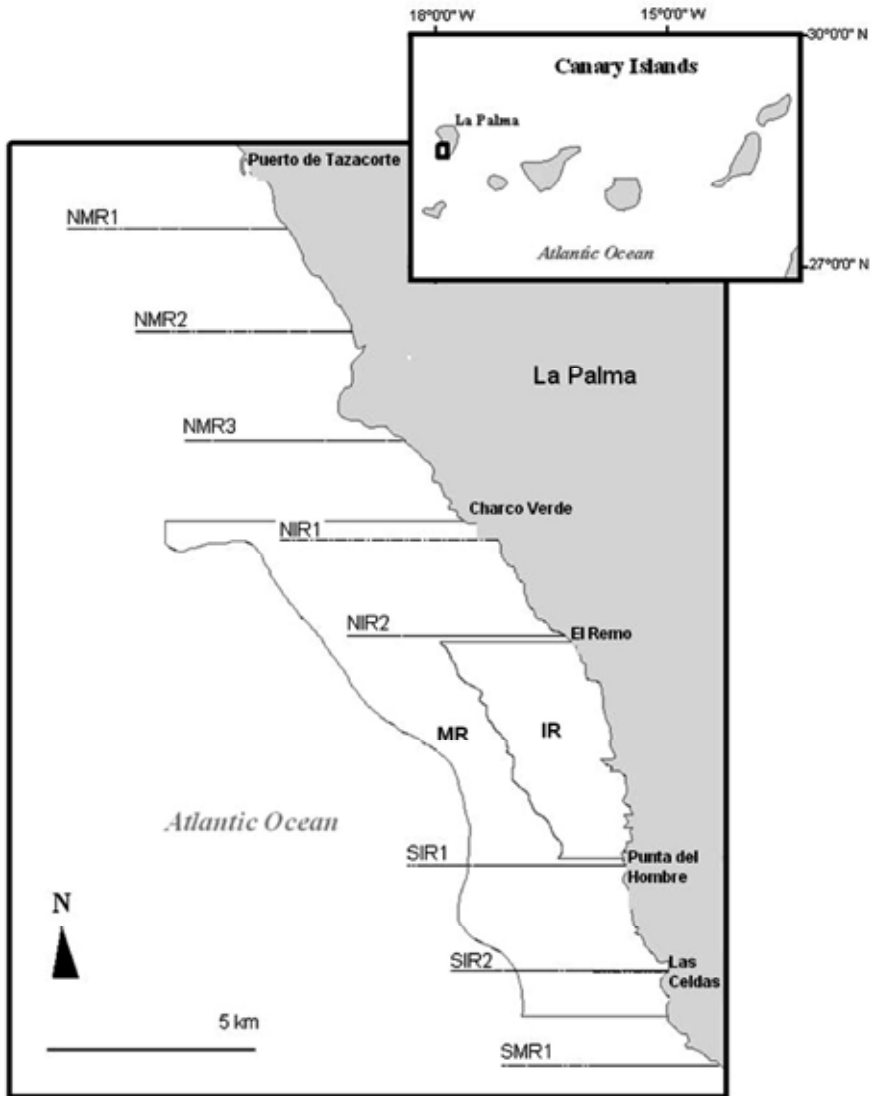


Fig. 12. Diseño de muestreo con redes de enmalle y palangre horizontal de fondo realizado en las campañas de evaluación pesquera en la Reserva Marina de La Palma (2003-2010). Autor: IEO-COC-RESMARCAN

podiera estar provocando la pesca recreativa de caña desde orilla, se realizó un estudio durante tres veranos seguidos para valorar este impacto por medio de la estimación de la abundancia, biomasa y tallas en las capturas de este sector (Fig. 13). En la Reserva de La Palma, y en colaboración con el Servicio de Coordinación de esa reserva, se llevaron a cabo estudios ecológicos para el seguimiento de los peces, erizos y recubrimiento algal similares a los realizados por la Universidad de La Laguna en las otras dos Reservas.



Fig. 13. Encuesta durante los estudios del impacto de la pesca recreativa de orilla en la Reserva Marina de La Restinga (2006-2008). Autor: IEO-COC-RESMARCAN

Otra metodología muy importante aplicada en estos estudios, que ha supuesto una ingente cantidad de información, y que luego ha sido aplicada a proyectos posteriores relativos al estudio de la huella pesquera, es la de los programas de embarques de observadores científicos a bordo de buques pesqueros en el ámbito de las Reservas. Estos programas se llevaron a cabo en las tres Reservas y consistieron en el embarque de varios observadores en los diferentes tipos de actividades pesqueras que cada flota realiza según el uso de diferentes artes y métodos pesqueros. Cada campaña de embarques se repetía estacionalmente para cubrir las variaciones que a lo largo del año se producen en la pesca de manera natural según la variabilidad de la disponibilidad de los recursos y del estado del mar. En estos programas, a diferencia de las pescas exploratorias, no se interfiere en

la jornada normal de pesca de la embarcación, y se registra la información del origen de la captura, la distribución espacial del esfuerzo pesquero, que es imposible de adquirir in situ con la Red de Información y Muestreo. Además de esta información, y de las estimaciones oportunas de abundancia, biomasa y tallas por especies, se adquiere una valiosa información sobre la metodología pesquera, las características de las artes, la operación de pesca, carnadas, especies objetivo, caladeros, etc., lo que permite tener una visión mucho más completa del sector artesanal de Canarias. Esta información, entre otras cosas, ha servido y sirve para ayudar a la imprescindible labor de asesoramiento a la administración que tiene encomendada el IEO.

B. La Red Natura 2000 marina en Canarias y el proyecto INDEMARES

Antecedentes

El porcentaje del área marina protegida respecto del total sigue siendo ridículo, tanto en Canarias como en el resto del Estado, comparado con el terrestre. La Comisión Europea (CE) apremia a los Estados Miembros para que tengan protegido un mínimo del 10% de su espacio marino antes de 2020.

A propuesta del Gobierno de Canarias, la Comisión Europea aprobó la declaración de una serie de Lugares de Interés Comunitario (LIC) marinos canarios en 2001. A estos se añadieron otros tres más propuestos en 2006, publicando la CE una lista actualizada de LIC en 2008. En 2011 estos LIC pasaron a ser declarados Zonas de Especial Conservación (ZEC) en un proceso acelerado, fuera de tiempo (lo que le costó a España una multa por parte de la CE), y que generó los obligatorios Planes de Gestión de estas ZEC, cuyo contenido deja que desear bastante en cuanto a las especificidades y particularidades de cada zona, dado que su elaboración no fue el resultado de un proceso científico y participativo como debiera haber sido. Con anterioridad a la designación de LIC, en la Comunidad Autónoma se habían declarado veintiocho Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). A finales de 2006, por acuerdo del Gobierno de Canarias, se aprobó la propuesta de quince nuevas áreas para su designación como ZEPA, ampliándose además las superficies de doce de las anteriormente designadas.

En 2009 se inició el proyecto LIFE + INDEMARES (Inventario y Designación de la Red Natura 2000 Marina en España), que culminó con la declaración de nuevos LIC marinos, dos de ellos en Canarias, el Banco de La Concepción (Fig. 14) y el Espacio Marino al Sur y Este de Lanzarote y

Fuerteventura (en la Fig. 15 puede verse el área de estudio del IEO, restringida a los montes del Sur de Fuerteventura). El primero de ellos fue declarado en 2014, al término del proyecto. El segundo, y debido a que entraba en conflicto con las intenciones de REPSOL y de las administraciones estatal y autonómica, de hacer prospecciones en busca de petróleo en el entorno de este futuro LIC, no fue declarado hasta 2015, una vez que REPSOL constató que sus intenciones no eran rentables y las abandonó. Como resultado del proyecto INDEMARES España pasó del 1 al 8% de su mar protegido, acercándose al objetivo europeo de 2020. También se designaron treinta y nueve Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), basadas en el inventario de Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (IBA) marinas.

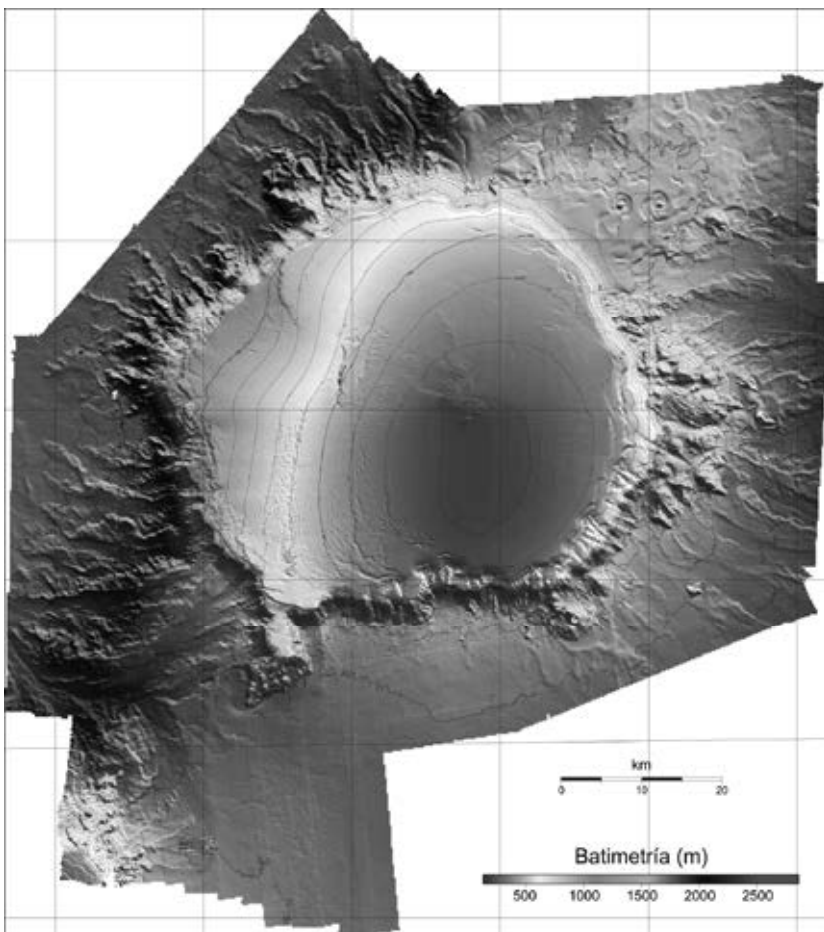


Fig. 14. Modelo digital del terreno de la zona de estudio del IEO en el LIC Banco de La Concepción. Autor: IEO-Madrid-INDEMARES

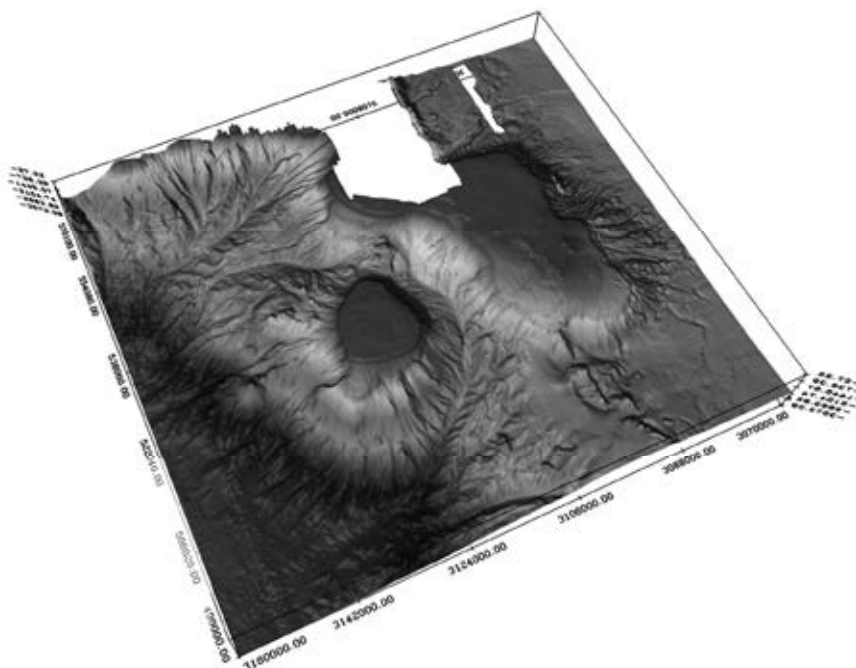


Fig. 15. Modelo digital del terreno de la zona de estudio del IEO en el LIC Espacio Marino al sur y oriente de Lanzarote y Fuerteventura. El trabajo del IEO se restringió a los montes submarinos del sur de Fuerteventura. IEO-Madrid-INDEMARES

En la actualidad estamos inmersos en el proyecto LIFE IP-PAF INTEMARES (Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino), que ofrece una inmejorable oportunidad para redactar los Planes de Gestión de estos nuevos LIC marinos a conciencia y como resultado de un proyecto de investigación que contempla una evaluación de insuficiencias, la mejora del conocimiento científico de las zonas y un diagnóstico del impacto de las actividades humanas, entre otras cuestiones. También este proyecto incluye la caracterización de nuevas zonas para ser protegidas, aunque ninguna en Canarias.

El Proyecto INDEMARES: hábitats y valoración ecológica

Coordinado por el Ministerio de Medio Ambiente y la Fundación Biodiversidad, y con varias instituciones científicas (entre las que estuvo el IEO) y varias ONG de socios, el proyecto INDEMARES tuvo lugar entre 2009 y 2013, gestionó 16 millones de euros, la mitad de financiación

Europea, la mitad de financiación estatal, y nació con los siguientes objetivos generales: Promover la participación de todas las partes implicadas, completar la identificación de la red NATURA 2000 marina en España, establecer las directrices de gestión y monitorización de los lugares propuestos para la Red Natura 2000, y sensibilizar a la población sobre la importancia de la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Las principales acciones consistían en la realización de estudios científicos a través de campañas oceanográficas en cada una de las diez zonas (dos de ellas en Canarias) identificadas para hábitats y especies marinas (principalmente cetáceos, reptiles y aves), la monitorización de actividades humanas y sus tendencias, la valoración de las consecuencias de la declaración de los LIC y ZEPA propuestos, el seguimiento y evaluación de la contaminación deliberada por vertido de hidrocarburos, y campañas de información, participación y sensibilización. En cuanto a las prioridades para la investigación en todas las zonas por parte del IEO, estas eran la identificación y cartografiado de hábitats y especies contemplados en las Directivas Europeas y el estudio de la huella pesquera de los últimos tres años, las capturas y el esfuerzo georreferenciado a través de VMS (*Vessel Monitoring System*, sistema de seguimiento de buques por satélite) o de otras metodologías alternativas en ausencia de este sistema. En concreto, los hábitats eran el 1120 – Praderas de posidonia, el 1170 – Arrecifes (Corales aguas frías, bosques de gorgonias y agregaciones de esponjas) y el 1180 – Estructuras submarinas producidas por la expulsión de gases. Las especies eran reptiles, mamíferos, y tiburones de fondo.

El proyecto exigió la puesta en marcha campañas oceanográficas complejas llevadas adelante por equipos multidisciplinares (Figs 16 y 17). Primero fue necesario un estudio geomorfológico que caracterizara las zonas según tipos de fondo, con una batimetría fina que permitiera conocer bien las características del lecho sobre el que se iba a muestrear. Para el estudio de los hábitats y especies, y poder así caracterizar bionómicamente la zona, se usaron un compendio de metodologías (Fig. 18). La fauna bentopelágica, que ocupa los primeros metros de agua desde el fondo, y responsable en parte del acoplamiento bentopelágico, la conexión trófica entre el plancton (organismos que viven flotando en la columna de agua) y el bentos (organismos que viven ligados al fondo), fue muestreada con una red de arrastre WP2. La fauna demersal (ligada al fondo pero con mayor movilidad) se caracterizó con nasas y palangres de fondo, mientras que la fauna bentónica, muy importante para el proyecto puesto que algunas de sus especies conforman y estructuran los hábitats sensibles que se debían inventariar en el proyecto, se muestreó, en el caso de los fondos blandos con un bou de varas (*beam trawl*), que es un arte de arrastre pequeño y de boca fija y rígida (sin puertas), y en el caso de fondos duros con una draga de arrastre bentónico. La infauna, es decir, aquellos animales que viven



Fig. 16. B/O Ángeles Alvariño, del IEO, utilizado para varias campañas del proyecto INDEMARES. Autor: Jaime E. Rguez Riesco



Fig. 17. Equipo de investigación de la campaña INCOECO 0611, realizada en aguas del Banco de La Concepción en el marco del proyecto INDEMARES. Autor: IEO-COC-INDEMARES

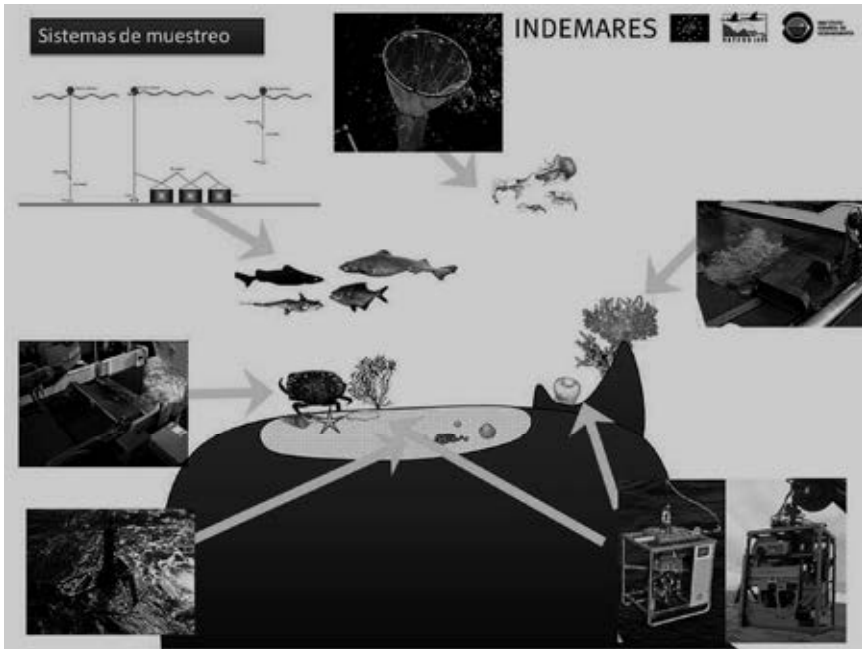


Fig. 18. Compendio de metodologías utilizadas en INDEMARES para caracterizar bionómicamente las zonas de estudio. Autor: Adaptado de A. Serrano, IEO-COS-INDEMARES

enterrados en la arena, fue analizada con una draga de fango *box-corer*. Además de todos estos muestreadores directos, se utilizaron dos muestreadores visuales, un trineo fotogramétrico arrastrado y un vehículo de control remoto o ROV. Los muestreadores visuales nos permiten ampliar ostensiblemente el área de muestreo sin aumentar el impacto que generamos sobre el fondo. Sin embargo, sería difícil poder hacer este trabajo únicamente con los muestreadores visuales puesto que muchas especies deben ser identificadas con lupa o microscopio, por lo que es necesaria su captura. Ambos muestreadores visuales graban fotos o vídeos. La diferencia es que el trineo fotogramétrico es arrastrado por el barco a poca distancia del fondo por medio de un cable de acero electromecánico por el que las imágenes se ven a bordo en tiempo real, pero que no tiene autonomía de movimiento. El ROV, sin embargo, tiene varios motores que le permiten ser maniobrado por operarios especializados desde el barco. También tiene otra ventaja, la de tener brazos articulados que permiten la captura a pequeña escala de muestras de individuos sésiles (sin capacidad de desplazamiento). La ventaja del trineo es la capacidad de hacer muestreos más extensivos que el ROV (transectos mayores).

A partir de la información geomorfológica, que nos ofrece un mapa continuo de la zona de las variables ambientales tales como profundidad, pendiente, rugosidad, orientación, etc. y de los muestreos realizados por las metodologías antes expuestas, se aplican modelos de idoneidad de hábitats que permiten estimar el mayor o menor grado de idoneidad de la presencia de una hábitat determinado en cada punto de nuestra área de estudio, según las variables ambientales presentes en ese punto. Es esta una herramienta que permite predecir el nicho ecológico de la especie generando una visión global de los ecosistemas existentes a partir de la información disponible. Por tanto, a partir de mapas geomorfológicos y de mapas con las estaciones de muestreo, obtenemos a través del modelado mapas de distribución de hábitats (Fig. 19).

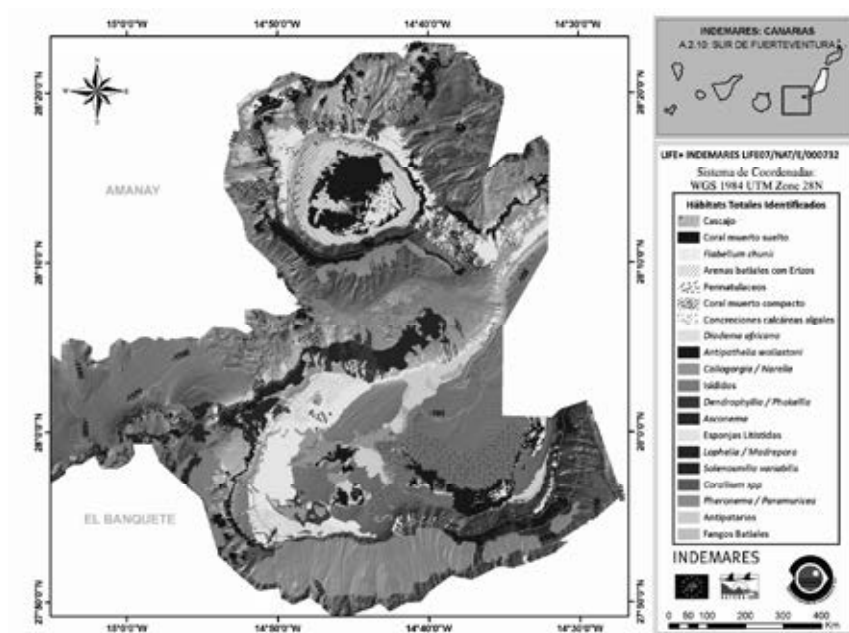


Fig. 19. Mapa de distribución de las comunidades bentónicas encontradas en los montes submarinos del sur de Fuerteventura durante el proyecto INDEMARES. Autor: IEO-COC-INDEMARES

Del Anexo II de la Directiva Hábitats de la UE, el único hábitat encontrado en las zonas de estudio canarias de INDEMARES es el 1170 (“arrecifes”). La definición del 1170, según la Unión Europea, es, textualmente en inglés: *Reefs can be either biogenic concretions or of geogenic origin. They are hard compact substrata on solid and soft bottoms, which arise from the sea floor in the sublittoral and littoral zone.*

Reefs may support a zonation of benthic communities of algae and animal species as well as concretions and corallogenic concretions (EC DG Env., 2007).

Dado que entra dentro del hábitat 1170 cualquier sustrato compacto y duro, de origen biogénico o geogénico, esté sobre fondos duros o blandos, y que soporte una comunidad de algas o animales, incluyendo concreciones coralígenas, la variedad de comunidades encontradas que entran dentro de esta categoría es alta, con grandes diferencias estructurales y específicas entre ellas. Además del trabajo exigido por la CE para RN 2000 de establecer la distribución de 1170 en las zonas, se hizo un trabajo de distribución de las diferentes comunidades encontradas. Algunas de estas son: roca batial con *Pheronema carpenteri* y *Paramuricea biscaya*, arrecife de corales profundos de *Lophelia pertusa* y/o *Madrepora oculata*, roca batial con grandes esponjas hexactinélidas (*Asconema*), comunidad de esponjas litístidas (*Leiodermatium-Neophryssospongia*) y *Viminella flagellum*, comunidad de antipatarios, roca batial con *Callogorgia verticillata*, roca batial con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*, roca batial con Isídidos, fondos de rodolitos y macroalgas foliosas, roca batial con *Solenosmilia variabilis*, o bancos profundos de *Antipathella wollastoni* sobre roca circalitoral.

La valoración ecológica que tiene cada una de estas comunidades es la resultante global de la asignación de valores a un conjunto de parámetros o características particulares de las comunidades o especies, que se aplican por zonas, y que son de naturaleza muy diversa y no siempre perfectamente cuantificable. Así, en la mencionada valoración intervienen aspectos como el estado de conservación, la biodiversidad en sentido amplio, la presencia de especies y comunidades protegidas o catalogadas por su estado de conservación o importancia singular, la presencia de endemismos, la capacidad productiva, la importancia como zonas de reproducción y cría, esto es, el valor para la conservación de los recursos, etc.

Difícilmente se puede emplear un índice cuantitativo, totalmente aséptico e independiente de los intereses del observador que hace el juicio, que a su vez lleve implícita toda la información necesaria para realizar la valoración ecológica; aunque se tratara de una combinación de índices, siempre existiría la duda de si alguno de ellos tiene mayor importancia que otros. Se utilizó, pues, un panel de expertos para hacer esta valoración, que se fijó en las siguientes variables: presencia de comunidades ricas en biodiversidad, de especies y hábitats protegidos, especies de distribución restringida, singularidad o representatividad, especies estructurantes, capacidad productiva, hábitats esenciales, interés pesquero, estado de conservación, grado de madurez, proximidad a zonas con alto valor ecológico y conectividad. La valoración ecológica que en cada punto se le dio a cada comunidad constituye un índice general de valoración ecológica

(IVE) que varía según la comunidad, resultando en un mapa con la distribución espacial de este IVE.

El Proyecto INDEMARES: huella pesquera

En el caso del Banco de La Concepción, la mayor parte de la flota que faena tiene una eslora mayor de 15 m, por lo que está obligada a llevar a bordo una caja azul para su seguimiento por satélite (*Vessel Monitoring System*) y a rellenar diarios de pesca con las capturas (*logbooks*). Cruzando la información de estos sistemas se puede determinar de una manera precisa, la huella pesquera: identificación de *metiers*, distribución espacial del esfuerzo pesquero, seguimiento de capturas. Este sistema de adquisición de información se complementó con alguno de los que veremos a continuación para el caso de los montes submarinos al Sur de Fuerteventura, Amanay y El Banquete. En el caso de esta zona, la gran mayoría de buques pesqueros son menores de 15 m y no tienen un seguimiento por satélite. La determinación de su huella pesquera, pues, ha supuesto un gran trabajo de campo consistente en entrevistas a los pescadores, muestreos biológicos en puerto y programas de embarques de observadores usando la metodología que ya había sido puesta en práctica en el caso ya mencionado anteriormente de las Reservas Marinas de Interés Pesquero.

Son cinco las flotas que operan en los montes del Sur de Fuerteventura. Una flotilla de unos cincuenta buques locales (con puerto origen en Fuerteventura), con una eslora de 6-13 m, sin VMS, realiza una pesca artesanal multiespecífica con cañas y liñas manuales o mecanizadas, catalogada en el censo de flota oficial como “Artes Menores Canarias”. Este tipo de flota no se encuentra operando en el Banco de La Concepción. Tiene una gran importancia económica local y es una actividad que puede conciliarse a priori sin problema alguno con la protección de los hábitats y comunidades sensibles encontrados en la zona de estudio. Parte de la flota es permanente en la zona todo el año, procedente del puerto más cercano, Morrojaible (Sur de Fuerteventura), otra parte permanece en la zona estacionalmente, procedente del mismo puerto y de Gran Tarajal (Fuerteventura), puerto del que también proviene otra parte de la flota que opera en la zona de manera estacional y solo ocasionalmente.

Las otras cuatro flotas son comunes a ambas zonas de estudio INDEMARES (Fig. 20), tienen VMS, y consisten en un par de barcos que usan liñas mecanizadas con una eslora de 15-16 m, otro par que usan palangre de fondo con una eslora de 19-23 m, consideradas ambas flotas

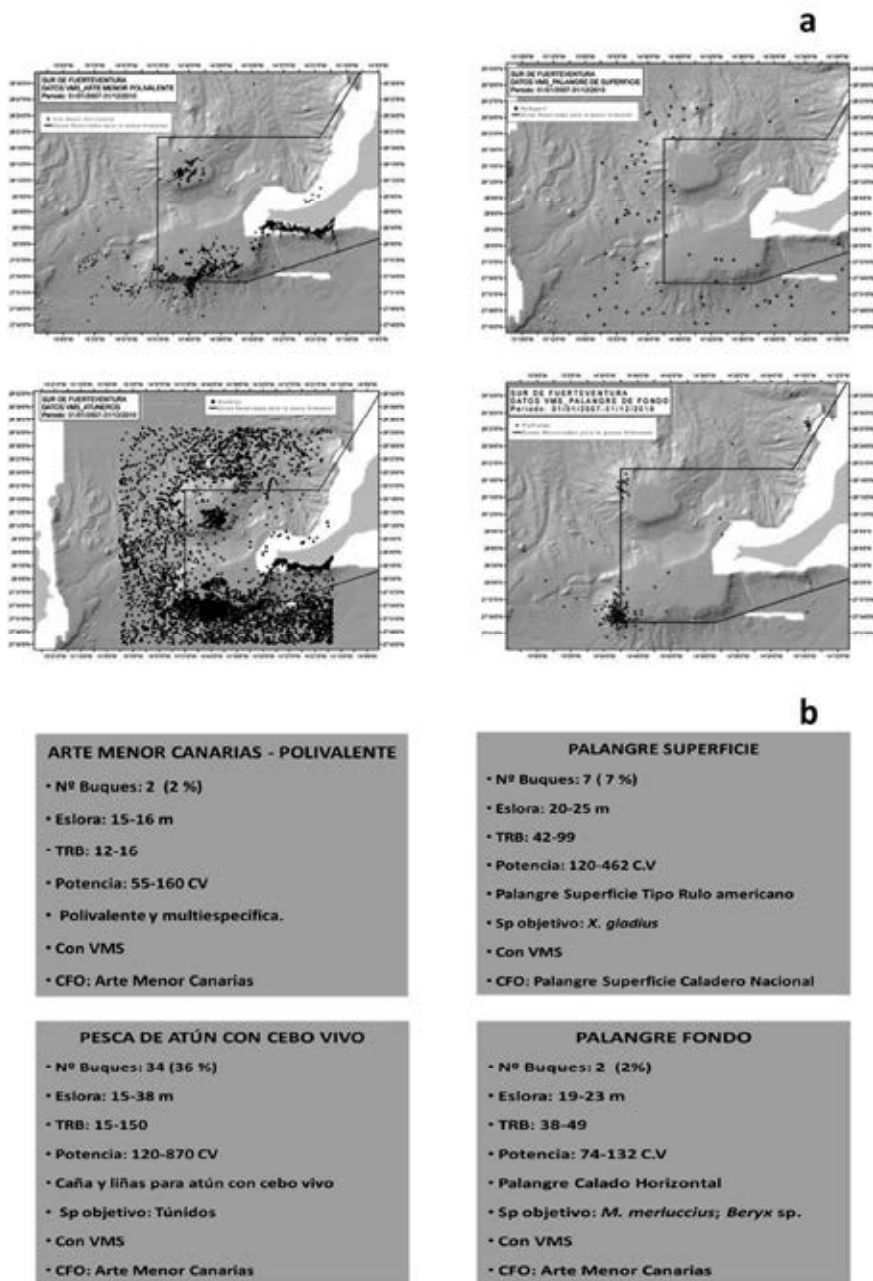


Fig. 20. Mapa de distribución espacial (a) y características (b) de las flotas operando en la zona de estudio del Sur de Fuerteventura (Proyecto INDEMARES). En el Banco de La Concepción también operan estas 4 flotas. En el Sur de Fuerteventura, además, existe una amplia flotilla artesanal sin sistema de seguimiento por satélite (VMS). Autor: IEO-COC-INDEMARES

también como de “Artes Menores Canarias” y con objetivo multiespecífico, algunos barcos de palangre de superficie con esloras de 20-25 m, procedentes del sur de la Península y que tienen al pez espada como única especie objetivo, y una flota de más de treinta unidades atuneras procedentes de todas las islas Canarias, también catalogadas como “Artes Menores Canarias”, con esloras entre los 15 y los 38 m, que pescan varias especies de túnidos con cañas o liñas con cebo vivo. Las flotas que pescan de superficie tampoco realizan un impacto directo en el fondo por lo que a priori no se ve inconveniente para que sean compatibles con la protección de los hábitats y la biodiversidad bentónica encontrada. Las liñas, aun siendo mecanizadas, son también de muy bajo impacto. De los metiers identificados, el palangre horizontal de fondo, de al menos quinientos anzuelos y más de 1 km de longitud, que se deja pescando en el fondo, puede producir gran impacto en la rotura de especies estructurantes de comunidades sensibles encontradas en la zona, tales como algunas especies de corales, gorgonias y esponjas.

C. Gestión marina integrada

Los problemas que afronta la protección de nuestros mares, en especial en la zona costera, son complejos y polifacéticos. Nuestro medio ambiente marino y costero está sobre-presionado tanto por parte de fuentes terrestres como marinas. La Legislación Europea para proteger el medio marino se ha venido implementando progresivamente en muchas áreas relevantes. Tiene ya una larga historia la Política Pesquera Común (PPC), a través de la cual se vienen regulando las pesquerías desde el mismo inicio de la Comunidad Económica Europea en el Tratado de Roma, aunque anexionada entonces a la Política Agrícola. Desde su reforma en 2002 tiene como objetivo principal garantizar la sostenibilidad de la pesca y la estabilidad de los ingresos y los puestos de trabajo de los pescadores. En 2013, el Consejo y el Parlamento alcanzaron un acuerdo para crear una nueva PPC con miras a la sostenibilidad a largo plazo de las actividades de la pesca y la acuicultura desde los puntos de vista medioambiental, económico y social.

La Directiva marco del agua es una norma del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco de actuación comunitario en el ámbito de la política de aguas. Nace en 2000 con la vocación de garantizar la protección de las aguas y promover un uso sostenible que garantice la disponibilidad del recurso natural a largo plazo, y con su nacimiento, el agua pasa de ser considerada en la UE de un simple recurso a contemplarse como el factor clave para la conservación de los sistemas vivos asociados al mismo.

La legislación mencionada arriba, aun suponiendo herramientas complementarias y cruciales para la protección del mar, solo contribuye a su protección desde una perspectiva sectorial y fragmentada. La UE, con el tiempo, ha ido entendiendo y asumiendo esto y respondiendo a los retos que la gestión marina integrada le suponen, adoptando algunos instrumentos. Ya en 2002 publicó la Recomendación sobre la Gestión Costera Integrada. Era el culmen de un proceso que inició en 1996 la Comisión Europea para identificar y promover medidas destinadas a detener y remediar el deterioro de los recursos medioambientales, socio-económicos y culturales de las zonas costeras, así como a mejorar su situación global. Sus principales objetivos son coordinar las diferentes políticas que influyen sobre las regiones costeras de la Unión, planificar y gestionar los recursos y espacios costeros, proteger los ecosistemas naturales, incrementar el bienestar social y económico de las regiones costeras y desarrollar su potencial.

Pero la integración de la gestión marina, gestionada por una política propia de la UE, nace en 2007 con la Política Marina Integrada (PMI). Fue la primera vez que una política reunía todos los sectores que afectan a los océanos. La PMI quiere ofrecer un planteamiento más coherente de los asuntos marítimos con una mayor coordinación entre los distintos ámbitos. Se centra en asuntos no englobados en políticas sectoriales, como el "crecimiento azul" (crecimiento económico basado en diferentes sectores marítimos), y en asuntos que requieren la coordinación de distintos sectores y agentes, como el conocimiento del medio marino. En concreto, abarca las siguientes políticas transversales: crecimiento azul, conocimientos y datos del mar, ordenación del espacio marítimo, vigilancia marítima integrada, y estrategias de cuenca marítima. Su objetivo es coordinar, no sustituir, las políticas en sectores marítimos específicos.

Por fin, en 2008, aparece la Directiva Marco de las Estrategias Marinas (DMEM), que establece un enfoque global e integrado para la protección de todas las costas y mares europeos. La DMEM establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino y que los Estados Miembros deben adoptar las medidas necesarias para lograr o mantener un buen estado medioambiental del medio marino a más tardar en el año 2020. Para esto, cada Estado Miembro debe elaborar una estrategia marina para cada región o subregión marina.

Las estrategias marinas constituyeron un plan de acción a llevarse a cabo para cada demarcación marina, y que conllevó una evaluación inicial del estado ambiental y del impacto de las actividades humanas en el medio marino de cada demarcación marina, una definición del buen estado medioambiental de las aguas marinas, un establecimiento de una serie de objetivos medioambientales e indicadores asociados, la elaboración y aplicación de un programa de seguimiento y de un programa de medidas

destinado a alcanzar o mantener el buen estado medioambiental, y el inicio del programa de medidas para el año 2016.

D. Asesoramiento científico para la gestión integrada de la pesca y el medio ambiente en el mar de Canarias

Tras toda la exposición que contempla el presente trabajo es fácilmente deducible que la protección del mar en Canarias ha venido abordándose desde la perspectiva de objetivos prioritarios pesqueros o medioambientales según a qué cartera perteneciera la política proteccionista que abordara esta protección. Sin embargo, y en especial en el último apartado (“Gestión Marina Integrada”), también es meritorio que es meta crucial de la Unión Europea en sus políticas marinas el integrar unos objetivos y otros.

Desde el punto de vista del asesoramiento científico esta necesidad de integración también se hace palpable. El IEO, con más de cien años de antigüedad, nació y permaneció siendo durante gran parte de su existencia organismo asesor de la administración pesquera española. Sin embargo, la importancia que toman, al inicio de este siglo, las políticas medioambientales primero, y la gestión integrada después, en el seno de la UE, hace que el esfuerzo científico e investigador del personal del IEO haya experimentado una transición que respondiera a las nuevas necesidades arriba expuestas por parte de la UE.

El grupo de Áreas Marinas Protegidas del Centro Oceanográfico de Canarias ha tenido el privilegio de experimentar y poner en práctica esta necesidad integradora en su investigación en el marco del mar de Canarias, a través de los proyectos de investigación descritos en el presente trabajo. Las Reservas Marinas de Interés Pesquero, declaradas como figuras de protección de la pesca, protegen estas pesquerías artesanales de su entorno (su objetivo prioritario) por medio de la protección de sus recursos pesqueros, y en último término de los hábitats donde estos recursos nacen, se alimentan, cobijan y reproducen. El sentido de la protección es el contrario en el caso de la Red Natura 2000 marina. Las figuras que la componen, y en especial los Lugares de Interés Comunitario (LIC, posteriormente reconvertidos en Zonas de Especial Conservación –ZEC- con su Plan de Gestión y Seguimiento), nacen con la meta principal de proteger los hábitats y especies sensibles de una zona. Al proteger estos hábitats y la biodiversidad que hay en ellos, protegemos indirectamente los recursos pesqueros, y si permitimos que en la zona siga ejerciendo su actividad alguna flota pesquera artesanal cuyos hábitos y técnicas infrinjan un impacto compatible con la protección que busca la RN 2000, esa actividad económica artesanal local también se verá positivamente afectada por la protección (Fig. 21).



Fig. 21. Sentidos de la protección en los diferentes tipos de áreas marinas protegidas en Canarias. Las Reservas Marinas de Interés Pesquero, para proteger la pesca, protegen los recursos pesqueros a través de la protección del hábitat. Los espacios de la RN 2000 protegen los hábitats y consecuentemente, los recursos pesqueros y la pesca compatible con la protección de la biodiversidad. Fuente propia.

Es extremadamente importante que la gestión de un área marina protegida contemple el seguimiento o monitoreo científico que permita deducir el impacto de la figura de protección sobre aquellos elementos del sistema que pretendían ser protegidos. En el caso de los LIC recientemente declarados en Canarias a raíz de INDEMARES, desde el Centro Oceanográfico de Canarias se trabaja para colaborar con la administración competente en la elaboración de estos Planes de Gestión y Seguimiento.

Recientemente, en 2016, finalizó un trabajo que estableció directrices y recomendaciones para el desarrollo de estos planes de la futura ZEC de Banco de La Concepción. En este trabajo (Fernández-Palacios & Martín-Sosa, 2016) se ha aplicado un modelo conceptual DPSIR (de sus siglas en inglés, *Driving Forces, Pressures, State, Impacts, Responses*) para crear una lista de indicadores del sistema de estudio. Un panel de expertos generado por el método Delphi ha llevado a cabo un análisis de decisión multicriterio para evaluar la idoneidad de los indicadores. Como resultado se obtienen una serie de indicadores prioritarios cuyo análisis y seguimiento podrá permitir a la administración racionalizar el gasto en el futuro seguimiento de la zona.

Es este un ejemplo claro del alcance y la importancia de la investigación multidisciplinar y con un enfoque integrador para el asesoramiento en la gestión de las áreas marinas protegidas en Canarias por parte de las administraciones oportunas. La labor realizada desde los enfoques pesquero y medioambiental durante años por parte del grupo de Áreas Marinas Protegidas del Centro Oceanográfico de Canarias, del Instituto Español de Oceanografía, lo pone en una posición privilegiada para dar respuesta cumplida a esta necesidad acuciante y permanente de la administración en su labor de proteger nuestros mares.

Bibliografía

- ALMÓN, B., M. GONZÁLEZ-PORTO, R. SARRALDE, J.M. GONZÁLEZ-IRUSTA, B. ARRESE, S. JIMÉNEZ, C. BOZA & P. MARTÍN-SOSA (2012a). Sensitive Habitats off Canary Islands seamounts. I. En: Borja, A. (Ed.), *XVII Iberian Symposium on Marine Biology Studies*. Revista de Investigación Marina, AZTI-Tecnalia.
- ALMÓN, B., M. GONZÁLEZ-PORTO, R. SARRALDE, J.M. GONZÁLEZ-IRUSTA, B. ARRESE, S. JIMÉNEZ, C. BOZA & P. MARTÍN-SOSA (2012b). Sensitive Habitats off Canary Islands seamounts. II. En: Borja, A. (Ed.), *XVII Iberian Symposium on Marine Biology Studies*. Revista de Investigación Marina, AZTI-Tecnalia.
- BARQUÍN DÍEZ, J. (1999). *Delimitación de las futuras reservas marinas de la Isla de La Palma*. Proyecto de Investigación. Universidad de La Laguna: 94 pp.
- EC DG ENV. (2007). *Interpretation Manual of European Union Habitats*. 144 p.
- FALCÓN, J.M., A. BRITO, J.A. GARCÍA-CHARTON, C. DORTA, P. MARTÍN-SOSA, J.C. HERNÁNDEZ, S. CLEMENTE, G. GONZÁLEZ-LORENZO & K. TOLEDO (2007a). Evidence of the effects of protection on littoral fish communities in and around

- La Restinga Marine Reserve (El Hierro, Canary Islands, Central-Eastern Atlantic). En: Pérez-Ruzafa, Á., Marcos, C., Salas, F., Sorensen, T.K. & Vestegaard, O. (Eds.). 2007. *European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation. Emerging science and interdisciplinary approaches. Abstracts Book*. Empafish and Protect projects, Editum, Murcia. 330 pp.
- FALCÓN, J.M., A. BRITO, J.A. GARCÍA-CHARTON, P. MARTÍN-SOSA, C. DORTA, J.C. HERNÁNDEZ, S. CLEMENTE, G. GONZÁLEZ-LORENZO & K. TOLEDO (2007b). Evaluating the effects of protection on littoral fish communities: La Graciosa Marine Reserve (Canary Islands, Central-Eastern Atlantic) case study. En: Pérez-Ruzafa, Á., Marcos, C., Salas, F., Sorensen, T.K. & Vestegaard, O. (Eds.). 2007. *European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation. Emerging science and interdisciplinary approaches. Abstracts Book*. Empafish and Protect projects, Editum, Murcia. 330 pp.
- FALCÓN, J.M., P. MARTÍN-SOSA, C. DORTA, A. BRITO, S. CANSADO & I.J. LOZANO (2007c). La Restinga MPA (El Hierro, Canary Islands, Atlantic Ocean): Short-term changes of a fishery regime affected by the establishment of a Marine Protected Area. En: Pérez-Ruzafa, Á., Marcos, C., Salas, F., Sorensen, T.K. & Vestegaard, O. (Eds.). 2007. *European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation. Emerging science and interdisciplinary approaches. Abstracts Book*. Empafish and Protect projects, Editum, Murcia. 330 pp.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J. & P. MARTÍN-SOSA (2016). Recommendations and guidelines for the development of the managing plan of the future SAC of Banco de La Concepción (Canary Islands). *Front. Mar. Sci. Conference Abstract: XIX Iberian Symposium on Marine Biology Studies*. doi: 10.3389/conf.FMARS.2016.05.00008.
- GONZÁLEZ-PORTO, M., B. ALMÓN, J.M. FALCÓN, B. ARRESE, J.M. GONZÁLEZ-IRUSTA, J.F. GONZÁLEZ, S. BARREIRO, R. SARRALDE, A. BRITO, S. JIMÉNEZ & P. MARTÍN-SOSA (2014a). Amanay and El Banquete seamounts (Canary Islands): Vulnerable Marine Ecosystems (VMEs) spatial distribution. En: Ríos, P., Suárez, L.A. & Cristobo, J. (Eds.) *XVIII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Libro de resúmenes*. Centro Oceanográfico de Gijón. 252 pp.
- GONZÁLEZ-PORTO, M., B. ALMÓN, J.M. FALCÓN, B. ARRESE, J.M. GONZÁLEZ-IRUSTA, J.F. GONZÁLEZ, S. BARREIRO, R. SARRALDE, A. BRITO, S. JIMÉNEZ & P. MARTÍN-SOSA (2014b). Banco de La Concepción (Canary Islands): Vulnerable Marine Ecosystems (VMEs) spatial distribution. En: Ríos, P., Suárez, L.A. & Cristobo, J. (Eds.) *XVIII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Libro de resúmenes*. Centro Oceanográfico de Gijón. 252 pp.
- JIMÉNEZ, S., M. GONZÁLEZ-PORTO, A. BRITO, B. ALMÓN & P. MARTÍN-SOSA (2014). Scleractinia off Canary Islands Seamounts. En: Ríos, P., Suárez, L.A. & Cristobo, J. (Eds.) *XVIII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Libro de resúmenes*. Centro Oceanográfico de Gijón. 252 pp.
- MARTÍN-SOSA, P. (coord.). (2013a). *Caracterización del Sur de Fuerteventura*. Informe Final del Instituto Español de Oceanografía-Centro Oceanográfico de Canarias. <http://www.repositorio.ieo.es/e-ieo/handle/10508/1758>

- MARTÍN-SOSA, P. (coord.). (2013b). *Caracterización del Banco de La Concepción*. Informe Final del Instituto Español de Oceanografía-Centro Oceanográfico de Canarias. <http://www.repositorio.ieo.es/e-ieo/handle/10508/1757>
- MARTÍN-SOSA, P., C. DORTA, S. CANSADO, J.M. FALCÓN, I.J. LOZANO & A. BRITO (2007a). Assessing the effect of the establishment of La Restinga Marine Reserve (El Hierro, Canary Islands, central eastern atlantic) on the fishery resources: A fisheries perspective. En: Pérez-Ruzafa, Á., Marcos, C., Salas, F., Sorensen, T.K. & Vestegaard, O. (Eds.). *European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation. Emerging science and interdisciplinary approaches. Abstracts Book*. Empafish and Protect projects, Editum, Murcia. 330 pp
- MARTÍN-SOSA, P., J. M. FALCÓN, C. DORTA, I.J. LOZANO, A. BRITO & S. CANSADO (2008a). MPA: La Restinga – Mar de las Calmas. En: Vandeperre, F., Higgings, R., Santos, R. S. & Pérez-Ruzafa, A. (Coord.). *Fishery Regimes in Atlanto-Mediterranean European Marine Protected Areas*. EMPAFISH Project, Booklet nº 2. Editum
- MARTÍN-SOSA, P., J. M. FALCÓN, C. DORTA, I.J. LOZANO, A. BRITO & S. CANSADO (2008b). MPA: La Graciosa e Islotes del Norte de Lanzarote. En: Vandeperre, F., Higgings, R., Santos, R. S. & Pérez-Ruzafa, A. (Coord.). *Fishery Regimes in Atlanto-Mediterranean European Marine Protected Areas*. EMPAFISH Project, Booklet nº 2. Editum.
- MARTÍN-SOSA, P., J. M. FALCÓN, C. DORTA, A. BRITO, S. CANSADO & I.J. LOZANO. (2007b). La Graciosa MPA (Canary Islands, Atlantic Ocean): Short-term changes of a fishery regime affected by the establishment of a Marine Protected Area. En: Pérez-Ruzafa, Á., Marcos, C., Salas, F., Sorensen, T.K. & Vestegaard, O. (Eds.). *European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation. Emerging science and interdisciplinary approaches. Abstracts Book*. Empafish and Protect projects, Editum, Murcia. 330 pp.
- MARTÍN-SOSA, P., M. GONZÁLEZ-PORTO, B. ALMÓN, C. ACOSTA, B. ARRESE, J.M. FALCÓN, J.J. PASCUAL-FERNÁNDEZ, A. BARTOLOMÉ, J.F. GONZÁLEZ, S. BARREIRO, R. SARRALDE, J.M. GONZÁLEZ-IRUSTA, A. BRITO & S. JIMÉNEZ (2014a). Inventory and mapping of habitats and fisheries footprint off “Banco de La Concepción” seamount (Canary Islands). Criteria analysis for the marine protected area establishment. En: Ríos, P.; Suárez, L.A. & Cristobo, J. (Eds.) *XVIII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Libro de resúmenes*. Centro Oceanográfico de Gijón. 252 pp.
- MARTÍN-SOSA, P., M. GONZÁLEZ-PORTO, B. ALMÓN, C. ACOSTA, B. ARRESE, J.M. FALCÓN, J.J. PASCUAL-FERNÁNDEZ, I. CHINEA-MEDEROS, A. BARTOLOMÉ, J.F. GONZÁLEZ, S. BARREIRO, R. SARRALDE, J.M. GONZÁLEZ-IRUSTA, P. DÍAZ-HERNÁNDEZ, A. BRITO & S. JIMÉNEZ (2014b). Inventory and mapping of habitats and fisheries footprint off “Amanay” and “El Banquete” seamounts (Southern Fuerteventura, Canary Islands). Criteria analysis for the marine protected area establishment. En: Ríos, P.; Suárez, L.A. & Cristobo, J. (Eds.) *XVIII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Libro de resúmenes*. Centro Oceanográfico de Gijón. 252 pp.

- MARTÍN-SOSA, P., M. GONZÁLEZ-PORTO, B. ALMÓN, C. ACOSTA, B. ARRESE, J.M. GONZÁLEZ-IRUSTA, S. BARREIRO, & S. JIMÉNEZ (2014c). Banco de La Concepción: A new Natura 2000 Marine Site off Canary Islands. *Book of Abstracts submitted to the IV Congress of Marine Sciences*. Las Palmas de Gran Canaria, June 11th to 13th. 488 pp.
- MARTÍN-SOSA, P., M. GONZÁLEZ-PORTO, B. ALMÓN, C. ACOSTA, B. ARRESE, J.M. GONZÁLEZ-IRUSTA, S. BARREIRO, & S. JIMÉNEZ (2014d). Sensitive Habitats and fishing footprint off Canary Islands seamounts Amanay and El Banquete. *Book of Abstracts submitted to the IV Congress of Marine Sciences*. Las Palmas de Gran Canaria, June 11th to 13th. 488 pp.
- MARTÍN-SOSA, P., S. CANSADO, J.M. FALCÓN, I.J. LOZANO, D.I. ESPINOSA, E. GARCÍA, C. DORTA & A. BRITO (2007c). Assessing the effect of the establishment of La Graciosa Marine Reserve (Canary Islands, central eastern Atlantic) on the fishery resources: A fisheries perspective. En: Pérez-Ruzafa, Á., Marcos, C., Salas, F., Sorensen, T.K. & Vestegaard, O. (Eds.). *European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation. Emerging science and interdisciplinary approaches. Abstracts Book*. Empafish and Protect projects, Editum, Murcia. 330 pp.
- MARTÍN-SOSA, P., S. CANSADO, M.A.R. FERNÁNDEZ & J.M. FALCÓN (2009). Campañas de evaluación pesquera para la estima de patrones de abundancia y biomasa de los recursos pesqueros de la costa suroeste de La Palma (Islas Canarias, Océano Atlántico) tras la implantación de una reserva marina. *I Workshop de Estrategias para la Planificación y Conservación de los Recursos Marinos de Canarias: 21-24 de julio de 2009*. Santa Cruz de La Palma. La Palma, Islas Canarias. Reserva Mundial de La Biosfera La Palma.
- MARTÍN-SOSA, P., S. CANSADO, M.A.R. FERNÁNDEZ & J.M. FALCÓN (2007d). Fishery prospection surveys to estimate abundance and size structure trends of the fishery resources of the southwestern coast of La Palma (Canary Islands, Atlantic Ocean) after the implementation of a marine reserve. En: Pérez-Ruzafa, Á., Marcos, C., Salas, F., Sorensen, T.K. & Vestegaard, O. (Eds.). *European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation. Emerging science and interdisciplinary approaches. Abstracts Book*. Empafish and Protect projects, Editum, Murcia. 330 pp.
- OJEDA-MARTÍNEZ, C., F.G. CASALDUERO, J.T. BAYLE-SEMPERE, C.B. CEBRIÁN, C. VALLE, J.L. SÁNCHEZ-LIZASO, A. FORCADA-ALMARCHA, P. SÁNCHEZ-JEREZ, P., MARTÍN-SOSA, J.M. FALCÓN, F. SALAS, M. GRAZIANO, R. CHEMELLO, B. STOBART, P. CARTAGENA, Á. PÉREZ-RUZAFÁ, F. VANDEPERRE, E. ROCHEL, S. PLANES & A. BRITO (2009). A conceptual framework for the integral management of marine protected areas. *Ocean and Coastal Management* 52: 89-101.
- PASCUAL-FERNÁNDEZ, J.J., J.M. FALCÓN, P. MARTÍN-SOSA, A. BRITO, C. DORTA, S. CANSADO, R. DE LA CRUZ MODINO, E. SZELIANSZKY, K.N. RODRIGUES-HENRÍQUEZ & A. SANTANA-TALAVERA (2007). A DPSIR framework for evaluating indicators in Canary Islands marine reserves (subtropical MPAs): a governability perspective. En: Pérez-Ruzafa, Á., Marcos, C., Salas, F.,

- Sorensen, T.K. & Vestegaard, O. (Eds.). *European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation. Emerging science and interdisciplinary approaches. Abstracts Book*. Empafish and Protect projects, Editum, Murcia. 330 pp.
- VANDEPERRE, F., R.M. HIGGINS, J. SÁNCHEZ-MECA, F. MAYNOU, R. GOÑI, P. MARTÍN-SOSA, A. PÉREZ-RUZAFÁ, P. AFONSO, I. BERTOCCI, R. CREC'HRIOU, G. D'ANNA, M. DIMECH, C. DORTA, O. ESPARZA, J.M. FALCÓN, A. FORCADA, I. GUALA, L. LE DIREACH, C. MARCOS, C. OJEDA-MARTÍNEZ, C. PIPITONE, P.J. SCHEMBRI, V. STELZENMÜLLER, B. STOBART & R.S. SANTOS (2011). Effects of no-take area size and age of marine protected areas on fisheries yields: a meta-analytical approach. *Fish and Fisheries* 12: 412-426.
- WWF (2006). *Conservando nuestros paraísos marinos. Propuesta de Red Representativa de Áreas Marinas Protegidas en España. Archipiélago Canario*. Informe de Proyecto de Investigación. Fundación MAVA. 26 pp.

4. El Buceo en el Valle de La Orotava

Ramiro Martel Reyes

*Investigador Instructor Nacional de Buceo Deportivo,
Buceador Profesional,
Propietario de Ecosub Tenerife.*

Canarias es un destino turístico que atrae cada año a millones de personas, entre las que practican el turismo activo, es decir, las que buscan entrar en contacto directo con la naturaleza se está incrementando de forma paulatina. Las islas cuentan con unas singulares condiciones climáticas y geográficas y en sus aguas marinas es posible reconocer una gran variedad de ecosistemas, que muestran caracteres intermedios entre los de las regiones templadas y los de las regiones tropicales. Los fondos de Canarias son principalmente rocosos y en ellos es posible encontrar imponentes bajones, espectaculares arcos y cuevas, así como variados veriles cubiertos por coloridas poblaciones de organismos. Los paisajes submarinos son particularmente llamativos, no solo por la biodiversidad que albergan, sino también por las caprichosas formas que las rocas volcánicas pueden adquirir bajo el agua. La biodiversidad es elevada, y en sus aguas se han catalogado más de cinco mil especies de las que casi la mitad habitan en aguas superficiales y son susceptibles de ser observadas buceando. Las inmersiones que se pueden llevar a cabo en el litoral del Valle de La Orotava son representativas de la gran variedad y espectacularidad de los fondos canarios.

La práctica del buceo es una actividad que está en clara expansión. Es una actividad que correctamente gestionada puede favorecer enormemente el aprecio por el medio marino. En el buceo se disfruta, se conoce y se siente la naturaleza, por lo que sus practicantes se convierten en los

primeros interesados en su defensa y su conservación. El buceo ayuda a la divulgación de los valores naturales, además de fomentar una actividad en la que se comparten conocimientos y experiencias.

Conocemos como buceo (también submarinismo o escafandrismo) la actividad humana de sumergirse en el agua (el mar, lago o río) como actividad profesional, científica, militar o simplemente recreativa, con o sin la ayuda de equipos especiales. En el buceo libre o en apnea las inmersiones se realizan manteniendo la respiración después de una profunda inspiración en superficie, y puede practicarse sin ningún equipo especial, pero lo más habitual es contar con gafas, aletas y tubo de respiración. En el buceo autónomo el regulador, alimentado por una o más botellas de aire comprimido, permite reducir la alta presión del aire de la botella a la presión del agua circundante, de manera que es posible respirar con normalidad sin dependencia de la superficie. Pero este es un hito relativamente reciente, alcanzado hace unas décadas. Hasta entonces el buceo cuenta con una prolongada historia en la que el hombre fue poco a poco desarrollando técnicas que le permitieran realizar actividades bajo el agua.

Antecedentes históricos

El buceo en apnea es la forma de buceo más sencilla y la más antigua de las empleadas por el hombre. Hay numerosas evidencias de que el buceo ha sido realizado desde tiempo inmemorial de manera que es posible decir que es tan antiguo como el hombre. Hay testimonios de su práctica en diversas regiones y culturas con el propósito de capturar alimentos (peces, crustáceos y moluscos), recolectar diversos recursos (esponjas, corales, perlas o algas), recuperación de tesoros y objetos de valor, o en actividades bélicas. El Museo Británico, conserva bajorrelieves del siglo IX a.C., que muestra buzos utilizando odres llenos de aire, que pueden ser considerados los primeros recipientes utilizados para suministrar aire.

Hacia los 3000 años a.C. aparecen citas inequívocas al buce en relatos de las civilizaciones mediterráneas Griega o Cretense. El filósofo griego Aristóteles proporcionó las primeras referencias históricas sobre la campana de buceo. La campana es sin duda uno de los artefactos más eficaces de cuantos fueron diseñados en la antigüedad para examinar el fondo del mar o recuperar objetos. Su funcionamiento se sustenta en un principio elemental de la física (la columna de agua en el interior de la campana es proporcional a la presión ejercida por el aire comprimido en su interior), de modo que la campana sostenida desde una embarcación permitía a los buceadores acudir a su interior para respirar hasta que ésta se vaciara. Este artilugio, al que se fueron incorporando sucesivas mejoras fue el más utilizado hasta el siglo XIX en que comenzó a generalizarse el uso de la escafandra de buceo, lo que hoy se conoce como buzo clásico.

La escafandra estanca fue patentada en Inglaterra en 1837 por el alemán Augusto Siebe, que ha servido de modelo para todas las escafandras de buzo, que todavía se utilizan en la actualidad. En el buceo con escafandra se utiliza un casco y se respira aire suministrado por una bomba desde la superficie. El gran inconveniente de la escafandra es que limita la movilidad del buceador que se mantiene conectado a la superficie por una manguera de aire. Lograr la autonomía del buceador liberándolo de la conexión con la superficie fue el gran reto a lo largo del siglo XIX, y que conseguiría alcanzarse casi a mediados del siglo XX.

Fue en 1942 cuando la tecnología consiguió encontrar el artilugio que al hombre bucear con total independencia de la superficie. La historia está ligada a los franceses Émile Gagnan (ingeniero de la empresa “Air Liquide” de gases comprimidos, que trabajaba para adaptar un regulador a motores gasógenos de automóviles) y a Jacques-Yves Cousteau, yerno del propietario de la empresa, y que intentaba poner a punto un sistema de respiración subacuática que concediera plena autonomía al buceador. Decidieron trabajar juntos y después de fracasar en el prototipo inicial, Gagnan y Cousteau encontraron la solución al problema y diseñaron un segundo prototipo, que fue probado con éxito en el sur de Francia en una pequeña y apartada cala de Bandol, que resultó idónea para ensayar el material de buceo fuera de la vista de los alemanes, que por entonces todavía ocupaban Francia. Hoy, una placa colocada en 1997 en esa playa por el museo del buceo de Sanary-sur-Mer conmemora lo que se considera el histórico momento en el que nació el buceo moderno. A Ivars Perelló & Rodríguez Cuevas (1987) se debe una detallada recopilación de los hitos históricos del buceo, con especial atención a su desarrollo en España.

El regulador Cousteau-Gagnan se valió de cierto número de inventos anteriores para combinar una botella llena de aire comprimido y un regulador que da aire al buceador cuando éste lo requiere. Aunque se han realizado mejoras e innovaciones tanto en el diseño como en la calidad de los materiales, el principio básico ha permanecido sin cambios hasta la actualidad, y ha permitido la popularización del buceo. Se trata de una actividad segura, pero que presenta riesgos específicos que requieren conocimiento y responsabilidad por parte de quienes lo practican. Las condiciones mínimas que se necesitan para el buceo incluyen estar familiarizado con el equipo, disponer de unos conocimientos básicos tanto técnicos como fisiológicos y poseer una adecuada preparación sobre las medidas de seguridad.

El buceo en Puerto de la Cruz

El Puerto de la Cruz fue uno de los lugares en los que comenzó el buceo turístico en Canarias, y el enorme atractivo de los puntos de

inmersión con los que cuenta esta zona, que detallaremos en este artículo, dan fe de ello. Realizaremos primero un recorrido histórico por el buceo en el norte de Tenerife, que será breve puesto que se trata de una actividad reciente, aunque no por ello carente de interés.

Una fotografía de un buzo clásico que participa en la construcción del embarcadero de El Penitente es la primera referencia gráfica con la que contamos del buceo en Puerto de la Cruz (Figs 1-3). Las obras de El Penitente se realizaron en el primer cuarto del siglo XX.



Fig. 1. A las obras del embarcadero de El Penitente realizadas en los primeros años del siglo XX corresponden los primeros documentos gráficos del buceo en Puerto de la Cruz.



Fig. 2. Buzo con escafandra estanca salta al agua durante las obras del embarcadero de El Penitente.



Fig. 3. Buzo con escafandra estanca utilizando la escalera de la embarcación durante las obras del embarcadero de El Penitente.

Por supuesto, en las obras del denominado Puerto Nuevo, que son muy anteriores, participaron buceadores, pero no disponemos de información al respecto y mucho menos fotografías. También hay constancia que en el verano de 1956 participaron buzos profesionales en la recolección del mujo negro (*Gelidium canariense*), un alga marina muy abundante en los fondos someros y que por aquellos años se estaba explotando para la extracción de agar-agar (Afonso-Carrillo, 2003).

El Puerto de la Cruz ha dado buzos profesionales de sobra conocidos, entre ellos mi padre José Martel (quien me inculcó la pasión por el buceo, de manera similar a como parece adquirirla mi hijo) (Fig. 4) o Pablo Gallo Reverón (Fig. 5), que fueron posiblemente de los primeros en ejercer la profesión. Con posterioridad se han ido formando bastantes jóvenes en el Instituto de Formación Marítimo Pesquero, aunque lamento desconocer el nombre de muchos de ellos, si puedo citar a José Rodríguez Allgaier y a Sergio Gallego Pérez.

Con respecto al buceo turístico y recreativo, al joven alemán Ulli Walter se debe la creación en el Lido San Telmo (las primeras piscinas creadas al final de los años 50 junto a la ermita de San Telmo, y que hoy forman parte del complejo Lago Martiánez) del primer Club Turístico de Buceo del norte de Tenerife y uno de los primeros de Canarias (Figs 6-8).



Fig. 4. Tres generaciones de apasionados por el buceo. Pepe Martel (arriba), Ramiro Martel (en medio) y Cristobal Martel (abajo). La indumentaria de cada generación nos muestra como han evolucionado los equipos de buceo.



Fig. 5. Pablo Gallo Reverón durante unas obras por 2010 en el muelle de Puerto de la Cruz, en las que se rellenó una gran oquedad en el dique del este.

El club con el nombre de “Poseidon Nemrod San Telmo” fue el encargado de mostrar a los turistas del buceo de la época lugares como Punta de Teno, el Pris, Garachico o San Telmo. Los cursillos de buceo se impartían en las piscinas del Lido. Estuvo funcionando durante los años setenta, permitiendo el desarrollo de una actividad que no ha parado de crecer en Puerto de la Cruz, donde en la actualidad hay, al menos, cinco clubs de buceo, entre ellos el Ecosub Tenerife. El Centro de Buceo Atlantik, creado en 1994 y perteneciente a la familia Christoph, es el que más tiempo lleva en activo. A él se debe el “descubrimiento” de algunas de las inmersiones más interesantes que se pueden realizar desde Puerto de la Cruz que describiremos en este artículo.

Inmersiones del Valle de La Orotava

El marco geográfico de este catálogo de inmersiones, que no es ni mucho menos definitivo, lo iniciamos por el este, frente a la desembocadura del Barranco Hondo, que sirve de línea de separación entre los municipios de Santa Ursula y La Matanza de Acentejo; y lo finalizamos por el oeste, frente a la Punta del Guindaste, ya en el municipio de Los Realejos (Fig. 9).



Fig. 6. El “Poseidon Nemrod San Telmo” fue el primer Club Turístico de Buceo del norte de Tenerife y uno de los primeros de Canarias. Arriba, a la izquierda, se muestra el logotipo del club, y a la derecha, el exterior de las instalaciones situadas en el Lido de San Telmo. Abajo, el alemán Ulli Walter (primero por la izquierda) creador del club en los preparativos de una inmersión en El Penitente. Ulli Walter fue el encargado de mostrar a los turistas del buceo de la época lugares como Punta de Teno, el Pris, Garachico o San Telmo.



Fig. 7. Los cursos de iniciación en el buceo impartidos por “Poseidon Nemrod San Telmo” por los años setenta eran habitualmente impartidos en San Telmo. Arriba, Walter se prepara junto con otros buceadores para iniciar la sesión descendiendo por La Punta del muelle de San Telmo, ante la atenta mirada de los curiosos. Abajo, ya en el agua, se ultiman los preparativos antes de iniciar la inmersión.



Fig. 8. Cursos de buceo del “Poseidon Nemrod San Telmo” en el muelle.



Fig. 9. Situación de los lugares de inmersión en el litoral del Valle de La Orotava: 1: Túnel de los Tres Ojos; 2: La Rapadura; 3: El Charco del Negro; 4: Baja del Portillo; 5: Baja del Limón; 6: Simplón reef; 7: Los Arcos; 8: El Arco de los Abades; 9: El Veril del Limpio de las Carabelas; 10: El Muelle; 11: La Catedral; 12: El Túnel; 13: La Chimenea; 14: El pecio del Coronel; 15: El Guindaste; 16: La Baja de Los Realejos.

Por tanto, nos sumergiremos en las costas de los cuatro municipios que forman parte del Valle de la Orotava. (Santa Úrsula, La Orotava, Puerto de la Cruz y Los Realejos). Las aguas en las que realizaremos las inmersiones están situadas en lo que se conoce como Aguas Interiores (las situadas hacia costa de la línea imaginaria que une La Punta del Viento en Tacoronte con la Punta de Buenavista), y cuya gestión corresponde al Gobierno de Canarias. Esto podría, llegado el caso, facilitar enormemente la declaración de una Reserva Marina en algún punto de esta zona tan atractiva.

(1) El Túnel de los Tres Ojos.

Esta es una inmersión de gran interés paisajístico y que se realiza a escasa profundidad y relativamente cerca de la costa. Está situada en el municipio de Santa Úrsula en la playa formada en la desembocadura del Barranco Hondo (Fig. 9) en cuya playa hay un gran roque (Fig. 10).



Fig. 10. Roque de la playa de la desembocadura del Barranco Hondo.

El roque presenta la particularidad de estar recorrido por un túnel que lo traspasa de un lado a otro en dirección este – oeste. La inmersión se realiza en un fondo somero en el que no se sobrepasa los 20 m de profundidad, en el que destaca la gran cobertura de algas establecidas en el

roque. Además del mujo negro o gelidio negro (*Gelidium canariense*), el gelidio rojo (*Gelidium arbusculum*) y el mujo amarillo (*Cystoseira abies-marina*), hay poblaciones del alga parda *Taonia atomaria* (Fig. 11).



Fig. 11. En el roque del túnel de los Tres Ojos hay una gran cobertura de algas.

Sin embargo, lo más atractivo de la inmersión es el túnel. Tiene unos 30 metros de longitud, amplio, de 10-15 m de ancho y cuenta con fondo rocoso. La entrada por el este es una gran abertura circular y el recorrido se realiza en un ambiente parcialmente iluminado por la luz que penetra por la parte superior del techo, a modo de claraboya (Fig. 12).



Fig. 12. El túnel de los Tres Ojos: amplio e iluminado por la luz que penetra por el techo.

En el túnel es posible observar una gran variedad de peces de pequeña talla que encuentran protección en este ambiente. La salida por el lado oeste nos sorprende con tres aberturas, una grande y espaciosa, y dos más pequeñas, que dan nombre al túnel (Fig. 13).



Fig. 13. Las tres aberturas (ojos) de salida por el oeste del túnel de los Tres Ojos.

(2) La Rapadura.

Situada en la costa de Santa Úrsula (Figs 9 y 14), La Rapadura se ha convertido en una de las inmersiones clave en Tenerife y por extensión de Canarias. Buceé por vez primera en este lugar el 3 de julio 1999 en compañía de Víctor Lorenzo, y es muy poco probable de que alguien lo hubiera hecho con anterioridad. Desde entonces esta inmersión ha formado parte de mis preferidas. Durante años, revistas de buceo y catálogos de material subacuático han utilizado el impresionante paisaje submarino de esta zona como reclamo para promocionar sus productos. Sin embargo, fue la publicación de unas magníficas fotografías de Francis Pérez en la versión española de la revista *National Geographic* de mayo de 2012, las que lanzaron definitivamente este enclave a nivel nacional y lo han convertido en polo de atracción para buceadores nacionales y extranjeros. Años después, Jesús Calleja en su programa televisivo “Volando voy”, emitido en agosto de 2015, dedicó un episodio al Norte de Tenerife con particular atención a los Órganos de La Rapadura (Fig. 15), incrementando su

popularidad. Tanto la revista como la televisión utilizaron el calificativo “catedral bajo el mar” para destacar la grandiosidad de esta formación geológica.



Fig. 14. La Rapadura, al atardecer, con el Piquillo, a la derecha.



Fig. 15. La grabación de un episodio del programa de televisión “Volando voy” de Jesús Calleja sobre La Rapadura sirvió para incrementar la popularidad de este lugar en el mundo del buceo.

El gigantesco edificio basáltico se encuentra sumergido al pie de La Rapadura, donde se eleva desde unos 50 m de profundidad. Su formación ha sido estimada entre quinientos mil y un millón de años. Se originó en el fondo del mar, y el enfriamiento brusco de la colada basáltica al entrar en contacto con el mar provocó la disyunción columnar que caracteriza todo el edificio. Cuando la colada se introduce en el mar, ésta se enfría y solidifica. Como resultado de este proceso la lava se contrae generando fracturas que siguen un patrón regular en forma de prismas, por lo general, hexagonales. Todo indica que esta construcción tan singular se originó y enfrió en el fondo del mar, pero emergió y quedó expuesta al aire en una época en la que el mar descendió de nivel, probablemente durante una glaciación. La erosión causada durante ese periodo por el oleaje fue modelando poco a poco lo que hoy observamos. Derrumbes y barrancos fueron el producto de esa actividad erosiva. Los investigadores estiman que los Órganos de la Rapadura son uno de los ejemplos de disyunciones columnares más espectaculares, por su condición submarina.

El paisaje submarino que se disfruta en la inmersión es verdaderamente impresionante (Figs 16-19). Paredones de columnas de basalto de más de 20 metros de altura, derrumbes colosales al pie de los acantilados sumergidos, estrechas torres que se pueden rodear por angostos pasadizos, grietas, barrancos, promontorios que salen hasta la superficie, todo ello conforma un inusual paisaje geológico de enorme atractivo. Los Órganos de La Rapadura constituyen un entorno único en el mundo, tan especial, que no son pocos los buceadores que afirman que no es “natural”.

Por si el entorno geológico fuera poco, hay que añadir el componente biológico. La gorgonia amarilla (*Leptogorgia viminalis*) y la gorgonia roja (*Leptogorgia ruberrima*) son muy abundantes en la base de los paredones donde es posible contemplar individuos de gran talla. Esponjas multicolores como la esponja amarilla (*Aplysina aerophoba*) y diferentes caliches, como el caliche tropical (*Porolithon onkodes*) o el caliche con cabecitas (*Titanoderma polycephalum*) crecen sobre las rocas basálticas, en las que el erizo de lima puede llegar a ser abundante. Hasta hace unos años se creía que este erizo correspondía a la especie ampliamente repartida también por las costas americanas conocida como *Diadema antillarum*; sin embargo, estudios recientes demostraron que se trataba de una especie distinta, restringida a las costas orientales del Atlántico, y fue descrita como *Diadema africanum* (Rodríguez *et al.*, 2013). Además, no es rara la aparición de grandes pelágicos y cardúmenes de carnada, que aderezan unas inmersiones interesantísimas.

Las inmersiones en la zona son profundas y expuestas. No son sencillas ni aptas para buceadores con poca experiencia. Se alcanzan profundidades de más de 40 metros y con frecuencia las corrientes son fuertes. La zona de la Rapadura es extensa. En la actualidad realizamos en ella tres inmersiones

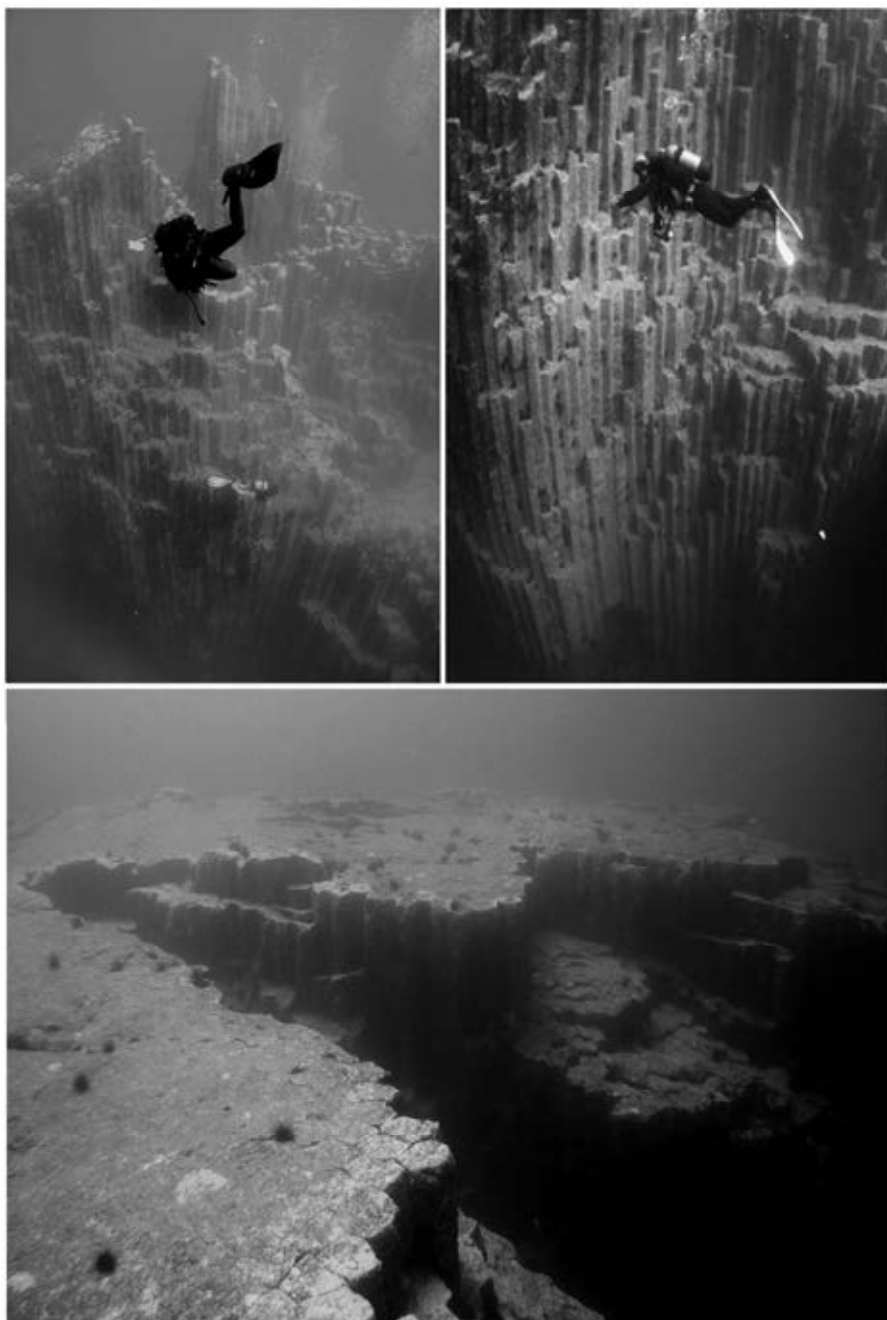


Fig. 16. Panorámicas de las imponentes torres de que configuran este gigantesco edificio basáltico (arriba). Grietas y barrancos surgen bruscamente desde la superficie relativamente llana (abajo).

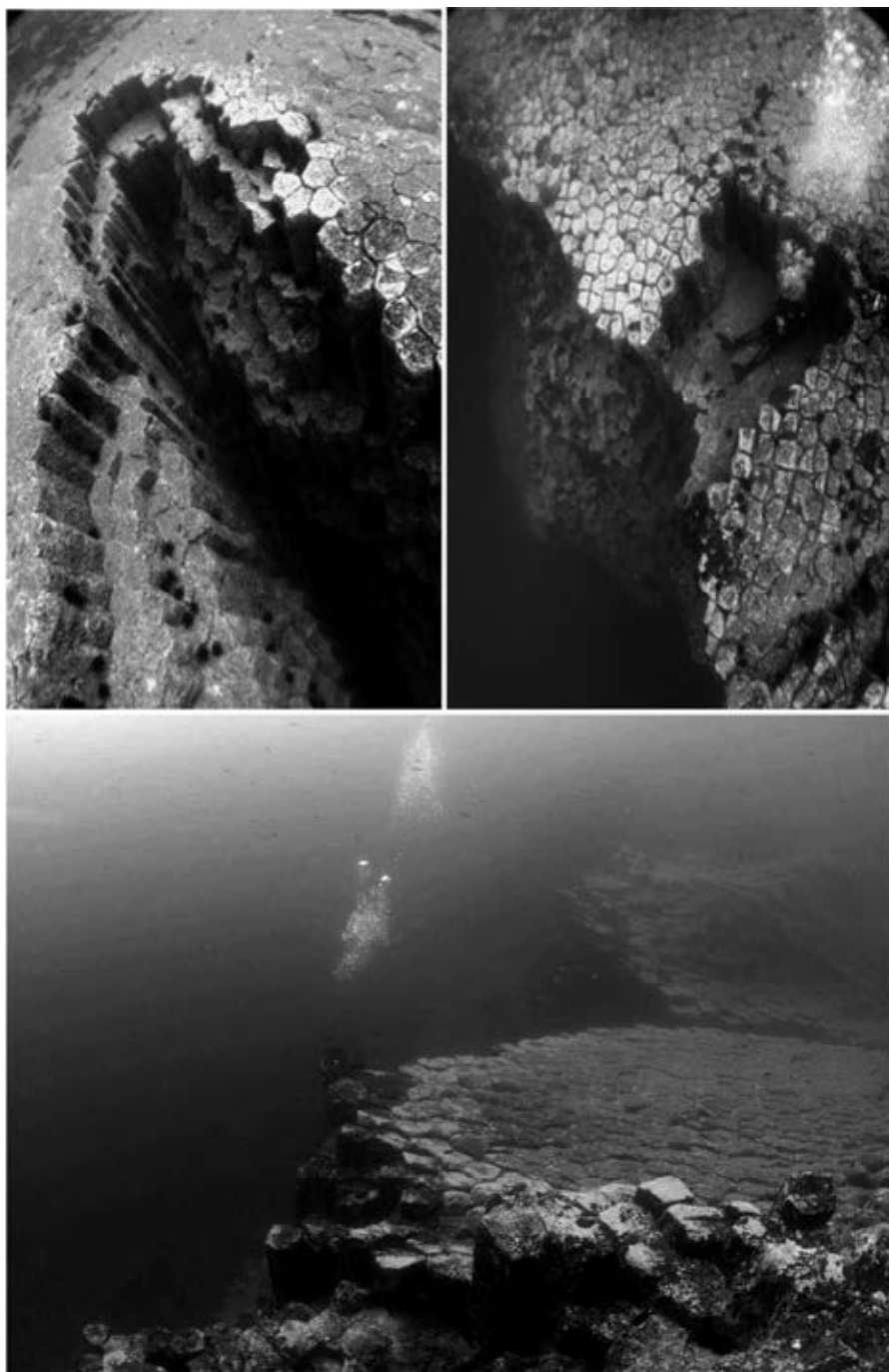


Fig. 17. Diferentes aspectos de la parte superior de las torres que muestran la grandiosidad de este enclave de buceo.

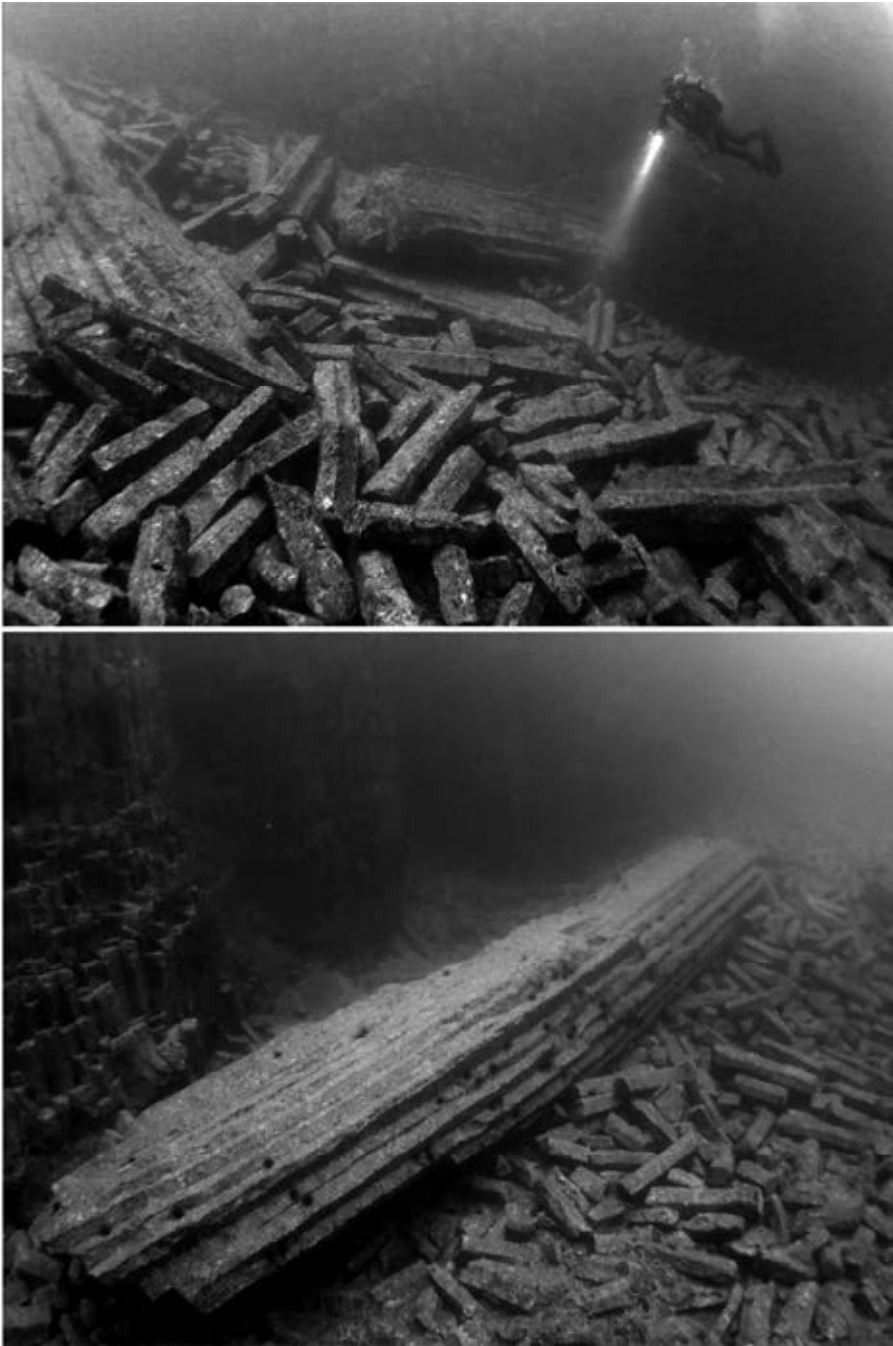


Fig. 18. En la base de los paredones se acumulan columnas de basalto que la erosión ha ido desprendiendo, y recuerdan a los restos de una edificación en ruinas.



Fig. 19. Una de las inmersiones la realizamos en el “Veril de San Andrés”, que llamamos así por ser ese día cuando la hicimos por primera vez. Aquí destaca la regular disyunción columnar de los basaltos, en los que el erizo de lima encuentra refugio (arriba). En algunos puntos se observan celdas regulares, que recuerdan por su morfología a las “marmitas de gigantes” o “marmitas de Odín” originadas por la continuada erosión de una gran piedra atrapada en su interior (abajo).

distintas, que denominamos La Rapadura, Las Torres y el Veril de San Andrés. Es muy probable que se puedan incrementar, puesto que con total seguridad, hay lugares muy atractivos en las cercanías esperando ser descubiertos.

(3) El Charco del Negro.

También está situado en la costa de Santa Úrsula (Fig. 9), y a este atractivo enclave costero se puede acceder desde tierra por una larga escalera desde Lomo Román. Evidentemente, para realizar la inmersión se debe llegar con embarcación por el mar. Es un lugar resguardado apropiado para realizar inmersiones sencillas y bautizos, dada su escasa profundidad y las buenas condiciones de mar en marea vacía.

(4) La Baja del Portillo.

Está situada frente a las playas del Rincón, ya en el municipio de La Orotava (Fig. 9). Los fondos de la zona son arenosos, y desde ellos emergen grandes bajones rocosos como el que nos ocupa. La profundidad en el lecho arenoso es de unos 36 metros. En los paredones de la baja son comunes las esponjas, como la esponja amarilla (*Aplysina aerophoba*), y en las zonas más profundas es posible observar gorgonias amarillas (*Leptogorgia viminalis*) (Fig. 20). En la base de la baja existe una gran cueva con varias salidas en la que se refugia la corvina María Francisca (*Umbrina canariensis*) y las brotas (*Phycis phycis*), y cuando abunda la carnada son comunes los medregales (*Seriola dumerili*) y las sierras (*Sarda sarda*). Ocasionalmente hemos observado langostas (*Scyllarides latus*) (Fig. 20). Como dato curioso reseñar que es el único lugar de la zona en el que he coincidido con tiburones durante el buceo, en concreto con tres jaquetas (*Carcharinus limbatus*) hace ya algunos años.

(5) La Baja del Limón.

Está situada frente a la Playa del Bollullo (Fig. 9) y resulta fácilmente identificable porque aflora durante la mar vacía y habitualmente las olas rompen sobre ella. Inmersión presenta unas características muy similares a la anterior salvo por su profundidad que no supera los 20 metros. Junto a la baja llevamos a cabo, hace años, una experiencia de erradicación de erizo de lima (*Diadema africanum*) que aparentemente ha dado buenos resultados. En concreto, en una roca sumergida totalmente ocupada por el erizo configurando el característico blanquizar en una superficie de unos 50 metros cuadrados, procedimos durante un par de jornadas a eliminar todos los erizos. En la actualidad, varios años después, esta roca se encuentra completamente tapizada por las poblaciones de algas, mostrando un aspecto

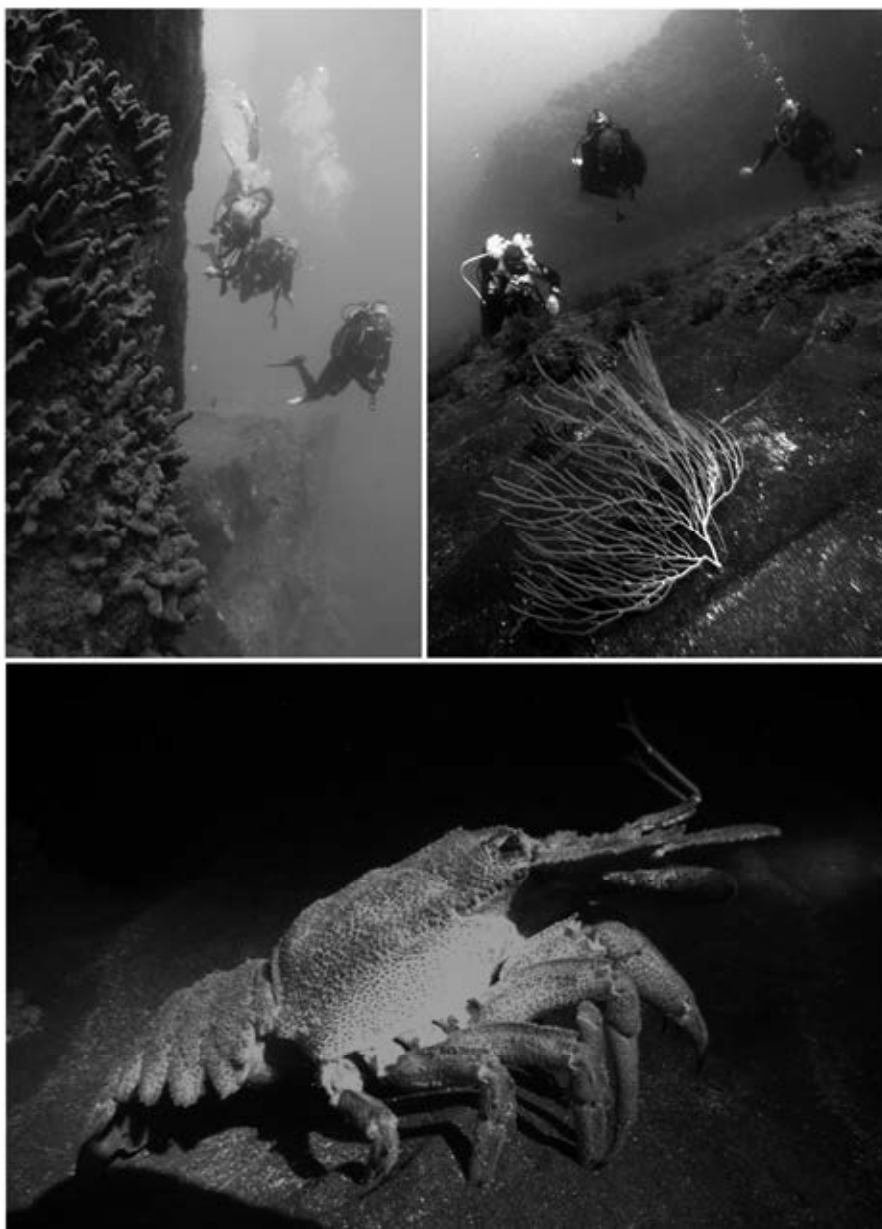


Fig. 20. Baja del Portillo. En este bajón que se eleva desde una treintena de metros de profundidad es posible reconocer densas poblaciones de la esponja amarilla, *Aplysina aerophoba* (arriba a la izquierda); mientras que en zonas más profundas, en la base rocosa parcialmente cubierta por el lecho de arena habitan gorgonias amarillas, *Leptogorgia viminalis* (arriba a la derecha). Las gangostas (*Scyllarides latus*) se observan ocasionalmente protegidas en el interior de la cueva situada hacia la base de la baja (abajo).

absolutamente distinto al de las rocas adyacentes, y con numerosas especies de peces ligadas a este ambiente (Fig. 21).

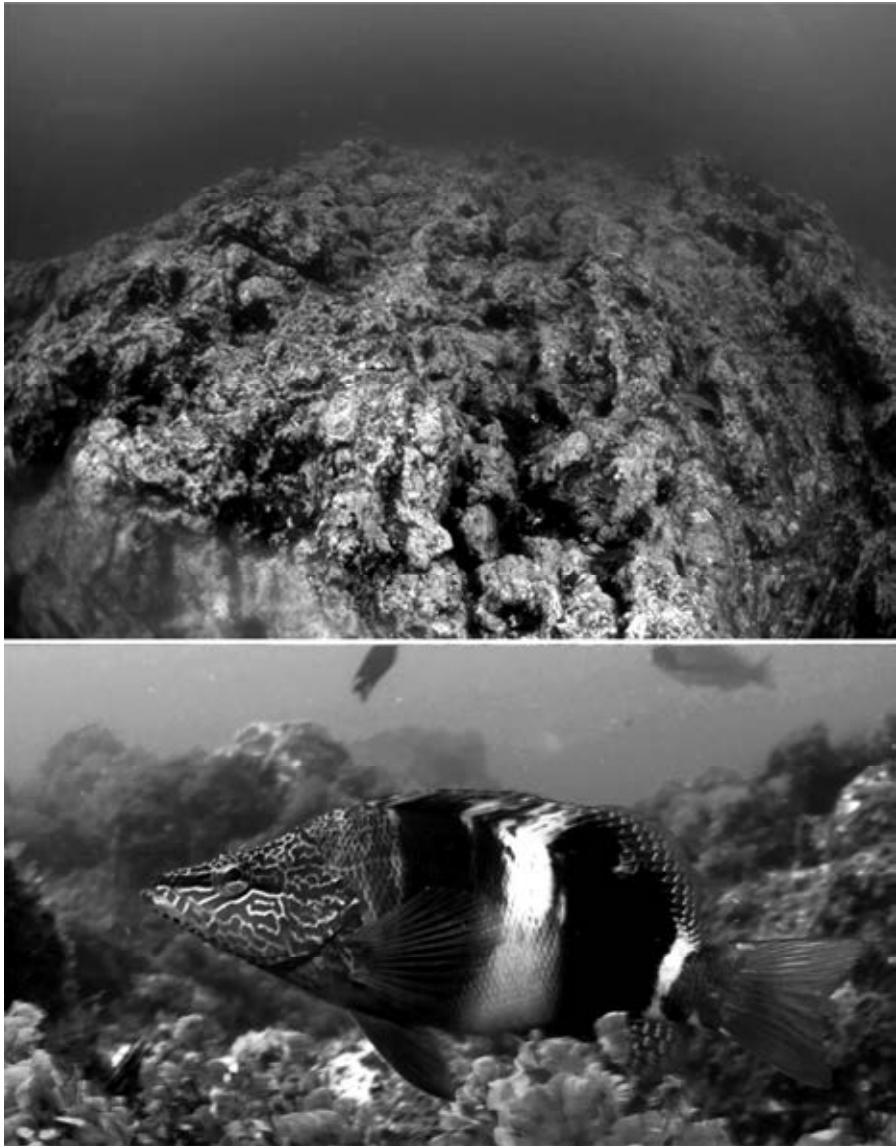


Fig. 21. Hace unos años, en una roca situada junto a la baja Limón desprovista de vegetación macroscópica y ocupada por un blanquiazal (arriba), fueron eliminados todos los erizos. En la actualidad la roca esta cubierta por una densa población de algas y mantiene asociada poblaciones de peces, como esta cabrilla pintada o vaquita, *Serranus scriba* (abajo).

En esta inmersión es factible acceder a un par de pequeños túneles, uno muy sencillo y otro de mayor dificultad que puede ser complicado para buceadores con escasa experiencia por su fondo arenoso y por su tortuosa salida. En la zona es común contemplar fauna propia de los ambientes arenosos como los angelotes (*Squatina squatina*), los chuchos (*Dasyatis centroura*) y las tembladeras (*Torpedo marmorata*).

(6) Simplón Reef.

Ya hemos pasado la desembocadura del Barranco de la Arena y estamos en la costa del Puerto de la Cruz. Se puede fondear en la costa en pequeñas bahías protegidas (a estas inmersiones las denominamos La Cala y El Barco) y se desarrollan hasta unos 15 metros de profundidad. Se trata de un fondo rocoso, al principio cubierto de algas donde abundan peces de pequeña talla, que va dando paso a la arena en su parte final. Se trata de inmersiones muy sencillas habitualmente usadas en los cursillos, y no pocos buceadores han realizado aquí su primera inmersión de lancha. La inmersión en Simplón Reef (Fig. 9) es más profunda y algo más alejada de la costa. Forma parte de un veril situado a 10 metros de profundidad que alcanza hasta los 20 metros sobre un fondo arenoso. Las características del paisaje submarino son similares a las de Los Arcos, también en el mismo veril, y que comentaremos a continuación. Con frecuencia ambos lugares son recorridos en una misma inmersión. Simplón Reef es espectacular porque consiste en una atractiva cueva volcánica en el que el techo se ha desplomado parcialmente (como en un jameo), con varios arcos y cuevas laterales (Figs 22 y 23). En el fondo arenoso es común observar rayas, tembladeras y angelotes.

(7) Los Arcos.

El paisaje sumergido se caracteriza por dos grandes arcos y las pequeñas cuevas que se distinguen en la base del veril. Mientras que la parte superior del mismo, a una profundidad próxima a los 10 metros muestra una importante presencia de algas (Fig. 24), sobre todo en la zona en la que los buceadores han machacado y eliminado los omnipresentes erizos de lima. En el fondo de arena situado en la base del veril son comunes los chuchos, las tembladeras, los angelotes y los pejepeines (*Xyrichtys novacula*). En la época en la que abundan los misidáceos hemos visto alguna manta o maroma (*Mobula tarapacana*), y a veces tropezamos con bandos de sierras (*Sarda sarda*) que pasan como una exhalación.

(8) El Arco de los Abades.

Pasando la Playa de Martiánez hacia el oeste (Fig. 9) existe una gran plataforma rocosa que se adentra en el mar, casi siguiendo el contorno de



Fig. 22. Cuevas y arcos en Simplón Reef forman parte de un veril situado entre 10 y 20 m de profundidad.



Fig. 23. La inmersión en Simplón Reef resulta espectacular porque se realiza en una amplia cavidad volcánica en la que el techo se ha desplomado parcialmente. Recuerda el aspecto de un jameo, de manera que su origen está relacionado posiblemente con una cueva volcánica con el techo parcialmente colapsado formado cuando el nivel del mar estaba situado unas decenas de metros por debajo del nivel actual.



Fig. 24. Las algas, como el plumero de mar (*Asparagopsis taxiformis*), son bastante abundantes en la superficie superior, bien iluminada, de Los Arcos.

las piscinas del Lago. Se trata del delta lávico de la erupción de la Montaña de Las Arenas o Montaña Taoro ocurrida hace unos 30 mil años (Carracedo *et al.*, 2008). En aquellos años el nivel del mar era bastante inferior al actual y las lavas penetraron centenares de metros más allá de la actual línea de costa. En la parte oriental de este delta rocoso está este punto de inmersión, que se caracteriza por presentar dos magníficos arcos paralelos (Fig. 25) en los que hace años era común encontrar abades (*Mycteroperca fusca*), uno de los serránidos más comunes en Canarias, cuyas dimensiones superan a las de las cabrillas (*Serranus atricauda*), pero sin alcanzar el tamaño de los meros (*Epinephelus marginatus*).



Fig. 25. En los dos magníficos arcos paralelos del Arco de los Abades la inmersión requiere una atención especial por las corrientes de la zona. Los abades fueron muy abundantes en el pasado, pero en la actualidad son bastante raros.

Desafortunadamente de esa pasada abundancia ya no queda más que el nombre. En la actualidad, y con un poco de suerte es posible contemplar algunos burros listados (*Parapristipoma octolineatum*) y sargos (*Diplodus spp.*). Se trata de una inmersión no apta para principiantes por la intensa corriente presente en la zona. Pasando los arcos se distingue un amplio barranco con fondo de arena que desciende hasta los treinta y tantos metros. En sus cercanías descansa un ancla grande y muy antigua, testimonio de

que en el pasado, la zona de Martíánez fue uno de los embarcaderos del Puerto de la Cruz (Viale Acosta, 2002). En toda la zona, las gorgonias rojas y en menor medida las amarillas (*Leptogorgia ruberrima* y *L. viminalis*, respectivamente), están bien representadas.

(9) El Veril del Limpio de las Carabelas.

La parte occidental de la plataforma antes mencionada es mucho más abrupta, y muestra un veril que puede ir desde los 16 hasta los 30 metros. Esta potente pared está situada delimitando el borde (Fig. 9) de lo que en el pasado fue uno de los fondeaderos más concurridos de nuestro puerto, el denominado “Limpio de las Carabelas”, que abarcaba el espacio situado frente al actual muelle. En él fondeaban las naves de mayor calado, mientras que hacia la costa, frente a al embarcadero de San Telmo se encontraba el denominado “Limpio del Rey”, menos profundo y que solo permitía el fondear barcos de pequeño calado (Viale Acosta, 2002). Todo este delta lávico presenta una clara hendidura que se aproxima hasta cerca del embarcadero de San Telmo, para luego extenderse nuevamente hacia el oeste formando otra amplia plataforma rocosa hasta la desembocadura del barranco de San Felipe (Carracedo *et al.*, 2004). Por las características de estos fondeaderos fueron muchos los barcos que perdieron sus anclas en la zona. Las hay tipo almirantazgo, con cepo de hierro o de madera, algunos más modernos de patente y de todos los tamaños (Fig. 26). Por otra parte, el veril presenta arcos y estrechas gargantas que hacen al lugar de lo más atractivo para la inmersión. Como hecho reseñable podemos citar la presencia de un grupo, de casi una decena de gorgonias látigo o verga fina (*Stichopathes setacea*) en una zona a 30 metros de profundidad.

En una situación intermedia entre el el Arco de los Abades y el Veril de las Carabelas, hacia afuera del Lago de Martíánez, hay una impresionante baja (Fig. 27), en cuya base se acumula una importante cantidad de ruedas de molino. Es muy probable que este haya sido la carga de una embarcación que tuvo la desgracia de finalizar sus días al colisionar con la baja.

(10) El Muelle.

Esta es una de las pocas inmersiones de orilla que se hacen en el Puerto de la Cruz, puesto que este pueblo no dispone de otro acceso cercano al mar para los coches (Fig. 9). Iniciamos la inmersión saltando desde la última escalera, y tras virar la punta del muelle, seguimos los prismas de la escollera para descender hacia el fondo de arena a través de un curioso tobogán. Buceamos siguiendo un veril con rumbo norte que nos irá guiando hasta alcanzar los treinta metros. En esa zona descansan en el fondo tres grandes anclas de patente que, supongo, datarán de mediados del siglo veinte (Fig. 28). Es una inmersión en la que es conveniente utilizar brújula



Fig. 26. El Veril del Limpio de las Carabelas presenta arcos y estrechas gargantas que hacen de este enclave un punto muy atractivo para la inmersión (arriba). En el pasado fueron muchos los barcos que perdieron sus anclas cuando fondearon en esta zona, como las de tipo almirantazgo que se observan en las imágenes de abajo.



Fig. 27. Por fuera del Lago de Martiánez, entre el Arco de los Abades y el Veril de las Carabelas se eleva una imponente baja (izquierda), en cuya base reposa una elevada cantidad de ruedas de molino (derecha), probablemente la carga de una embarcación que colisionó con la baja.

pues es fácil desorientarse. Durante el recorrido resulta habitual observar a la salida del muelle tanto corvinas (*Sciaena umbra*), como pejerreyes (*Pomatomus saltatrix*) e incluso algunos meros (*Epinephelus marginatus*) de buen tamaño. En la parte más somera cercana a la bocana del muelle, es un buen lugar para observar poblaciones del mujo negro (*Gelidium canariense*), un alga abundante en el pasado y que durante los años cincuenta y sesenta del pasado siglo fue recolectada durante los veranos por las familias de los pescadores de la localidad como materia prima para la extracción de agar (Afonso-Carrillo, 2003).

Esta inmersión requiere precauciones especiales, puesto que se realiza en la bocana de un muelle frecuentado en el que hay días de mucho trasiego de pequeñas embarcaciones. Debemos ir señalizados con una boya para advertir a los patrones de nuestra presencia.

(11) La Catedral.

No es solo la inmersión más conocida del Puerto de la Cruz, sino con toda seguridad del norte de Tenerife. Fue “descubierta” por Eberhard Christoph



Fig. 28. En el fondo, junto al veril por fuera de la bocana de El Muelle, reposan algunas grandes anclas muy probablemente perdidas durante el pasado siglo.

del Club Atlantik a principios de los años noventa del pasado siglo y desde entonces se llevan a cabo en este punto cientos de inmersiones al cabo del año. Está situada (Fig. 9) en el borde de un veril que desciende desde los 18 hasta los 36 metros de profundidad, en lo que representa el margen del delta lávico occidental originado por la erupción de la Montaña de Las Arenas. El nombre del lugar hace referencia a la impresionante belleza que exhibe este paisaje submarino. La erosión marina ha ido modelando las rocas configurando un espacioso anfiteatro de unos veinte metros de alto con arcos, lo que representa un auténtico laberinto donde el buzo menos experto puede realizar varias inmersiones, descubriendo constantemente nuevas perspectivas (Fig. 29).

El caprichoso diseño de esta formación geológica, llena de recovecos, da protección y permite ocultarse a una rica fauna de peces, siendo los más frecuentes las catalufas (*Heteropriacanthus cruentatus*), burros (*Parapristipoma octolineatum*), brotas (*Phycis phycis*), pejeperros (*Bodianus scrofa*), abades (*Mycteroperca fusca*), o sargos breados (*Diplodus cervinus*), que se pueden observar durante la inmersión. Mientras que las salemas (*Sarpa salpa*) son más comunes en la parte superior.



Fig. 29. La inmersión en La Catedral permite descubrir un entorno submarino singular. Las rocas volcánicas erosionadas por el mar han dejado al descubierto una imponente oquedad y espectaculares arcos (arriba). La naturaleza ha sido realmente caprichosa configurando un auténtico laberinto, un paisaje inolvidable.

Además la presencia de gorgonias (Fig. 30) supone un atractivo adicional. Tanto la gorgonia roja (*Leptogorgia ruberrima*) con su característico color rojo oscuro, sus ramas irregulares con tendencia a orientarse en un plano que puede alcanzar alrededor de 30 cm de alto, como la gorgonia amarilla (*Leptogorgia viminalis*), típicamente amarillenta, abundantemente ramificada en un plano y de mayor tamaño alcanzando el metro de alto, pueden observarse en esta inmersión. Además, el coral naranja (*Dendrophyllia ramea*), aunque menos abundante, también está presente en la parte más profunda (Fig. 31). En todo caso, esta inmersión requiere tomar precauciones adicionales. La zona no es sencilla ya que las corrientes de marea pueden darnos algún susto durante el descenso o el ascenso si el día no es el más adecuado para bucear en ella. Pero realmente vale la pena. Es una de las estrellas del buceo en Tenerife, y de hecho aparece catalogada en el libro “Las Mejores Inmersiones del Mundo” (Jackson, 2006).

(12) El Túnel.

A corta distancia de la anterior y situada en el mismo veril tenemos el Túnel (Fig. 9). Se trata también de una cueva provocada por la erosión marina cuando el nivel del mar estaba situado muy por debajo del actual. Desde el fondo arenoso a unos 40 metros de profundidad surge este enorme túnel de 15 metros o más de alto, con el techo parcialmente derrumbado dejando tres enormes entradas de luz (Fig. 32). El ancho es bastante amplio, de unos 20 metros con lo que la oscuridad nunca es completa y siempre se está cerca de alguna salida (Fig. 33). En su interior son habituales las brotas y algunos sargos. Hace años, sin embargo, abundaban los abades y bicudas (*Sphyræna viridensis*), además de grandes pejeperros.

(13) La Chimenea.

Está situada en las proximidades del Túnel (Fig. 9), y de hecho, si el aire nos lo permite es común realizar ambas inmersiones de forma conjunta. Se trata de un hueco vertical de unos 4 metros de diámetro en la plataforma que nos lleva hasta el fondo a 36 metros. Allí, al salir de la chimenea vertical, nos encontramos con una densa población de gorgonias rojas y alguna que otra amarilla de gran tamaño. La gorgonia látigo o verga fina (*Stichopathes setacea*) también se puede observar en esta inmersión (Fig. 34).

(14) El Pecio del Coronel.

Es el único pecio visitable del Valle de La Orotava. Se trata de los restos de un antiguo pesquero ruso de “chapa” que terminó sus días trabajando en la



Fig. 30. La gorgonia roja, *Leptogorgia ruberrima* (arriba) y la gorgonia amarilla, *Leptogorgia viminalis* (abajo), dos especies presentes con cierta abundancia en el entorno de La Catedral.

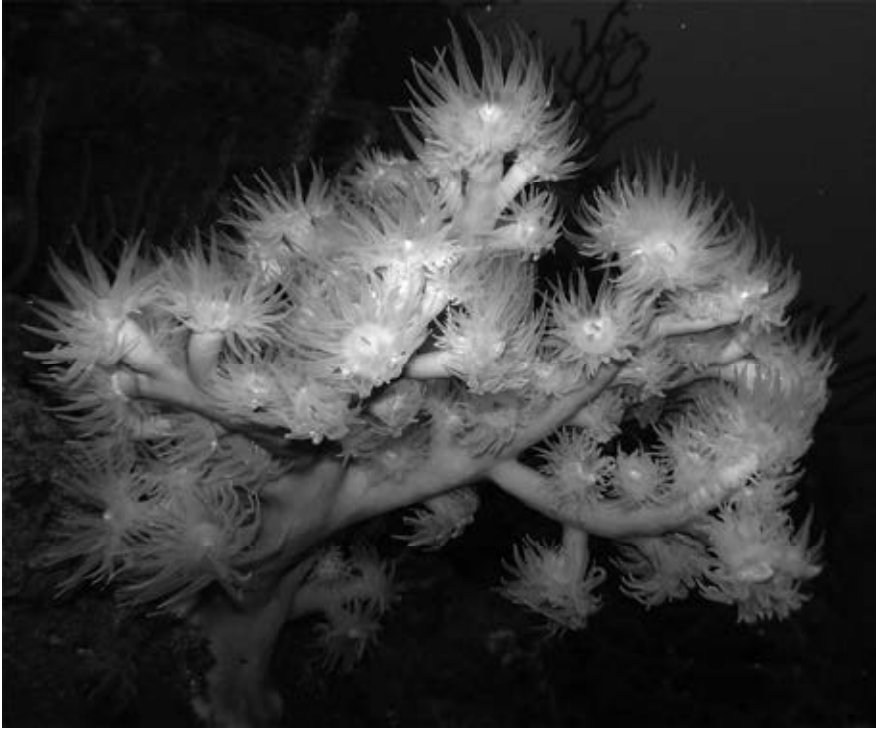


Fig. 31. El coral naranja (*Dendrophyllia ramea*) se puede observar en la inmersión de La Catedral.



Fig. 32. En El Túnel, el techo parcialmente colapsado deja amplias entradas de luz.



Fig. 33. El Túnel es una larga cavidad bastante ancha en la que las entradas de luz permiten una visibilidad suficiente para la inmersión, además siempre se está cerca de alguna salida.



Fig. 34. La gorgonia látigo o verga fina (*Stichopathes setacea*) se puede observar en la inmersión del Túnel.

construcción del emisario de la EDAR situada en Punta Brava (Fig. 9). Se hundió el 10 de septiembre de 2003 al dar su pantoque de estribor con los bajos de La Brava. El mar del norte no lo ha tratado muy bien, y hoy descansa a 16 metros de profundidad (Fig. 35). La sección de proa es la parte más reconocible, con el puente y la sala de máquinas expuesta descansando en su costado de estribor. Muy cerca, en la arena, encontramos el motor y un poco más allá, la popa, en la actualidad bastante destrozada. A su alrededor se distinguen multitud de restos de la grua, compresores y demás. Cerca del pecio también podemos visitar el veril de La Brava, con algún arco y una llamativa colonia de espirógrafos o plumero de roca (*Sabella spallanzanii*) poco común por esta zona.

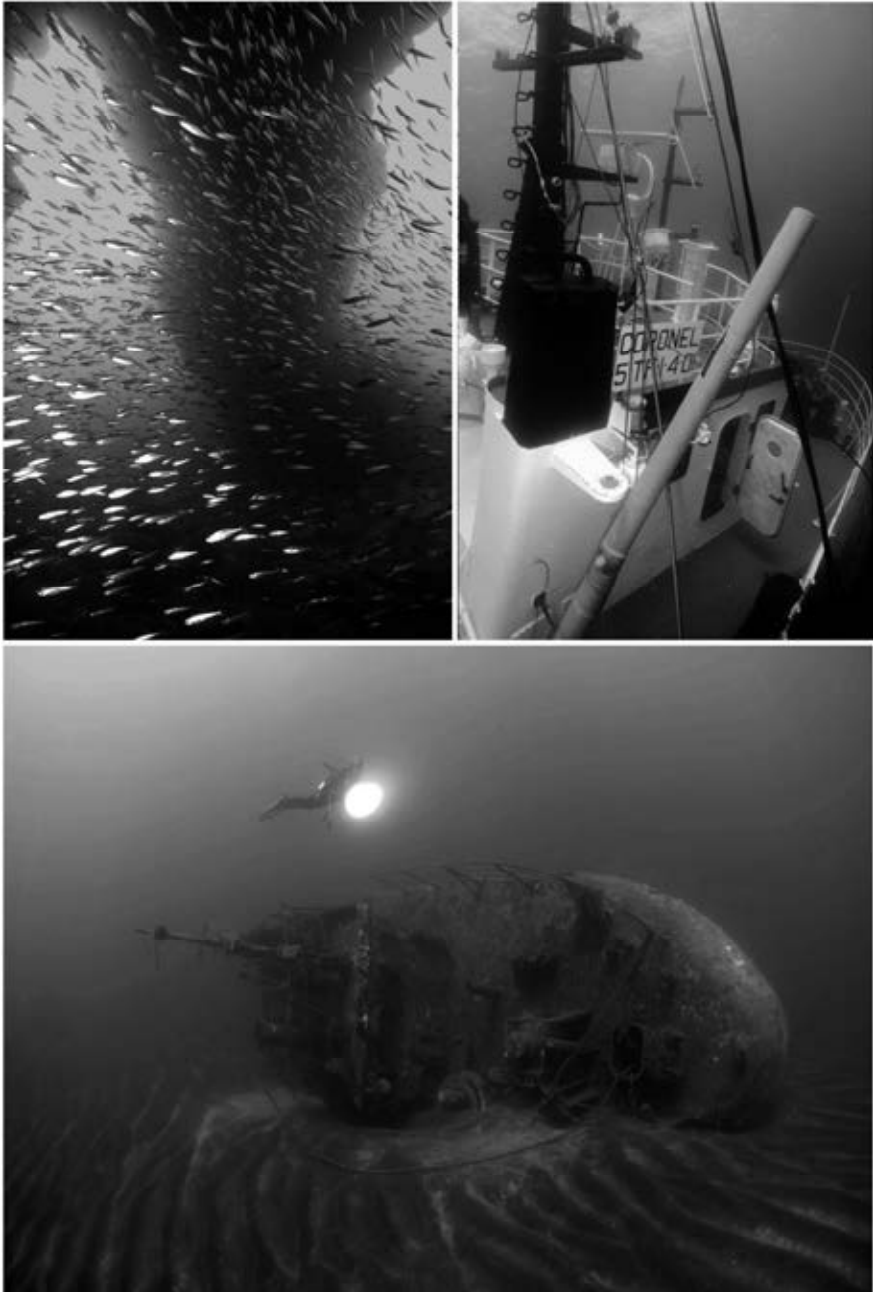


Fig. 35. El Coronel se hundió al chocar con la baja de La Brava (arriba izquierda) durante las obras de construcción del emisario de la EDAR de Punta Brava en el verano de 2003. Imagen del pecio en los primeros días tras su hundimiento (arriba derecha). En la actualidad reposa sobre el lecho arenoso a 16 m de profundidad soportando la violencia de las aguas del norte (abajo).

(15) El Guindaste.

Inmersión situada cerca de la punta del mismo nombre (Fig. 9), podría hacerse de costa si no hubiese que acarrear con el pesado material de buceo por un acceso muy complicado y agotador, sobre todo a la vuelta. Se trata de una inmersión poco profunda y muy curiosa, con una gran cantidad de recovecos, pequeñas bajas, cuevas y pasadizos, que genera cierta dificultad para orientarse. Es remarcable la presencia de algas, sobre todo en el interior de la parte protegida o charco, en el que también hay restos de un antiguo naufragio con la presencia de un ancla grande (Fig. 36). En cuanto a los peces, son abundantes pero de muy pequeño tamaño. Es una zona de abundante presencia de pescadores de caña y submarinos.

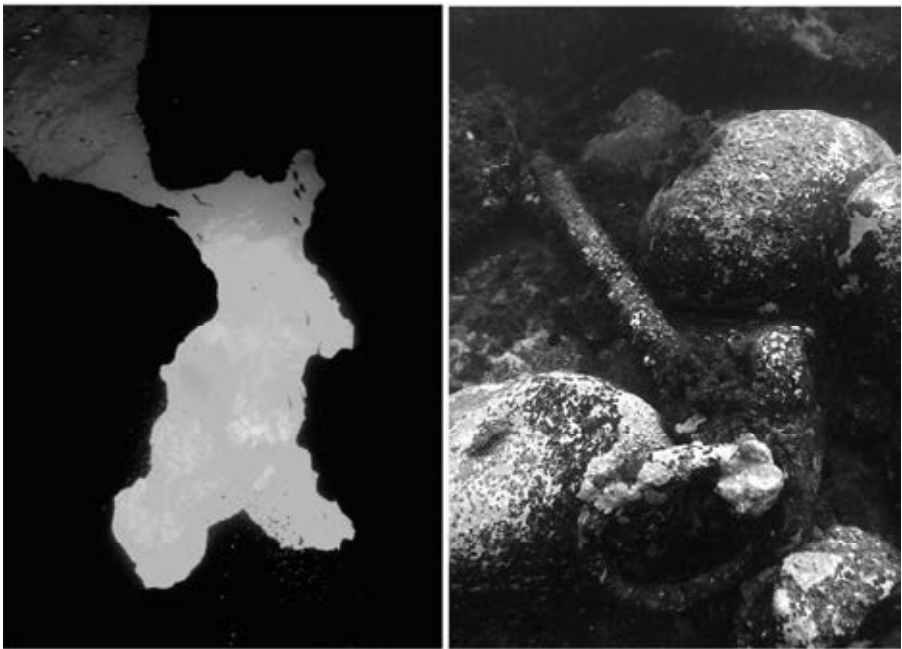


Fig. 36. En El Guindaste la inmersión es poco profunda y con una gran cantidad de recovecos, cuevas y pasadizos (izquierda). También se puede observar un ancla de grandes dimensiones (derecha).

(16) La Baja de Los Realejos.

Dejo para el final la que para mí es la mejor inmersión de la zona y puede que una de las mejores de Canarias. La buceamos por primera vez José Martín y yo el 30 de octubre de 1992 pero pienso que con total seguridad otros buceadores la habrían realizado previamente puesto que se trata de un lugar con cierta fama que aparece en las cartas de navegación.

Está situada a una milla de la Punta del Guindaste (Fig. 9), y la baja se eleva desde fondos de más de 50 metros, quedando a unos 7 metros de la superficie. Tiene unos 70 metros de largo y está orientada en sentido nort-sur, e incluye la sección central, la baja del pino hacia tierra y la parte más profunda al norte. La cara oriental de la baja es casi vertical hasta los 36 metros de profundidad; mientras que la occidental presenta escalones a los 18 y a los 25 metros (Fig. 37). Este edificio basáltico está situado perpendicular a la dirección de las corrientes de marea lo que provoca el ascenso de aguas profundas, convirtiendo la cara expuesta de la baja en un oasis de vida. La “carnada” es muy abundante [bogas (*Boops boops*), caballas (*Scomber colias*), etc.] y, hace años, ello traía consigo la abundancia de medregales (*Seriola dumerili*), sierras (*Sarda sarda*), pejerreyes (*Pomatomus saltator*), bonitos (*Katsuwonus pelamis*), bicudas (*Sphyræna viridensis*) y abades (*Mycteroperca fusca*); e incluso llegamos a ver algún marlín (*Kajikia albida*) (Fig. 38).

Sin embargo, en la actualidad esta riqueza ha desaparecido en gran medida y sólo el que haya buceado en este sitio allá por los años noventa del pasado siglo valorará la presente situación: la alarmante desaparición de una importantísima masa de depredadores. En cualquier otro lugar del mundo orientado al turismo, este lugar habría sido protegido y estaría siendo visitado no por cientos, sino por miles de buceadores a lo largo del año.

Por si esto no fuera suficiente, la parte más profunda de la baja, su arista NW, presenta unas paredes espectacularmente tapizadas de coral negro (*Antipathes wollastoni*). La profundidad máxima en esta parte ronda los 50 metros y no es un lugar apto para buceadores sin una formación específica. A veces, las corrientes fuertes y el consumo de aire pueden complicar mucho esta zona de inmersión.

Comentario final

Después de varias décadas buceando en el litoral del Valle de La Orotova es necesario denunciar la progresiva degradación que han venido sufriendo los fondos de las islas. No es solo la utilización que hacemos del mar como un basurero en el que se pretende esconder todos los desechos originados por nuestras actividades, que nos molestan en tierra y que muy equivocadamente pensamos que resolvemos al verterlas o arrojarlas al mar. Si no también, la percepción que tienen muchos del medio marino al que se acude, a veces con demasiada frecuencia, con el único objetivo de extraer y extraer. Pescar y pescar. Como si el mar fuera una despensa que nunca se fuera a agotar. Sin valorar las necesidades biológicas de las poblaciones, y no dando margen para que se puedan recuperar después de estar sometidas a una intensa sobrepesca. Estamos obligados a reflexionar acerca de la



Fig. 37. La Baja de Los Realejos se eleva desde unos 50 metros hasta quedar a 7 metros de la superficie. Cuenta con cavidades (arriba), y sus paredones son casi verticales (abajo izquierda). En la parte más profunda las paredes están tapizadas de coral negro, *Antipathes wollastoni* (abajo derecha).

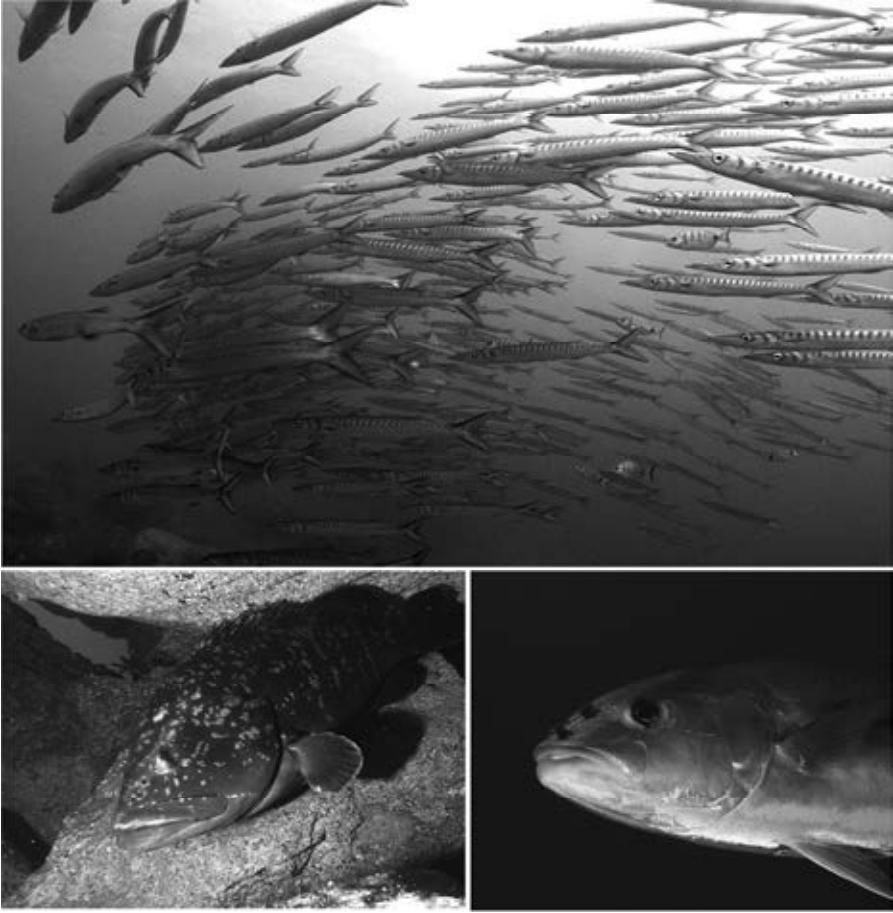


Fig. 38. En la Baja de Los Realejos ascienden aguas profundas y la fauna es abundante. En el pasado era común reconocer la presencia de grandes depredadores como bicudas (arriba), meros (abajo izquierda) o medregales (abajo derecha).

imperiosa necesidad que tenemos de cambiar nuestros hábitos y de realizar un uso sostenible del medio marino. Y lo más triste es que se nos está acabando el tiempo. Solo así será posible propiciar que se recuperen las poblaciones de algas que son el alimento y refugio de la fauna más pequeña; es decir, los primeros eslabones que sostienen la cadena de la vida en el litoral. Y solo así tener la posibilidad de volver a disfrutar contemplando la exuberante vida marina que habitaba los bajíos y los fondos del litoral norte de Tenerife.

Dicho todo esto, no puedo dejar de comentar que muchas de las inmersiones propuestas en este catálogo se realizan en lugares con un alto valor paisajístico que posiblemente merecerían ser protegidos como lugares

de interés geológico submarinos. Algunos de estos enclaves, como La Catedral, El Túnel o La Chimenea, situados en el márgen del delta lávico occidental originado por la erupción del volcán de la Montaña de Las Arenas acaecida hace aproximadamente unos 30 mil años, están en riesgo de desaparecer. Estos fantásticos lugares podrían quedar sepultados bajo un puerto, cuyo proyecto nadie se decide a definir ante la obsesión de determinados sectores por aumentar el tamaño del mismo, y por su más que dudosa utilidad (Fig. 39).



Fig. 39. Uno de los proyectos que se han hecho público de los que podría ser el futuro puerto de Puerto de la Cruz. Su ejecución afectaría muy probablemente a tres importantes puntos en los que se realizan inmersiones descritos en este trabajo. Los tres asteriscos indican la situación aproximada de La Chimenea, El Túnel y La Catedral, respectivamente de izquierda a derecha.

Finalizo insistiendo en el comentario con el que inicié este trabajo. El buceo es una actividad que está en expansión y que correctamente gestionada favorece el aprecio por el medio marino. Buceando se conoce y se siente la naturaleza, por lo que sus practicantes son los primeros interesados en su defensa y conservación. El buceo ayuda a la divulgación de los valores naturales del mar, y desde Ecosub Tenerife lo practicamos cada vez que salimos a realizar una inmersión en la costa del Valle de La Orotava (Fig. 40).

Bibliografía

AFONSO-CARRILLO, J. (2003). Aprovechamiento industrial de algas marinas canarias para la extracción de agar. Puerto de la Cruz (1951-1966). *El Pajar. Cuaderno de Etnografía Canaria* 15: 173-184.

- CARRACEDO, J.C., F.J. PÉREZ-TORRADO, E. RODRÍGUEZ BADIOLA, R. PARIS & B.S. SINGER (2008). Fiabilidad de la interpretación de las referencias de erupciones subhistóricas de Tenerife: la erupción pre-holocena de Mña. Taoro. *Geotemas* 10: 1261-1264.
- IVARS PERELLÓ J. & T. RODRÍGUEZ CUEVAS (1987). *Historia del buceo: su desarrollo en España*. Ediciones Mediterráneo. Murcia, 396 pp.
- JACKSON, J. (2006). *Las mejores inmersiones del mundo*. Ed. Blume. Barcelona, 168 pp.
- MACHADO, A. & M. MORERA (Coord.) (2005). *Nombres comunes de las plantas y los animales de Canarias*. Academia Canaria de la Lengua. Islas Canarias, 277 pp.
- RODRÍGUEZ, A., J.C. HERNÁNDEZ, S. CLEMENTE, & S.E. COPPARD (2013). A new species of *Diadema* (Echinodermata: Echinoidea: Diademataidae) from the eastern Atlantic Ocean and a neotype designation of *Diadema antillarum* (Philippi, 1845). *Zootaxa* 3636: 144-170.
- VIALE ACOSTA, F. (2002). *Temporales, naufragios y piratería en el Puerto de la Cruz: siglos XVI-XX*. Segunda Edición. Asociación de Vecinos "La Peñita". Puerto de la Cruz, 134 pp.



Fig. 40. De buceo por el litoral del Valle de La Orotava con el club Ecosub Tenerife.

5. Una vuelta al mundo bajo el agua

Francis Pérez

Fotógrafo submarino.

La conferencia está basada en la fotografía submarina y lo que les planteo es llevar a cabo una vuelta al mundo bajo el agua. El viaje lo iniciaremos desde Canarias y partiremos hacia el este. Nos detendremos en Sudáfrica y sus tiburones, continuaremos hacia el norte visitando Mozambique y el Mar Rojo egipcio y sus arrecifes de coral; daremos un salto al Océano Índico y nos iremos al Indopacífico, a Raja Ampat, West Papua, Indonesia. Después de disfrutar del macro de Raja Ampat nos adentraremos en el Pacífico, en Palau y Yap, dos lugares salpicados de islas, con lagos llenos de medusas que no pican y con pecios de la Segunda Guerra Mundial. La siguiente parada será en las islas Galápagos, un lugar que no necesita presentación y que inspiró la teoría de la evolución de las especies de Charles Darwin. Después nos iremos a México a visitar los cenotes y los peces vela. Finalmente cruzaremos el Atlántico de una forma especial hasta regresar a Canarias.

En este viaje les hablaré de experiencias, anécdotas fotográficas, de reservas marinas, del estado de algunas especies. Y sobre todo compartiré la impresionante belleza capturada por la cámara de los organismos marinos en su ambiente. Espero que lo disfruten.

Canarias

Iniciamos nuestro viaje desde Canarias, concretamente en la isla de La Palma, donde pude fotografiar una preciosa tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) la segunda cita de este animal para La Palma (Fig. 1). Fue un

encuentro curioso puesto que ya en 2014 había tenido la oportunidad de fotografiar un ejemplar en la zona de Fuencaliente, cuando realizábamos un documental sobre paisajes submarinos de Canarias. Al año siguiente volvimos para otro trabajo, y me encontré de nuevo con una tortuga carey. Me pareció toda una coincidencia su presencia en el mismo sitio un año después. Estuvimos preguntando y a pesar de que se trata de un lugar frecuentado por buceadores no se había visto en todo el año. Pero, las manchas de la cara de las tortugas son como nuestras huellas dactilares, no hay una igual a otra. Fue al llegar al apartamento y tras comparar el lado derecho de la cabeza, cuando nos dimos cuenta de que se trataba del mismo ejemplar del año anterior.



Fig. 1. Las características manchas de la cara de la tortuga carey que observamos en La Palma durante dos años consecutivos nos permitió confirmar que se trataba del mismo ejemplar.

Cada vez resulta más popular el término “geodiversidad”, y es en las islas Canarias, dado su origen volcánico, donde el término cobra especial importancia. En la zona de Fuencaliente, en el sur de La Palma, es posible contemplar bajo el mar las lavas relativamente recientes de los volcanes San Antonio y Teneguía que configuran un paisaje submarino singular de lavas almohadilladas, arcos y cavidades (Fig. 2). En tierra predomina el negro

paisaje volcánico; pero bajo el agua este mismo paisaje ha sido colonizado por el color, con esponjas tapizantes y otros organismos que viven sobre la lava. A mayor profundidad encontramos bosques de coral negro que se disponen en las terrazas que se van perdiendo hacia el fondo.



Fig. 2. Las relativamente recientes lavas de los volcanes San Antonio y Teneguía han configurado un impresionante paisaje submarino que ha sido colonizado por organismos de llamativos colores.

Una de las formaciones más espectaculares de la geología de origen volcánico es la “disyunción columnar”. La Rapadura, es una estructura de columnas que se encuentra en la zona norte de Tenerife, en el municipio de Santa Ursula (Fig. 3). Hace entre quinientos mil y un millón de años hubo una erupción volcánica en tierra, en dicha zona. Una colada de lava basáltica corrió ladera abajo y llegó al mar. El contacto con el agua hizo que la lava se enfriase, se contrajese y se rompiese formando columnas hexagonales casi perfectas. Unas formaciones parecidas están en Irlanda, y son conocidas como “La calzada del Gigante”, se originaron hace cerca de 6 millones de años, cuenta con unas cuarenta mil columnas, y forman parte del patrimonio de la humanidad de la UNESCO. Según Juan Jesús Coello, geólogo y amigo, asesor científico del INVOLCAN, hace 50.000 años hubo una glaciación y el nivel del mar bajó dejando emergida a la Rapadura y permitiendo la erosión por el mar. Una colección de estas fotografías, junto

con el informe de Juan Jesús Coello, fue publicado en la versión española de *National Geographic* en mayo de 2012.

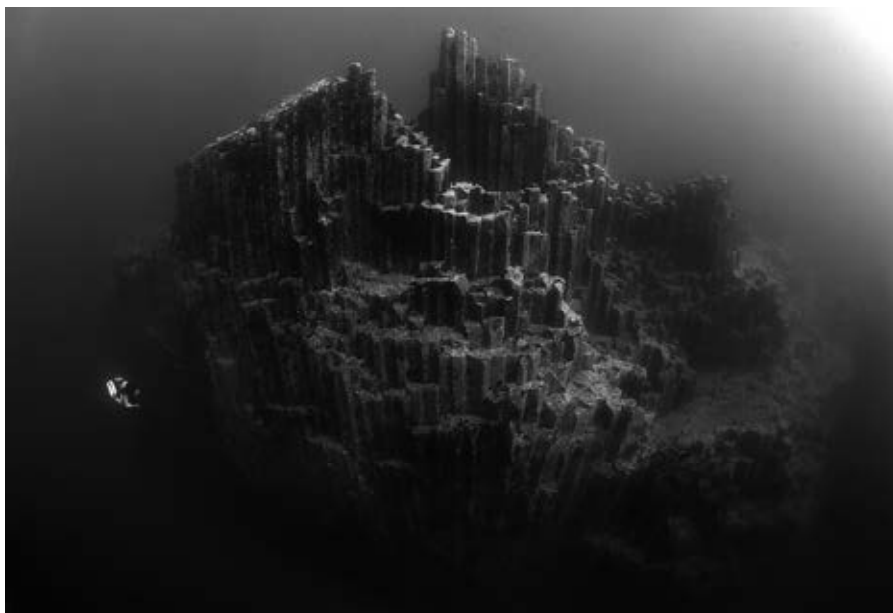


Fig. 3. El impresionante y monumental paisaje submarino de La Rapadura, en el norte de Tenerife.

Una de las riquezas que tiene Canarias es la importante población de cetáceos que viven y pasan por las islas. Se han identificado 30 especies de cetáceos, de las que 11 son de buceo profundo. Además se conocen unas 100 especies de cefalópodos, que son el alimento de los calderones tropicales, de los que hay censados 391 individuos en Tenerife (98 en Anaga). Estos odontocetos se alimentan a 800 metros de profundidad. De cachalotes hay censados en Canarias 224 individuos, pero desgraciadamente están muriendo más individuos de los que nacen por la colisión con los barcos. Por último, de zifios hay censados en El Hierro 47 zifios de Cuvier y 64 zifios de Blainville. Estos datos vienen a demostrar que Canarias es uno de los puntos calientes del planeta en cuanto a cetáceos se refiere.

Estos últimos años lo que más he hecho es fotografía de cetáceos y grandes animales. Es lo que más me gusta. Cuando se empieza en fotografía submarina, normalmente se comienza por lo más sencillo, la fotografía macro. Sin embargo, cuando el fotógrafo va cogiendo más experiencia y levantando más la cabeza y se va fijando más en el paisaje submarino y en

los grandes animales. Cuento con el permiso del Departamento de Biodiversidad del Gobierno de Canarias, así como del Ministerio de Agricultura y Medioambiente, para poder fotografiar cetáceos en Canarias bajo el agua. Canarias, y otros países que han firmado el acuerdo de la Comisión Ballenera Internacional, están sujetos a la normativa internacional en relación al acercamiento a estos grupos de animales. Durante muchos años, Canarias ocupó el cuarto lugar del mundo, ahora no se como está, en explotación turística de avistamientos de cetáceos. Actualmente hay unas 60 licencias concedidas para avistamiento de cetáceos y unos dos millones de euros de ingresos directos derivados de dicha actividad. Sin embargo, un estudio reciente de la hormona del estrés (cortisol) de los calderones tropicales ha evidenciado síntomas de estrés en dicha especie. Ahora ambas entidades están estudiando medidas para controlar esta situación.

El calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*) normalmente forma grupos familiares con unos lazos y unas relaciones tan complejas como las de los humanos (Figs 4-7). Para fotografiar los calderones lo más importante es saber leer cada situación, saber cuando nos podemos tirar al agua y cuando no. Un momento bueno para fotografiarlos es cuando el grupo familiar está tranquilo, compacto y parado en superficie. Esto ocurre normalmente después de una gran inmersión de los adultos, o cuando se forman guarderías: los adultos bajan a comer y los más jóvenes se quedan en superficie. Como decía, hay que saber cuando uno se puede tirar al agua y cuando no; cuando uno está invitado a la reunión familiar y cuando no. En una ocasión una cría vino hacia mí, comenzó a dar vueltas a mi alrededor y acabó golpeándome las piernas. De pronto la hembra empezó a golpear con su aleta la superficie del agua. Fue suficiente para darme cuenta de que la invitación había finalizado.

Pero no todo en mar abierto son los cetáceos. Cada año llegan a nuestras costas, y a veces de forma masiva, estos maravillosos animales, las “carabelas portuguesas” (*Physalia physalis*). Realmente no es una medusa sino una agrupación de hidroides que forman una colonia en la que cada individuo tiene distintas tareas asignadas. Es un organismo colonial fascinante, y como si de un velero se tratase, recorre los océanos desplegando esa especie de vela gelatinosa (Fig. 8). Bajo el agua los numerosos tentáculos son otra parte de la colonia cuyo único objetivo es atrapar el mayor número de presas potenciales. Unos tentáculos que portan infinidad de cápsulas urticantes cargadas con un potentísimo veneno, que son disparados sobre sus presas. La toxina urticante paraliza y mata a sus presas en pocos segundos, para luego dirigirlas a la cavidad gastrovascular donde otros individuos de la colonia serán los encargados de digerirla. Esta foto obtuvo el premio a la mejor foto de medusa en el Festival Mundial de la imagen submarina de Marsella, y poco después, en 2013, la publiqué en *National Geographic*.



Figs 4 y 5. Los calderones tropicales forman grupos familiares con unos lazos y unas relaciones tan complejas como las de los humanos.



Figs 6 y 7. Para fotografiar a los calderones es importante interpretar en cada momento la situación para saber cuando podemos entrar en el agua. Es apropiado cuando el grupo familiar está tranquilo, compacto y parado en superficie.



Fig. 8. La carabela portuguesa aunque tiene aspecto de medusa es un organismo colonial en el que los diferentes hidroides se reparten el trabajo de manera especializada: flotación, captura de presas y defensa, digestión, y reproducción.

A mí siempre me han gustado las imágenes submarinas de acción y en este sentido, una de las situaciones más espectaculares que se dan en el mar es la que en Canarias denominamos “frasquera”. Esto es una situación en la cual se concentra una gran bola de carnada, ya sean chicharros, caballas, sardinas, trompeteros, etc., debido al acoso de un conjunto de depredadores. En mayo del 2013 tuve la oportunidad de vivir uno de esos grandes momentos. Como siempre, había salido con unos amigos a fotografiar ballenas y después de una tarde poco productiva en cuanto a fotos se refiere, fue cuando ya regresábamos a puerto, cuando en la distancia divisamos una especie de nube negra parecida a humo. Nada más lejos de la realidad. Se trataba de una gran concentración de pardelas y gaviotas que trataban de comer en una gran bola de chicharros que había cerca de superficie. Aunque eran casi las seis de una tarde un poco oscura, en aquel punto se concentró una actividad que no había visto en los casi veinte años que llevo buceando. Pardelas, gaviotas, delfines moteados y atunes se habían concentrado para darse el gran festín (Fig. 9).



Fig. 9. Los delfines nadaban alrededor de la bola de chicharros que se movían ordenadamente manteniendo una estructura relativamente compacta.

Las pardelas buceaban en busca de sus presas (Fig. 10); las gaviotas, casi sin sumergirse picaban a los chicharros desde superficie; y mientras los delfines rodeaban a la gran bola haciéndola cada vez más compacta.



Fig. 10. Las pardelas buceaban en busca de las presas.



Fig. 11. Mi compañera buceó hacia la bola de chicharos y se abrió como si del cráter de un volcán se tratase. Esta impactante imagen sería portada del libro Sylvia A. Earle de National Geographic.

Esperamos largo tiempo a que aparecieran los grandes rorcuales, pero nunca llegaron. Fue en un momento de tranquilidad cuando le dije a mi compañera que bucease dentro de la bola. Después de unos cuantos aleteos entró en la bola de chicharros y esta se abrió como si del cráter de un volcán se tratase (Fig. 11). Esta foto fue seleccionada para la portada del libro de Sylvia A. Earle, *Blue Hope: Exploring and Caring for Earth's Magnificent Ocean*, editado por *National Geographic Books*; así como algunos premios internacionales.

Posteriormente tuve la oportunidad de vivir una situación similar, pero esta vez con la llegada de los grandes: los rorcuales tropicales (*Balaenoptera edeni*) (Fig. 12). Este fue un momento de mucha intensidad en el que pude fotografiar a un rorcual de unos 14 metros embistiendo a una bola de chicharros. Después de varios intentos fallidos, logré situarme detrás de la bola justo cuando el rorcual iniciaba la embestida de frente y hacia mi posición. Pude captar esta secuencia de seis fotos en las que aparece el rorcual con la garganta dilatada atrapando el mayor número posible de carnada, para luego iniciar el descenso, a menos de dos metros de mí (Fig. 13).



Fig. 12. La esperada aparición del rorcual tropical, caracterizado por su color gris oscuro con el vientre blanco-amarillento. Raramente es visto en grandes grupos, y tienden a congregarse cerca de sitios en los que abunda el alimento.

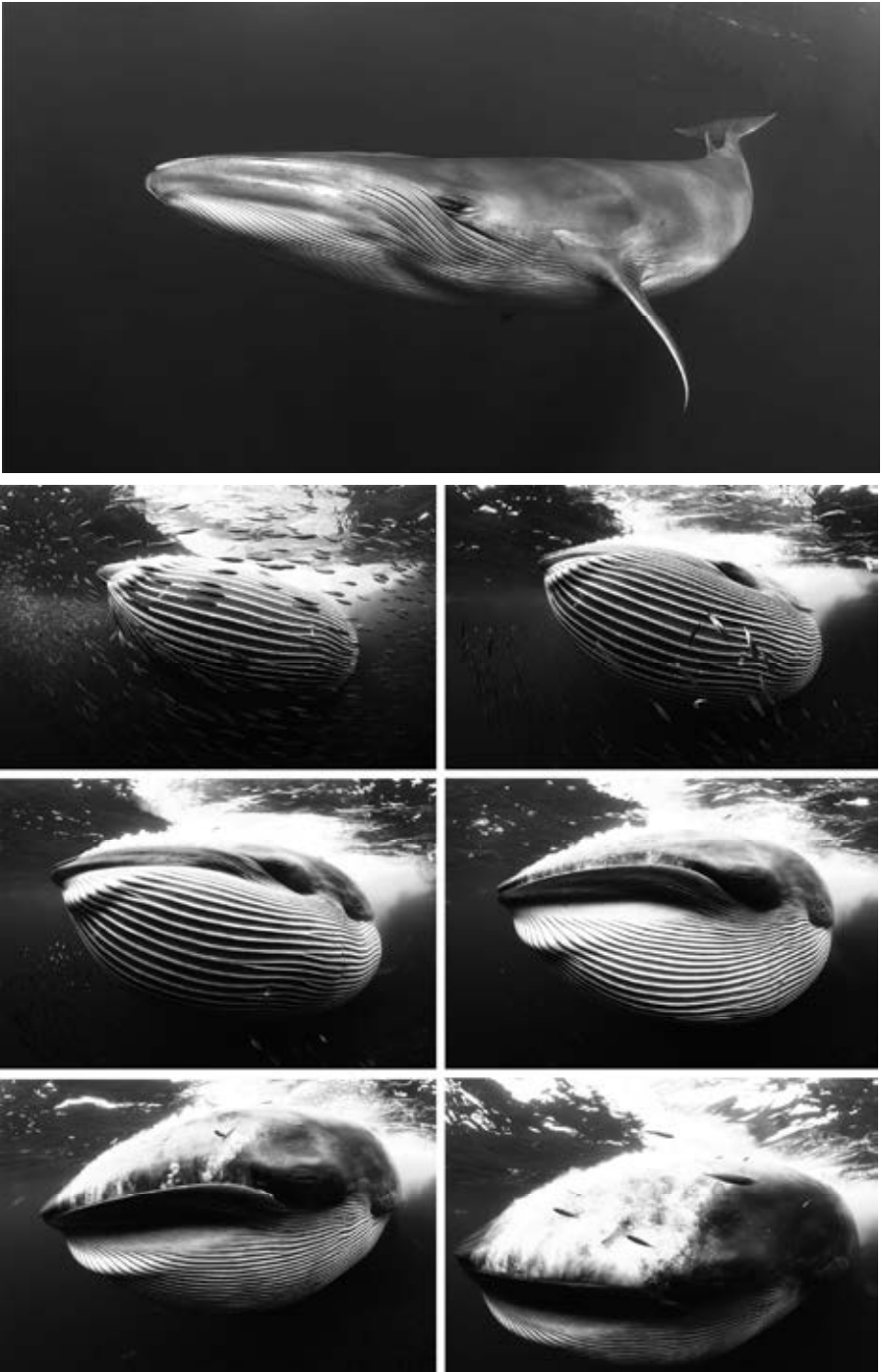


Fig. 13. El rorcual tropical y la serie de fotos de su embestida sobre la bola de chicharros.

Sudáfrica y Mozambique

Cuando se empieza a bucear, todos los buceadores tenemos un sueño común, bucear con tiburones, y yo no iba a ser menos. Elegí uno de los lugares del planeta donde hay mayor concentración de tiburones, después de las islas Galápagos: Sudáfrica. El viaje lo realicé en 2010 junto con cuatro amigos más. Desde Johannesburgo volamos a la ciudad costera de Durban y de ahí a Aliwual Shoal. La idea era bucear con tiburones en su estado natural, en mar abierto, sin jaulas ni ningún tipo de barrera, por decirlo de alguna manera. Elegimos a una persona que llevaba buceando con tiburones más de quince años, Walter Bernardis. Me esperaban dos días de intensa adrenalina, aunque no era la aventura lo que yo buscaba, sino el placer de ver a estos animales bajo el agua y poder fotografiarlos. El objetivo, los tiburones puntas negras de arrecife y el gran tiburón tigre.

Los tiburones son unas especies a las que las películas de Hollywood han hecho mucho daño. Es un grupo que lleva en el planeta casi 400 millones de años, ha sobrevivido a los dinosaurios y, sin embargo, en los últimos años los hemos incluido en la lista roja de especies en peligro debido a las actividades humanas. España en su momento, no sé en qué posición está actualmente, era el principal productor de aleta de tiburón de la Unión Europea. Cada año se mataban alrededor de setenta millones de tiburones en todo el mundo. Por el contrario, la mala fama de los tiburones resulta injustificada. En 2010 solo se documentaron seis muertes por ataques de tiburón no provocado, y en 2011, doce.

La primera mañana, Walter nos hizo rellenar los datos personales de cada uno, y lo más importante, datos del seguro y el número y nombre de la persona de contacto a quien llamar en caso de accidente. Imagínense esa bienvenida para alguien que los tiburones más grandes que había visto eran cazones en la orilla de Masca. Pues bien, una vez realizados los trámites oficiales nos subimos al barco que se encontraba en su garaje y remolcados por su 4x4 nos fuimos hacia el mar. Se entraba al mar a través de un río, y el viaje hasta mar abierto era de más o menos una hora. Una hora de olas y viento, y si no devolvías el desayuno antes de llegar al punto de buceo, era un milagro. En el “briefing” (instrucciones previas al buceo) Walter fue muy claro, “... aquí se hace lo que digo yo, y si no se vuelven a casita”. Las instrucciones eran estar tranquilos, no hacer aspavientos con los brazos, no tocarlos y no lanzarse hacia ellos a por la foto del año. Mientras nos daba las instrucciones, un ayudante puso un pescado muerto en superficie, y tambores de lavadora llenos de pescado, tripas y demás, a ocho y a quince metros de profundidad. Mientras nos vestíamos se iba engodando con sardinas. Al principio se fue acercando un tiburón, dos, cinco, diez, y al cabo de un rato, se habían concentrado allí unos sesenta o setenta tiburones. El buceo se realizaría en torno al tambor situado a ocho metros de



Fig. 14. Los tiburones puntas negras de arrecife se congregaron a nuestro alrededor y tuvimos la oportunidad de obtener numerosas imágenes. El buceo con botellas y la cámara nos daba sensación de protección, luego buceamos en apnea cerca de la superficie y el contacto con ellos fue continuo.

profundidad, en el que se encontraba Walter. Nos dispusimos en forma de media luna alrededor de él y nos iba llamando a medida que se acercaban más y más tiburones. El bucear con botellas y el tener la cámara nos daba sensación de protección. Walter nos vio con buena actitud y cuando terminó el primer buceo nos propuso si queríamos hacer lo mismo pero sin botellas, en snorkel. Ufffff!!!! Ahí si que era diferente. En superficie, con sesenta tiburones dando vueltas a tu alrededor y un compañero tirando sardinas junto a tu cuerpo para atraerlos y poder fotografiarlos. El contacto con ellos era continuo, me golpeaban por todos lados. Al cabo de un rato le tuve que gritar al compañero: “para”, porque no veía ni el agua, era una bola de tiburones en torno a mí. La adrenalina, unida al vaivén de las olas de superficie y el momento de excitación me hicieron vomitar definitivamente el desayuno. El día anterior no duermes pensando en lo que vas a hacer, y al día siguiente duermes menos pensando en lo que hiciste y en que lo vas a repetir dos días más. El tiburón puntas negras de arrecife (*Carcharhinus melanopterus*) es una de las especies más abundantes en los arrecifes de coral, mide alrededor de metro y medio y se reconoce por presentar sus aletas dorsal y caudal con unos característicos contornos negros (Fig. 14).

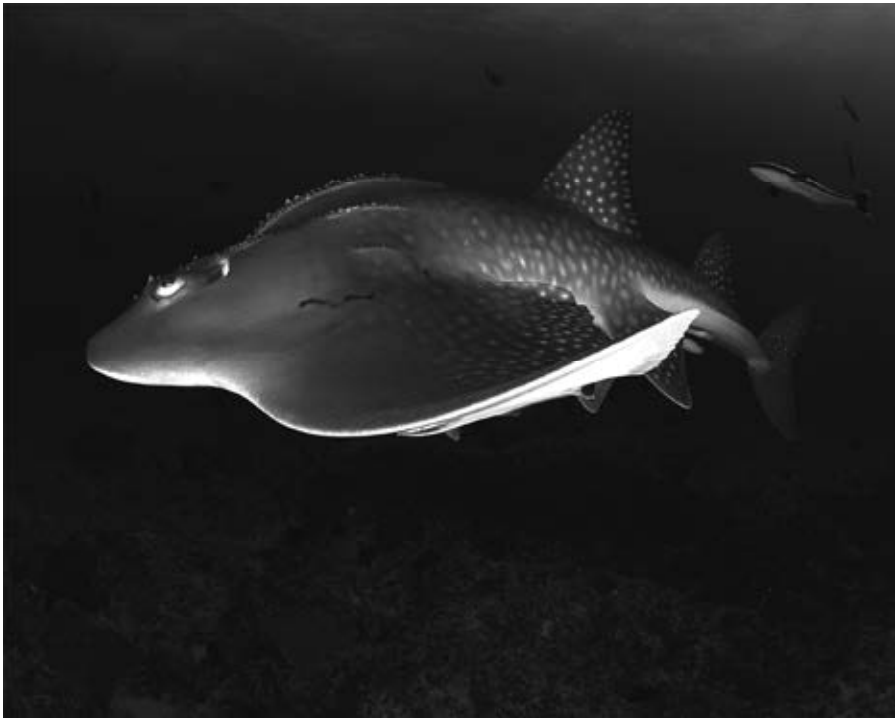


Fig. 15. El tiburón guitarra fue una gran sorpresa cuando tratábamos sin éxito observar el tiburón ballena. Una especie catalogada como vulnerable. Esta imagen fue premiada en el Ocean Geographic 2014.

El primer día no hubo éxito con el tiburón tigre, el segundo tampoco, solo fue el último día cuando apareció uno de casi cuatro metros, enorme. Nos habíamos ganado la confianza de Walter y el gran premio, ponernos en la cara un face to face a un gran tiburón tigre. Así fue como obtuve mis primeras imágenes de tiburones, todavía hoy las reviso y recuerdo aquellos momentos intensos con muy buen sabor de boca.

La siguiente escala de este viaje era Mozambique y el objetivo el gran tiburón ballena. Llegamos a la región de Inhambane a un lugar paradisíaco que se llama Praia do Tofo. Estaba casi finalizando la temporada de tiburones ballena y teníamos una alta probabilidad de no verlos. Estuvimos buceando unos cinco días en la zona: mantas, arrecifes de coral, estaciones de limpieza, fue lo que vimos casi todos los días, pero ningún tiburón ballena. Pero cuando uno tiene un gran empeño la naturaleza siempre te brinda algo y en esta ocasión fue este maravilloso tiburón guitarra (*Rhynchobatus djiddensis*) (Fig. 15), un animal que se encuentra dentro de la lista roja de especies en peligro, en la situación de vulnerable. La foto la presenté al concurso Ocean Geographic 2014 dentro de un portfolio de diez fotografías obteniendo el primer premio.

Pero no solo eso fue lo que nos brindó la naturaleza esos días en Tofo. El último día, después de una inmersión y ya de vuelta al centro de buceo, apareció casi como para decirnos adiós un gran tiburón ballena. Imagínense la euforia, con el corazón a toda velocidad, casi sin tener aire para poder hacer apneas, nadé detrás del animal hasta que no podía más. El resultado fue una de mis fotos preferidas, una gran foto del tiburón ballena (*Rhynchobatus djiddensis*) con mi amigo Eduardo por un lateral haciendo también su foto (Fig. 16). El tiburón ballena es una especie de elasmobranchio que es considerado el pez vivo más grande del mundo con sus aproximadamente doce metros de longitud. Está presente en los mares tropicales y subtropicales desde hace sesenta millones de años. Esta fotografía del tiburón ballena me la premiaron al año siguiente en un concurso en Estados Unidos.

Y este fue el viaje de tiburones, un viaje inolvidable que volvería hoy a repetir.

Mar Rojo. Egipto

Seguimos hacia el norte y nos adentramos en las aguas cristalinas del Mar Rojo egipcio. Era la segunda vez que lo visitaba. La primera fue en 2005, en uno de mis primeros viajes submarinos, que resultó inolvidable. Pero el viaje que les comento ahora fue uno que hice en 2015 con la productora audiovisual "I love the Sea". Esta productora audiovisual inició un proyecto que continua en la actualidad que tiene como objetivo grabar todos los mares y océanos del planeta en 360°. En la campaña del Mar Rojo

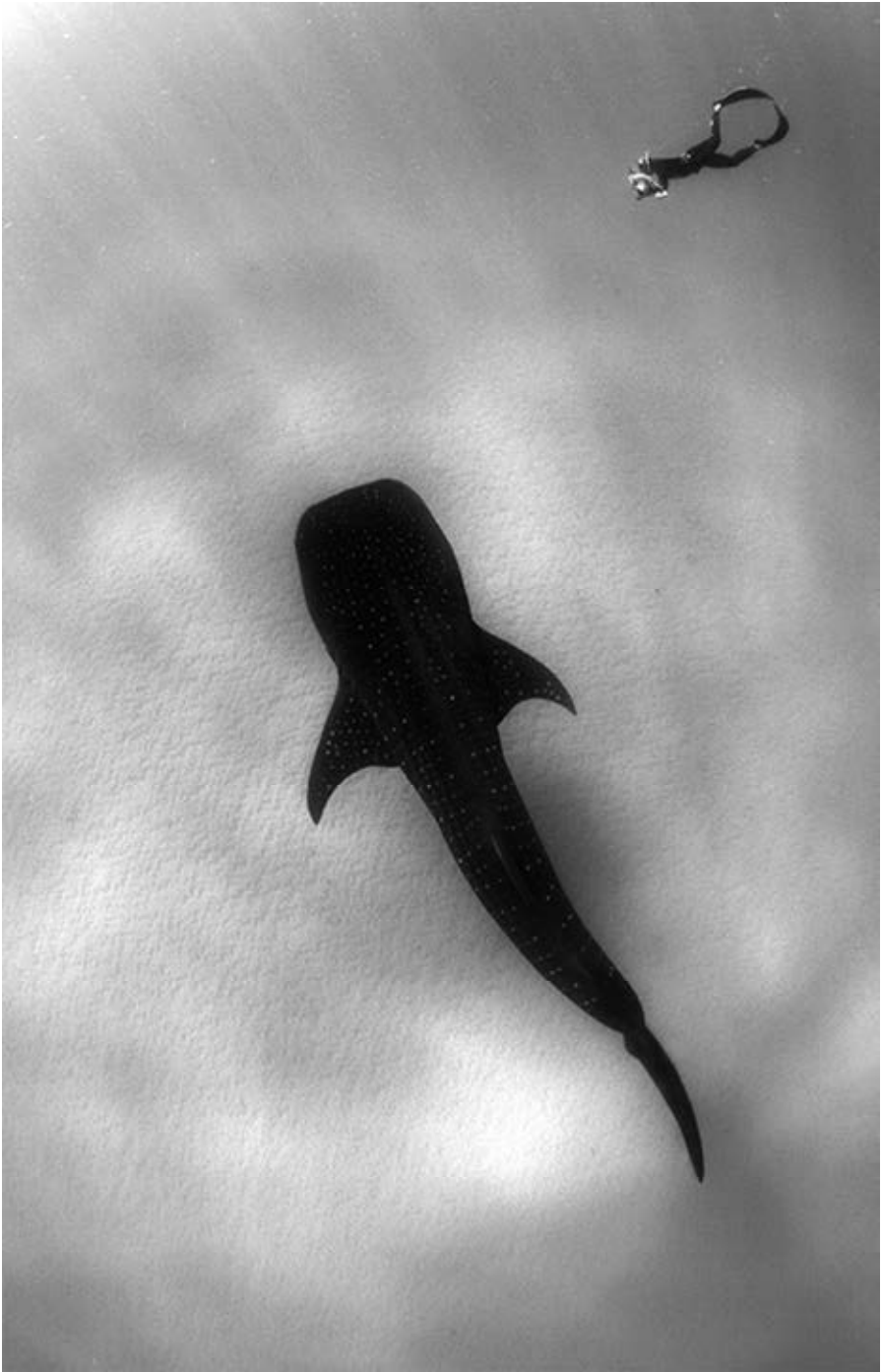


Fig. 16. El impresionante aspecto del tiburón ballena.

egipcio se pretendía grabar desde Sharm el Sheikh, sur de la península del Sinaí, hasta la frontera con Sudán. Este es un ambicioso proyecto que iniciamos unas veinte personas entre editores, blogueros, operadores de cámaras 360°, operadores de video normal, fotógrafos, etc. Pues bien, mi participación fue como fotógrafo. El viaje duró aproximadamente un mes, durante el cual hicimos sesenta y siete inmersiones. La verdad es que fue un mes de los que no se olvidan en la vida, con un grupo de personas muy profesionales en el que además muchos éramos amigos.

Pues bien, que le puedo contar del Mar Rojo. Lo primero que es un museo submarino. Está lleno de pecios, algunos míticos como es el caso del “Thistlegorm” un barco hundido en la Segunda Guerra Mundial y descubierto en los años 70 por el comandante Cousteau, o como el que vemos en la figura 17, el “Rosalie Moller”. Este carguero de 108 metros de eslora transportaba carbón cuando en 1940, cerca de la isla Gubal, al norte de Hurghada, fue bombardeado por dos aviones alemanes. Este pecio es uno de mis preferidos. En esta foto de la proa (Fig. 17) intenté captar esa atmósfera fantasmagórica que adquiere cuando uno se coloca de frente a la proa. Da la sensación de que está saliendo de la niebla.

Otro de los famosos pecios del Mar Rojo es el “Giannis D”, que en abril de 1983 partió de Rijeka (Croacia) con un cargamento de madera con destino a Jeddah (Arabia Saudí) y a Al Hudaydah (Yemen). Tras cruzar el Canal de Suez navegó rumbo sur pero, según los informes oficiales del naufragio, se desvió de su rumbo dirigiéndose a la esquina noroeste del arrecife Abu Nuhas con el que chocó. A las 4:00 horas de la mañana del 19 de abril de 1983 el capitán del barco emitió una llamada de socorro solicitando el rescate de la tripulación. En vista de la gravedad del daño en el casco, que había sufrido un enorme desgarro de doce metros, el capitán hizo abandonar la nave a toda la tripulación. Menos de 15 minutos después del accidente el Giannis D tocó el fondo del arrecife, a 27 metros de profundidad (Fig. 18). Un año más tarde el buque, ya en el fondo del mar, se partió por la mitad.

También incluyo entre mis pecios preferidos al “Carnatic”, un buque citado por Julio Verne en sus “Veinte mil leguas de viaje submarino”. A diferencia de otros pecios jóvenes de Abu Nuhas como el Giannis D o el Kimon M, el Carnatic lleva casi 150 años bajo las aguas del Mar Rojo y el coral y otras especies se han hecho dueñas de sus restos (Fig. 19). El Carnatic partió de Suez el 12 de septiembre 1869 con 230 personas a bordo y un cargamento de algodón, vino de Oporto, lingotes de cobre y 40.000 libras en monedas de oro. En las primeras horas de la mañana siguiente fuertes vientos del norte empujaron el navío fuera de su rumbo de curso. A las 1:30 horas de la mañana el buque golpeó contra el arrecife de Abu Nuhas. El daño no fue grave y el capitán del barco prefirió esperar a que el Sumatra, otro gran buque, llegase para socorrerles. Dos días después de

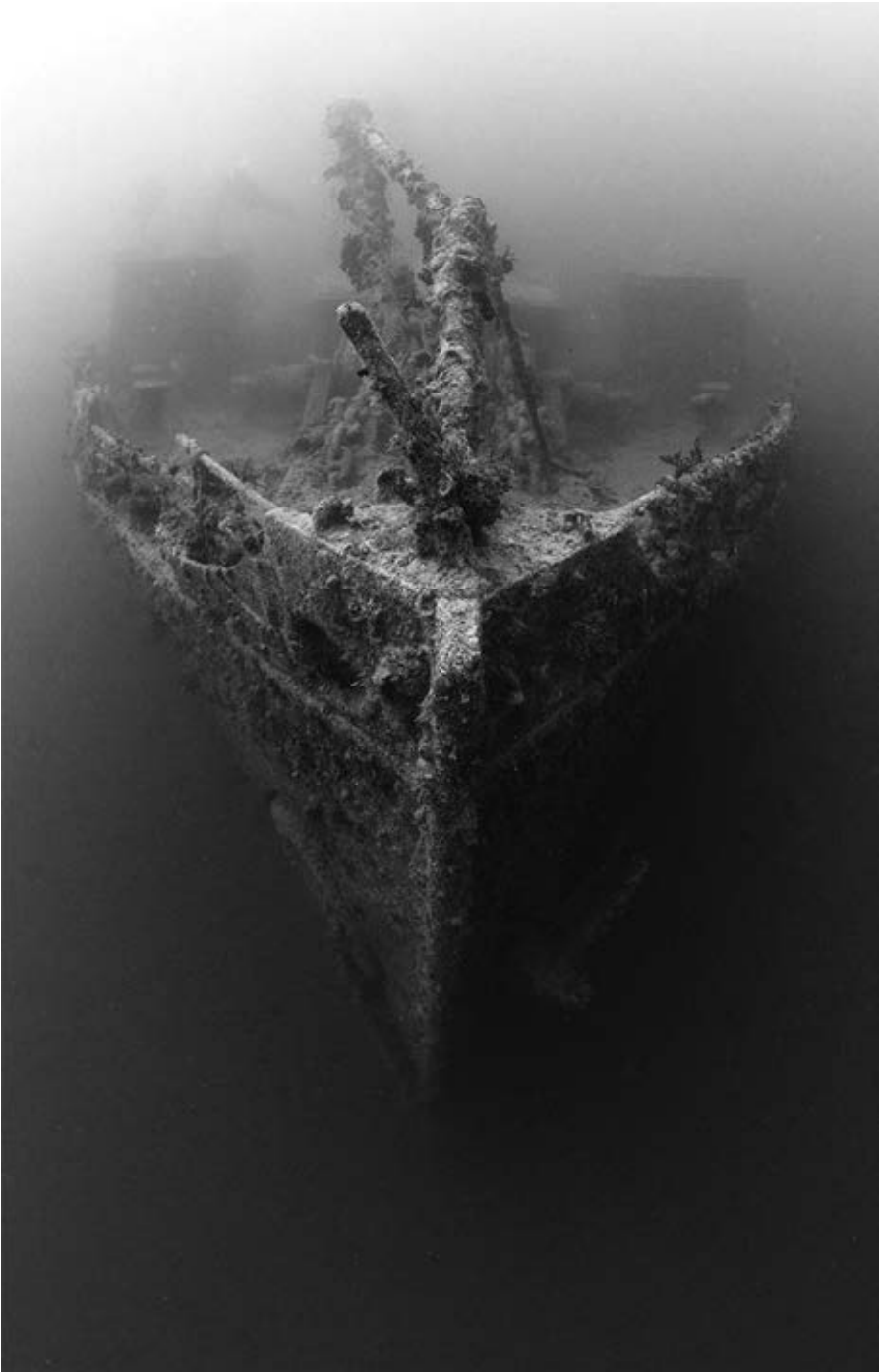


Fig. 17. El "Rosalie Moller", carguero de 108 metros de eslora fue bombardeado por dos aviones alemanes en 1940, cerca de la isla Gubal, al norte de Hurghada.



Fig. 18. El Gianis D chocó contra el arrecife Abu Nuhas y ahora reposa en el fondo a 27 m de profundidad.



Fig. 19. El Carnatic lleva casi 150 años bajo las aguas del Mar Rojo y el coral y otras especies incrustantes han cubierto todos sus restos.

encallar se presentó una fuerte tormenta que giró el barco y el Carnatic empezó a hacer aguas. El buque comenzó a partirse por la mitad y se inició la operación de rescate a través de los botes salvavidas. Veintisiete personas perecieron en este naufragio. Tras el desastre se inició una operación para recuperar el cargamento con una bomba que llevaba aire a los buzos a través de una escafandra. Se consiguió recuperar la mayor parte del oro y el cobre que llevaba el barco en sus bodegas. El pecio fue descubierto en 1984 por unos buzos que exploraban en el Ginannis D, el cual se encuentra muy cerca.

La larga campaña del Mar Rojo fue un viaje que me sorprendió bastante. Como decía al principio, había estado allí diez años antes y algunas inmersiones las recordaba llenas de vida. Por ejemplo la de Ras Um Sid, con estos alcionarios totalmente rodeados de peces cristal (*Pempheris vanicolensis*) (Fig. 20). Me podría quedar horas delante de un coral blando como este, viendo los peces cristal moverse al unísono, o en Yolanda Reef, con los peces murciélago (*Platax orbicularis*) (Fig. 21) y una visibilidad de unos 40 metros.

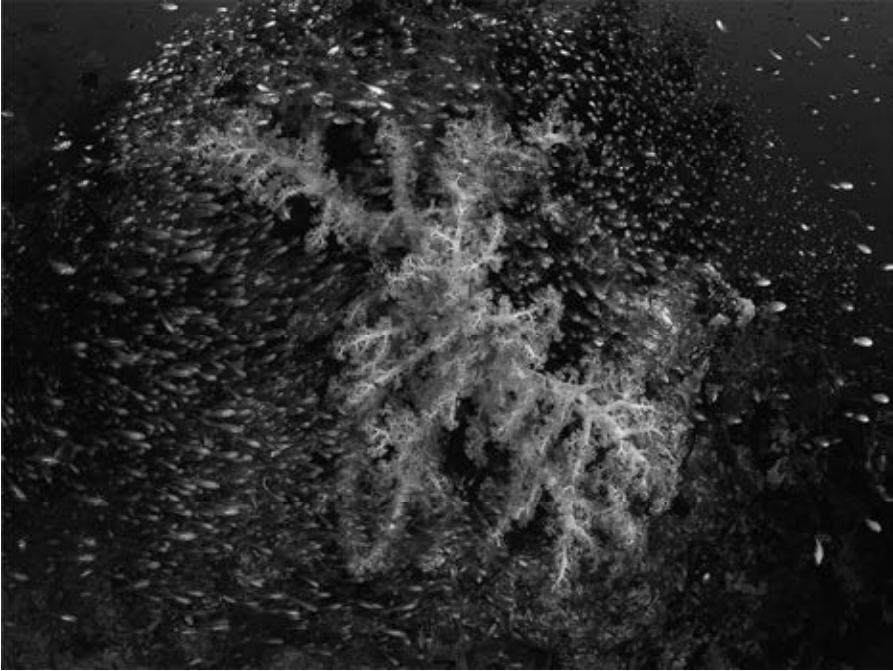


Fig. 20. Un alcionario totalmente rodeado por peces cristal en Ras Um Sid.



Fig. 21. Peces murciélago en Yolanda Reff.



Fig. 22. El atardecer en un arrecife de coral.



Fig. 23. El dugongo es un herbívoro que se alimenta de algas y hierbas marinas.



Fig. 24. El seductor espectáculo de contemplar a los delfines acróbatas en su medio.



Fig. 25. En las cuevas de Shaap Claudio las inmersiones tenían el particular atractivo de la luz.

Si hay algo que tiene bueno el desierto son las puestas de sol. Llevaba en la cabeza fotografiar una puesta de sol en un arrecife de coral, y fue al principio del viaje donde pude captar este atardecer en un arrecife de coral (Fig. 22). También hubo sorpresas puesto que no esperaba encontrar especies como el dugongo (*Dugong dugon*) (Fig. 23), un sirenio que puede alcanzar hasta los tres metros de longitud y los doscientos kilos de peso, y que se alimenta exclusivamente de algas y de hierbas marinas o delfines acróbatas (*Stenella longirostris*) (Fig. 24). También recuerdo la singular belleza de la luz que había en las cuevas del sur en inmersiones como esta de Shaap Claudio (Fig. 25). Un viaje, una experiencia y encima haciendo fotografía angular que es lo que más me gusta.

West Papua. Indonesia

Bueno, damos un salto al Índico, sin pasar por dos de los enclaves obligados en el planeta, Maldivas y Sri Lanka. Nos vamos directamente a la isla de Papua. Como saben la isla la ocupan dos países, el lado oriental Papua Nueva Guinea y el lado occidental Indonesia. Este fue un viaje que siempre había soñado, por contar con uno de los lugares con mayor biodiversidad del planeta: Raja Ampat. Se trata de un grupo de islas situadas dentro del área marítima tropical del Pacífico denominada Triangulo de Coral.

Fue un viaje larguísimo que se inició en Madrid rumbo a Jakarta, de Jakarta a Makassar en Sulawesi, y desde aquí volar hasta Sorong, la capital de West Papua. Fueron casi tres días para llegar. Pero como ocurre en todos los viajes, la ida no cuesta nada puesto que se viaja con muchas ilusiones y con los discos duros vacíos; la vuelta sin embargo, se hace con pena, pero con los discos duros llenos.

Este fue un viaje en el que inicialmente tenía pensado hacer fotografía angular. Había visto fotos de mantas, de peces cristal en torno a corales blandos,... Pero al final por condiciones meteorológicas se convirtió en un viaje de macro, y de macro muy bueno. Me traje fotos de animales que no tenía, como los famosos caballitos de mar pigmeos. Tenía alguno de la época de las diapositivas, del 2004 en Lembeh, Indonesia. Pero obviamente, había que inmortalizarlos digitalmente, y fue así como pude traerme a tres de los pequeños. Tres caballitos de mar: un *Hippocampus bargibanti* (Fig. 26), un *Hippocampus denise* (Fig. 27) y el más pequeño de todos el *Hippocampus pontohi* (Fig. 28) de menos de 2 cm de tamaño. La foto de este animal fue una anécdota graciosa. Fue en una inmersión en una estación de limpieza de mantas, un lugar en el que como saben, las mantas van a limpiarse, desparasitarse digamos. Pues bien me había tirado al agua con el gran angular, un objetivo para sacar grandes animales, pero que requiere que los animales deban estar cerca, si no en la foto parece que el



Fig. 26. *Hippocampus bargibanti* es uno de los caballitos de mar más diminutos, y se mimetiza totalmente con la gorgonia sobre la que vive.

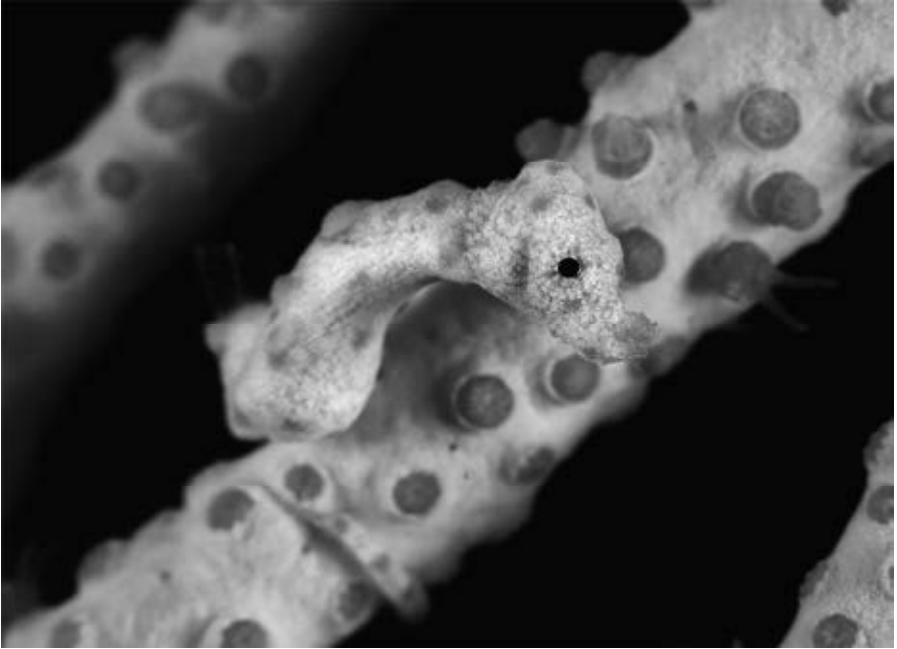


Fig. 27. *Hippocampus denise* es otro de los caballitos de mar pigmeos, y también se mimetiza en su gorgonia.



Fig. 28. *Hippocampus pontohi* es el más pequeño de los caballitos de mar pigmeos. Vive sobre algas e hidroideos.

animal está a 200 m de distancia. Iniciamos la inmersión y en frente de la estación de limpieza me veo una línea de piedras que marcan el límite hasta donde podemos acercarnos, lejísimos del objetivo: las mantas. Paseo de un lado al otro pensando en que hacer. Esa es una distancia para turistas, y ahí no hago nada. El guía se percata de mi aburrimiento y me hace una seña de “ven aquí”. Me lleva hasta una piedra que estaba a unos 15 metros de profundidad, junto a la estación de limpieza y me señala con el dedo una zona de dicha piedra, me encojo de hombros como diciendo ¿qué? Señala otra vez, y nada, el mismo ¿qué? Hasta que me acerco y descubro un *Hippocampus pontohi* de poco más de un centímetro, y yo con un objetivo angular para fotografiar mantas y tiburones ballena de 15 metros. Llevaba solo un cuarto del aire consumido así que le dije me voy, jejejeje. Subí a superficie. Me recogió la neumática. Pensaron que me había pasado algo. Me llevaron al barco, con el traje aun puesto y mojado como un pato, bajé a mi camarote, cogí el objetivo macro y lo cambié. La zodiac me llevó otra vez al punto de inmersión y con la misma botella, bajé a la piedra y saqué a esta diminuta preciosidad de la naturaleza (Fig. 28).

Siempre digo que cuando se tiene pasión por el océano y los animales que viven en él, se disfruta con todo, tanto con ballenas de 15 metros como con caballitos de mar de poco más de un centímetro.

El viaje transcurrió entre islas paradisíacas, con algunas excusiones a tierra para fotografiar las aves del paraíso (Fig. 29) o para visitar a tribus que celebraban la Navidad. Un lugar que no hay que perder de vista y que siempre estará en los futuros planes de viajes.

Palau, Micronesia

La República de Palau la constituye un grupo de 340 islas de origen volcánico y coralino que forman parte de la Micronesia (Oceanía). Es uno de los países más jóvenes y menos poblados del mundo, con unos 20.000 habitantes. Su capital es Koror. Estas islas, durante la conquista de Filipinas en 1545, formaron parte de las Indias Orientales Españolas. Después, en 1898 se vendieron al imperio Alemán. Tras la Primera Guerra Mundial, Japón ocupó los territorios y la población japonesa incluso llegó a superar a la Palauí. Después de la Segunda Guerra Mundial, y tras batallas famosas como la Batalla de Peleliu entre Japón y Estados Unidos, Palau fue puesta bajo la tutela de la ONU quien la confió a Estados Unidos como parte del territorio de Fideicomiso de las islas del Pacífico. En 1979 los palauanos votaron no integrarse en los Estados Federados de la Micronesia, y en 1994 la ONU reconoció oficialmente la independencia.

Les cuento la historia de estas islas, por que poca gente la conoce. Cuentan con una de las grandes maravillas naturales, las Rock Islands, y sus aguas albergan numerosos pecios de la Segunda Guerra Mundial. Este



Fig. 29. El viaje por West Papua transcurrió entre islas paradisíacas (arriba), con algunas excusiones a tierra para fotografiar las aves del paraíso (abajo).

precisamente fue uno de los motivos por el que me decidí a visitarlas en 2012. Los pecios y el impresionante lago de las medusas. Nada más llegar al centro de buceo, pregunté cuando íbamos a ir al lago de las medusas y al Jake Seaplane, un hidroavión japonés hundido durante un bombardeo americano durante la Segunda Guerra Mundial.

El lago de las medusas lo había visto en infinidad de documentales, y en muchísimas fotografías, como la primera que me viene a la memoria de David Doublilet con la cara de un submarinista en primer plano con infinidad de medusas rodeándola.

Los geólogos dicen que el lago se formó durante una glaciación, y cuando el nivel del mar descendió, infinidad de medusas (*Mastigias sp.*) quedaron atrapadas dentro del lago. Con el paso de los años la población se ha ido incrementando hasta prácticamente llegar a unos seis millones de medusas. Al no tener depredadores han perdido su poder urticante y ahora constituyen un importante reclamo para los numerosos turistas que las visitan diario. El acceso hasta el lago es duro puesto que hay que subir caminando una colina para luego bajarla hasta llegar a la orilla del lago. Si vas con una carcasa submarina, aletas, gafas, plomos, la parte de debajo del traje de neopreno, etc., en cholas, y bajo unos 40 grados de temperatura y una humedad extrema, todavía más.

Pero bueno, la recompensa era enorme. Nada más llegar al pequeño muelle de madera junto a la orilla, pregunté exhausto, “¿...dónde están las medusas?”. “... nada para el centro del lago”. A toda prisa me equivoqué y al agua. Había pagado 100 \$ y disponía solo de 35 minutos para estar en el agua. O llevas las cosas muy claras o estás perdido. Tienes que mantenerte frío, si te embarga la emoción no sacas ni una foto. Yo ya había decidido previamente lo que quería hacer: una foto “fifty-fifty” (mitad submarina, mitad aérea) y una foto donde apareciesen muchas medusas.

Me adentré en el lago. Solo vestía la parte de abajo del traje de neopreno, con lo que de cintura para arriba estaba desnudo. A los pocos minutos comencé a ver las primeras medusas. Una me tocó el cuerpo y salté del susto. Todavía en mi cabeza medusa estaba asociado con picor. Pero nada, efectivamente no picaban. Me seguí adentrando, mientras me rodeaban cada vez más medusas. Iba disparando fotos y me dejé llevar hacia el centro del banco (Figs 30 y 31). Abrí los brazos e intenté juntar el mayor número posible. Me sentí acariciado por cientos de ellas, la sensación de felicidad se la pueden imaginar. Sueño cumplido.

Los días fueron pasando y estuvimos buceando en diferentes islas e islotes. Todos los días cruzamos canales laberínticos rodeados de vegetación: las Rock Islands, “esto sí que es el paraíso”, pensé.

Cada mañana preguntaba por el “Jake Seaplane”. Me decían que tenía que esperar a que mejorara la visibilidad. Así pasaron tres días hasta que una mañana muy temprano nos presentamos en el punto de buceo. El



Fig. 30. El lago quedó aislado del mar abierto dejando atrapadas a una población de medusas que ha proliferado en su interior.

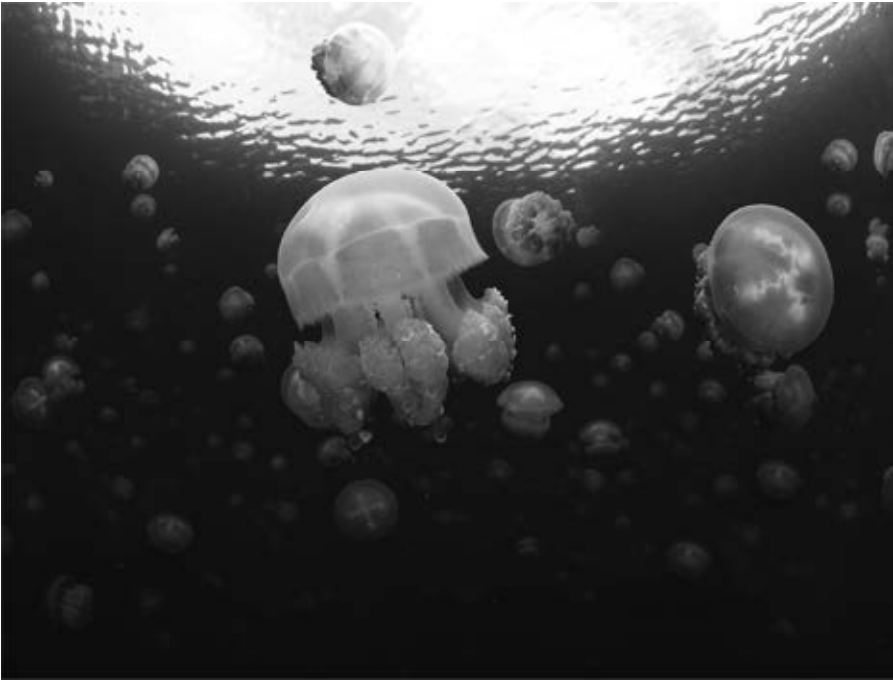


Fig. 31. Estas medusas al no tener depredadores han perdido su poder urticante, de manera que puedes nadar junto a ellas sin ningún riesgo.

propósito era ir antes de que apareciese el “séptimo de caballería” de buceadores chinos y lo rodease, y que no se pudiera sacar ninguna foto. Pues bien, iniciamos la inmersión solo los buzos de nuestro barco que éramos cinco. El hidroavión se encuentra a unos trece metros de profundidad en una ensenada protegida, por lo tanto la corriente era inexistente. Descendimos y conforme me acercaba voy reconociendo su silueta. “Ahí está” del que tanto había visto y oído hablar. La nube de burbujas de mis compañeros rodeaba el hidroavión, con lo cual tengo que esperar a que se cansen de verlo para poder sacar una foto del aparato sólo o quizás con un solo buzo. Me mantuve a unos ocho metros de profundidad disfrutando de la escena y ajustando parámetros de mi cámara. Y sobre todo esperando. Le dieron un par de vueltas y después de un par de minutos, lo que me imaginaba. Se cansaron y se fueron a recorrer el arrecife que había alrededor, que no era muy interesante que digamos. Empecé, como decimos los fotógrafos, el “shooting”. Una chica que viajaba sola me había pedido si le podía sacar una foto. Aproveché la ocasión en la que se separó del hidroavión para sacarle esta foto, la cual me transportó al día del bombardeo y al piloto saliendo a superficie (Fig. 32). Después de esto me dediqué solo al hidroavión. Desde mitad de agua disparé infinidad de fotos a medida que la luz iba cambiando. Cuando el sol iluminaba el fuselaje del



Fig. 32. La imagen obtenida con una compañera de viaje recuerda al día en el que fue abatido, con el piloto saliendo del hidroavión.



Fig. 33. Cuando desaparecieron los buceadores fue posible obtener esta panorámica completa del avión.

avión y el barco fondeado no hacía un eclipse solar disparaba en ráfaga. El resultado fue esta foto que he publicado en numerosas ocasiones (Fig. 33).

El viaje lo continué hacia otras islas de la Micronesia como Yap, Guam y el destino final que fue Filipinas. Pero ahora vamos a dar un paso de gigante sobre el Pacífico para irnos a un lugar que no necesita presentación.

Islas Galápagos. Ecuador

A pesar de que las Galápagos no necesitan presentación les voy a dar algunos datos que quizás desconozcan. Es el lugar conocido del planeta con mayor concentración de tiburones. Recientemente el Presidente de Ecuador, Rafael Correa, anunció la creación de un santuario marino, junto con otras 21 áreas de menor tamaño esparcidas por todo el archipiélago. Esto significa un total de 47.000 kilómetros cuadrados, alrededor de un tercio del agua que rodea las islas.

Las islas Galápagos ya contaban con el 97% de su superficie terrestre protegida como Parque Nacional. Sin embargo, era menos del 1% de sus aguas las que gozaban de una protección completa. En la nueva superficie protegida no se permitirá la pesca, pero seguro que esta limitación favorecerá la pesca en las zonas aledañas.

Son Patrimonio Mundial de la UNESCO por su excepcional biodiversidad y por haber inspirado la teoría de la evolución de las especies de Charles Darwin. Por eso las islas Galápagos y el mundo entero estamos de enhorabuena. Y buena nota de esto deberíamos tomar aquí en Canarias donde tenemos todo tipo de figuras de protección en el medio terrestre, como Parque Nacional, Monumento Natural, Espacio Natural Protegido, etc., y sin embargo, apenas contamos con Reservas Marinas. Tenemos tres que tienen un tamaño minúsculo y además son de interés pesquero.

Pasé por las Galápagos en 2012 y en 2015, y no me cansaría de repetir este destino todos los años. Pienso que cualquier amante de la naturaleza, ya sea submarina o no, debería por lo menos una vez en la vida visitar las islas, y cuanto más joven mejor, ya que reúnen todas las condiciones de un aula natural. El primer viaje lo hice acompañado de mi amigo Eduardo Acevedo y el segundo de Delioma González.

Antes de iniciar el primer viaje y para meterme en el papel me leí “Diario de un naturalista de Charles Darwin”. Para el segundo elegí “Hacia los confines del mundo” de Harry Thompson, una novela que recrea el viaje alrededor del mundo de Charles Darwin a bordo del HMS Beagle, un bergantín de la Marina Real Británica.

Como decía al principio es el lugar del mundo con mayor concentración de tiburones y uno de los puntos donde más los he visto es en el “Arco de Darwin” (Fig. 34) en la isla de Darwin, a 140 millas al norte de Galápagos. Un enclave que junto con la isla de Wolf son para mí el número

uno de las inmersiones a nivel mundial. Un lugar muy apartado, inhóspito en ocasiones, y donde hay una concentración de vida increíble, como atestigua este impresionante banco de tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) (Fig. 35), o los gigantes tiburones ballena, tortugas marinas, e incluso orcas. De cada especie había un banco, nunca en mi vida había visto tanta vida concentrada. Si bien en el primer viaje de 2012 pude ver más vida que en el segundo de 2015, que mostraba las secuelas del fenómeno “el niño”.



Fig. 34. El Arco de Darwin.



Fig. 35. En el Arco de Darwin es uno de los puntos en los que es posible disfrutar de un impresionante banco de tiburones martillo.

A mi llegada a las islas, y tras la lectura del diario de Darwin, llegas casi convertido en un pequeño Darwin, con ganas de explorar y conocer especies que no había visto en toda mi vida. Ese fue el caso de los leones marinos. Nada más arribar a San Cristóbal le pregunté a Harry, gerente de los apartamentos en los que me iba a alojar, dónde podía encontrar leones marinos. Me sonrió y me dijo “camina por la calle para abajo, están en la plaza”. Así lo hice, y efectivamente estaban todos por la plaza y la pequeña avenida que bordeaba el mar. Te querías sentar en un banco y no podías hacerlo porque había un león marino (*Zalophus wollebaeki*) echado. Los pocos coches que circulaban e intentaban aparcar, tenían que apearse para ver si había algún león marino echado. El olor en la zona se lo pueden imaginar, y algunos negocios de restauración se quejaban. Pero la respuesta del ayuntamiento era “¿quiénes estaban primero, los leones o tú? Así que estaban a sus anchas. Evidentemente no era un escenario muy natural para fotografiarlos, así que esperé a la vuelta del crucero por las islas de Wolf y Darwin, para ir a las conocidas loberías (Figs 36 y 37). En una de ellas, Eduardo y yo pasamos tres días, unas seis horas diarias, intentando fotografiar los leones en su estado natural. Esto dio como resultado estas fotos que también he publicado en varias ocasiones.



Fig. 36. Un león marino de las Galápagos avanza sobre la arena.



Fig. 37. Un león marino de las Galápagos se sumerge en busca de alimento.



Fig. 38. Cuando no buceaba hacía fotos fuera del agua: iguanas, cigüeñelas, tortugas, piqueros.

En los dos viajes, cuando no estaba buceando estaba sacando fotos fuera del agua: iguanas, cigüeñelas, tortugas, piqueros. Lo fotografiaba todo (Fig. 38).

Una de mis obsesiones era fotografiar una iguana debajo del agua (Fig. 39). Nunca he empleado tanto tiempo en sacar una foto de un animal y sin éxito. Las iguanas se meten en el agua por dos razones, porque tienen calor o porque tienen hambre. En el primer viaje pasé hasta cuatro otras metido en el agua, escondido detrás de mi capucha de neopreno, como si de un “hide” se tratase y sin éxito. En el segundo viaje, estaba planeado ir a Fernandina, una isla donde se concentra el mayor número de iguanas de Galápagos con unas siete mil censadas. Pues bien, en el momento de dejar las islas de Wolf y Darwin se averió uno de los motores del barco y nos obligó a cambiar de rumbo hacia otra isla. Adiós a las iguanas. La alternativa fue la isla Pinzón, donde por sorpresa pude obtener fotos de pelícanos (*Pelecanus occidentalis urinator*) comiendo (Figs 40 y 41). Como decía al principio la naturaleza siempre nos devuelve algo y en esta ocasión una buena sorpresa.

Espero que algún día las puedan visitar. Después de eso estoy seguro de que verán el mundo de otra manera. Damos otro salto y ya casi terminando el viaje nos dirigimos al continente americano. México.



Fig. 39. Iguana dentro del agua. Fotografiar a estos animales dentro del agua presenta una gran dificultad.



Fig. 40. Pélcano en la superficie.



Fig. 41. Zambullida del pélicano para atrapar una presa.

Isla Mujeres y Yucatán. México

Si hay algún sitio que me ha sorprendido últimamente ese es México. Considero que es un país que lo tiene todo. Tiene el Caribe, tiene el Mar de Cortés, tiene el Océano Pacífico, además de una historia apasionante. Tiene arqueología y muchos recursos naturales.

Este fue un viaje que hice para ver dos de sus platos especialidad de la casa: los cenotes y los peces vela. Lugares y especies que nunca había visto. De los cenotes, digo lo mismo, hay que visitarlos alguna vez. Hay más de cinco mil en Yucatán y todos los días se descubren nuevas rutas y posibilidades nuevas para desarrollar dentro de ellos (Fig. 42).

Como ya se habrán dado cuenta, a mi me gusta principalmente la fotografía angular, y podrán pensar, ¿qué es lo que se puede hacer dentro de un cenote? Pues eso, fotografía angular. Hay muchos buceos diferentes dentro de un cenote: en gruta o en caverna, más abiertos, cerrados, profundos, someros, etc. Yo al guía le decía siempre que quería visitar cavernas, que no me quería meter en grutas estrechas porque quería captar paisaje. Y así hicimos. Visitamos el impresionante cenote Pit (Fig. 43) con su espectacular caverna, con su nube de sulfuro de hidrógeno a 35 metros de profundidad que da la impresión de estar en un bosque encantado (Fig. 44). También el cenote Nicté-Ha, muy amplio, aunque con poco fondo y con nenúfares y flores de loto en su superficie, configurando un jardín paradisiaco (Fig. 45).

Una de las especies que pude ver y fotografiar en uno de ellos fue un cocodrilo. Un animal nuevo para mi, de la especie *Crocodylus moreletii*, que está presente por todo el golfo de México. No son muy grandes si los comparamos con otros cocodrilos, pueden alcanzar hasta 3 metros de longitud, pero es un animal que impone (Fig. 46).

Sin lugar a dudas una de las experiencias más espectaculares y cortas que he tenido fue con los llamados “Príncipes del Mar”, los peces vela (*Istiophorus* spp) (Fig. 47). En los meses de febrero y marzo y con la llegada de las sardinas, estos maravillosos animales se concentran en Isla Mujeres. Considerado el segundo animal más rápido del mundo, después del tiburón Mako, son todo un espectáculo de elegancia bajo el agua. En esta ocasión estuve tres días saliendo, al “azul” como decimos aquí, a fotografiarlos. Para localizarlos, contábamos con un guía experto que llevaba 10 años saliendo al pez vela. La manera de localizarlos, como pasa en muchos sitios del mundo con muchas especies pelágicas, era mediante los averíos, en este caso fragatas, que perseguían desde el aire las bolas de sardinas. Dependiendo del tipo de vuelo de la fragata, alto, bajo, en picado diagonal, picadas en vertical, se podía saber que tipo de pez estaba debajo, pez volador o sardina. Nosotros íbamos a las sardinas, que era el plato preferido de los peces velas.



Fig. 42. Los cenotes son depresiones del terreno ligadas a la erosión y llenas de agua dulce, presentes en numerosos lugares de la península de Yucatán. Hay varios tipos de cenotes: a cielo abierto, semiabierto y subterráneos o en gruta.



Fig. 43. El cenote Pit se caracteriza por sus aguas cristalinas y su impresionante caverna.



Fig. 44. La nube de sulfuro de hidrógeno situada a 35 metros de profundidad en el cenote Pit nos traslada a la imagen de un bosque encantado.



Fig. 45. En el cenote Nicté-Ha los nenúfares y las flores de loto configuran un jardín paradisiaco.

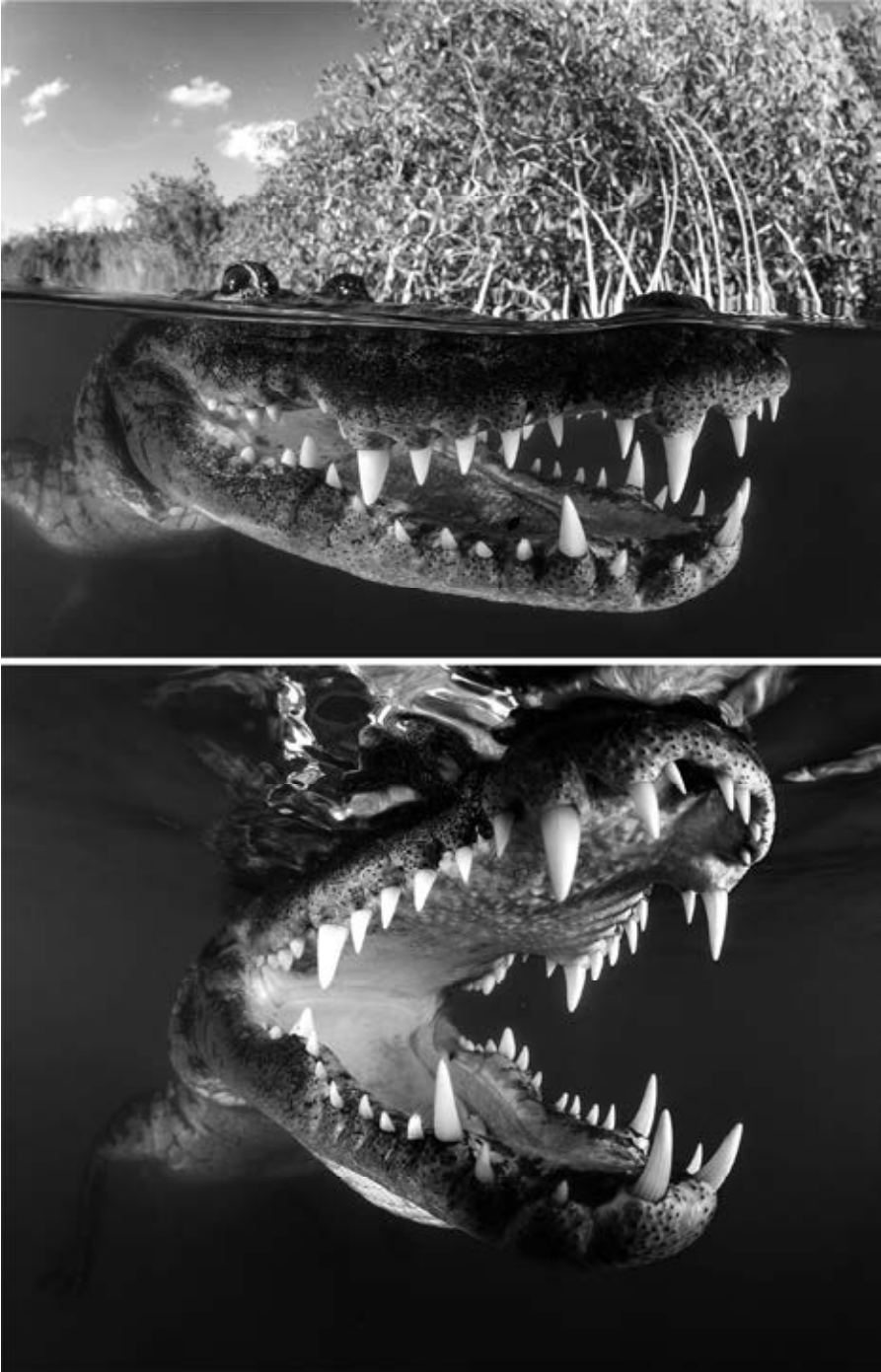


Fig. 46. Los cocodrilos mexicanos no son muy grandes en comparación con otros cocodrilos, pero imponen cuando te enfrentas a estas fabulosas mandíbulas.

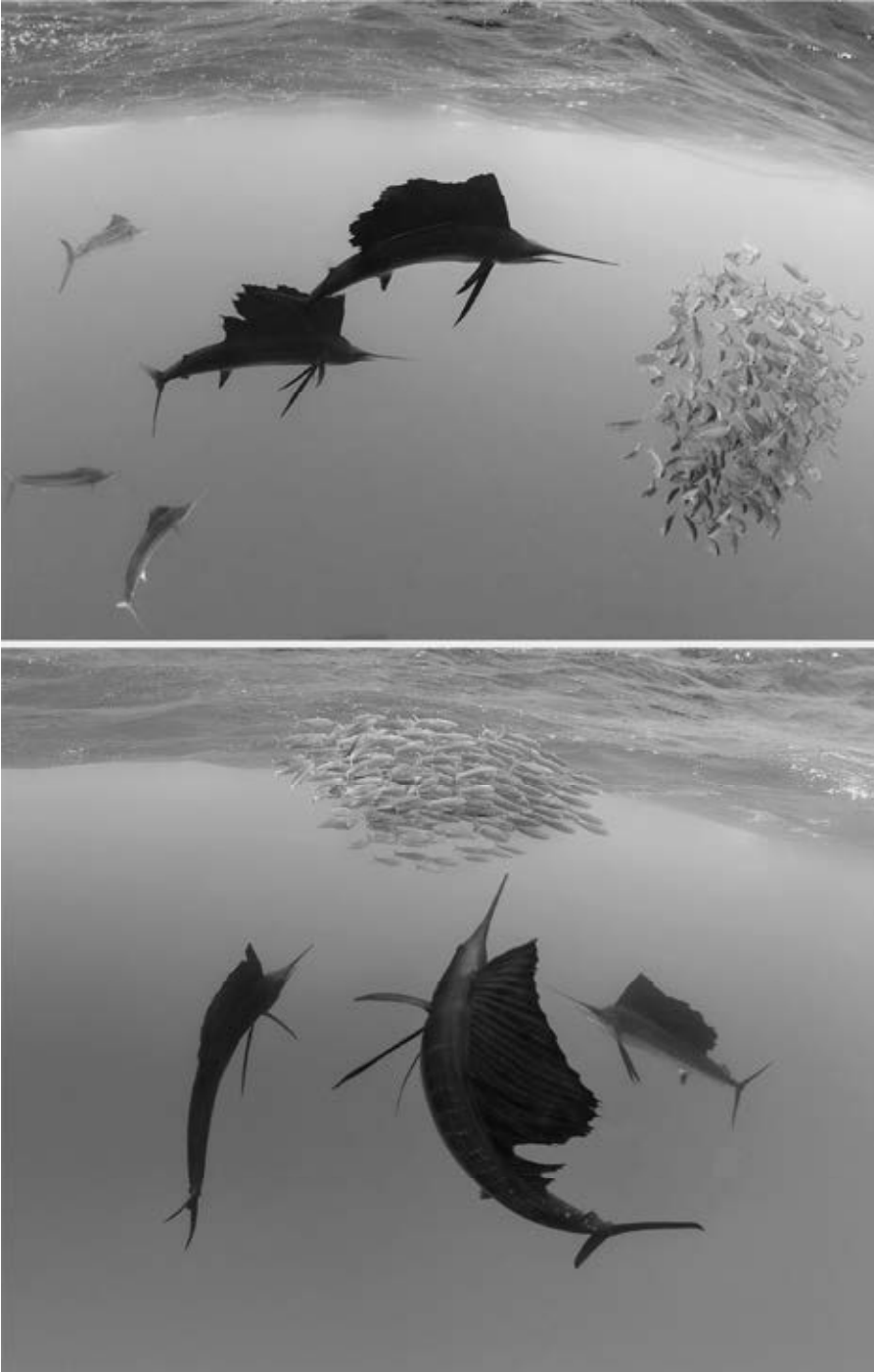


Fig. 47. El festín de los fabulosos peces vela fue muy breve. En pocos minutos dieron cuenta de la bola de sardinas y desaparecieron.

El primer día “bingo”. Después de varias horas el guía divisó un banco de peces vela, y nos preparamos para el salto al agua. Cuando metí la cabeza reconocí unos veinte peces vela dando vueltas. El corazón se me aceleró y nadé a toda velocidad hacia la pequeña bola de sardinas que estaban embistiendo. Conseguí algunas fotos pero no muy buenas. Un par de minutos y subimos al barco. En un segundo intento, nos tiramos cerca de la bola y esta se vino hacia mis pies, me imagino que buscando refugio. Los peces vela más cerca, ráfaga de fotos, corazón acelerado y a los pocos minutos vacío, todos habían desaparecido. Estuvimos dos días más pero sin más éxito que el primero. Por las fotos creo que todo sumó unos diez minutos. Un viaje relámpago, nunca mejor dicho, desde Canarias a Isla Mujeres.

Bueno, llega el final de nuestro viaje y ahora cruzamos el océano Atlántico y llegamos a Canarias de una manera muy especial.

La tortuga boba

El regreso a Canarias lo hacemos en compañía de la tortuga boba, *Caretta caretta* (Fig. 48).

Las tortugas marinas llevan más de 150 millones de años viajando por los océanos y su adaptación a la vida marina es tal que han sobrevivido hasta nuestros días. Sin embargo, en los últimos 50 años el hombre ha logrado situarlas al borde de su desaparición, en riesgo de extinción. Las tortugas marinas son consideradas una especie vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, y constituyen uno de los ejemplos más evidentes de los daños que el inadecuado uso del mar está provocando en los organismos marinos.

Cada año cientos de individuos de tortuga boba cruzan el Océano Atlántico tal como lo han venido realizando durante millones de años. Durante el camino o a veces ya en el destino, algunas tienen el infortunio de encontrarse con lo que aparenta ser un oasis de vida, y que en realidad son auténticas trampas mortales. Aparejos de pesca abandonados son responsables de que muchas tortugas queden atrapadas, condenándolas a una lenta agonía hasta su muerte. La imagen de una tortuga enredada en una red de pesca abandonada obtenida en aguas canarias recibió el premio Word Press Photo de Naturaleza 2017.

Gracias por su atención.

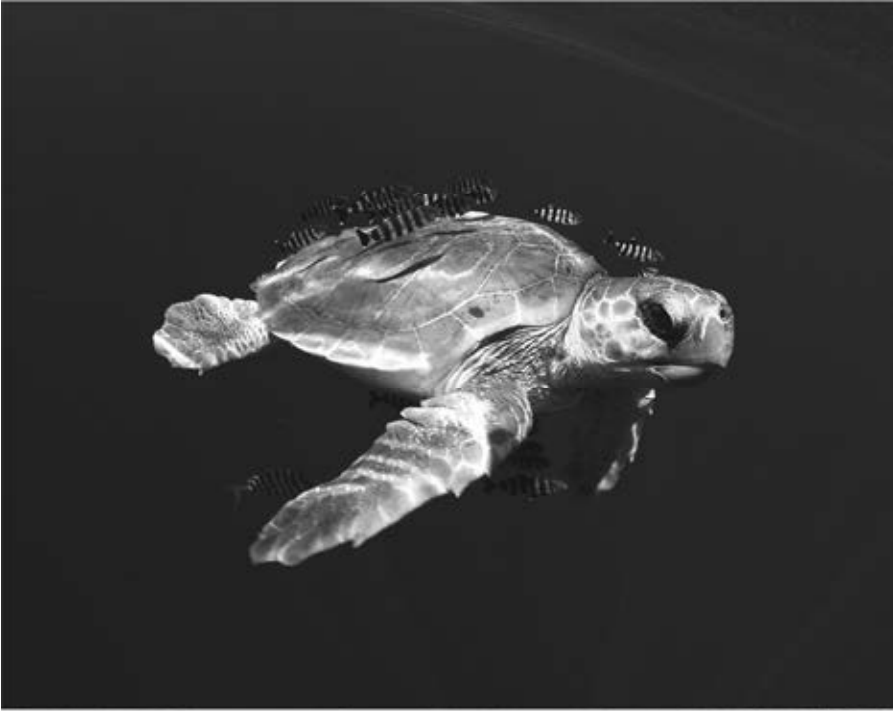


Fig. 48. Cientos de ejemplares de tortuga boba recorren el Atlántico tal como lo han hecho durante millones de años. Los aparejos de pesca abandonados se convierten en trampas mortales.

Títulos previos de la colección
'Actas Semana Científica Telesforo Bravo'



Actas de la Semana Homenaje a Telesforo Bravo
(2006) – 147 pp.
[ISBN 84-611-0482-X]

Jaime Coello Bravo - El hombre que hablaba con las piedras. Una visión de la vida de Telesforo Bravo.

Julio Afonso-Carrillo - Amenazas a la diversidad de plantas marinas por el desarrollo urbano en el litoral: el ejemplo de Puerto de la Cruz.

Aurelio Martín - Aportaciones de D. Telesforo Bravo al conocimiento de la fauna de vertebrados terrestres de las islas Canarias.

Lázaro Sánchez-Pinto - Don Telesforo y la Macaronesia.

Juan Jesús Coello Bravo - Telesforo Bravo y la teoría de los deslizamientos gravitacionales.



Reflexiones sobre una naturaleza en constante evolución
(2007) – 155 pp.
[ISBN 978-84-61189-571]

Luis Espinosa García - Recordando a Telesforo Bravo.

Joaquín Araujo - ¿Es compatible turismo y medio ambiente?

Octavio Rodríguez Delgado - El paisaje vegetal de Las Cañadas: su transformación por la intervención humana.

Guillermo Delgado - Colonización y evolución de vertebrados canarios: reptiles, aves y mamíferos.

Eustaquio Villalba - Evolución del conocimiento geológico de Tenerife.



Naturaleza amenazada por los cambios en el clima
(2008) – 147 pp.
[ISBN 978-84-61264-568]

Emilio González Reimers - Paleodieta y paleonutrición.

Antonio Machado Carrillo - Estudiando a los chascones, récord de biodiversidad en Canarias.

Marta Sansón - Arrecifes y manglares: ecosistemas en la frontera entre la tierra y el mar.

Marcelino del Arco Aguilar - La flora y la vegetación canaria ante el cambio climático actual.

Alberto Brito - Influencia del calentamiento global sobre la biodiversidad marina de las islas Canarias.



Misterios de la Gea. Descifrando los enigmas ocultos en rocas, gases, agua y fuego (2009) – 172 pp.
[ISBN 978-84-613-4817-6]

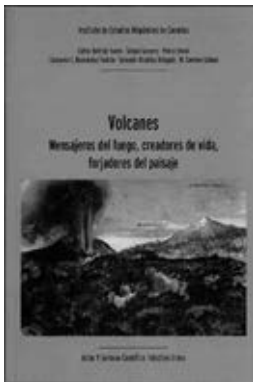
Francisco Anguita - Marte y la Tierra: historia de dos planetas.

Edelmira Luis Brito - Los recursos hídricos de La Caldera de Taburiente.

Antonio Eff-Darwich - Tenerife bajo las leyes de la física.

Esther Martín González - El legado paleontológico de nuestras islas: un patrimonio a conservar.

Nemesio M. Pérez - Emisiones difusas, dispersas y silenciosas de dióxido de carbono en los volcanes.



Volcanes. Mensajeros del fuego, creadores de vida, forjadores del paisaje (2010) – 156 pp.
[ISBN 978-84-614-3579-1]

Esther Beltrán Yanes - Conviviendo con volcanes en el Valle de Santiago: el paisaje de la comarca de Santiago del Teide antes de la erupción del Chinyero en 1909.

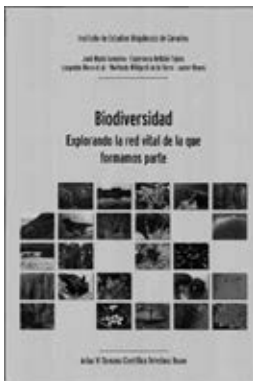
Sergio Socorro - Cavidades volcánicas de Canarias. Tipos y génesis.

Pedro Oromí - La fauna subterránea de Canarias: un viaje desde las lavas hasta las cuevas.

Consuelo E. Hernández Padrón - El desconocido y sorprendente mundo de los líquenes que pueblan las lavas.

Salvador Ordóñez Delgado – Estudio de la erupción del Chinyero por Lucas Fernández Navarro, una investigación vulcanológica pionera.

M. Carmen Solana - Peligros asociados a las erupciones de Tenerife, su impacto y reducción en caso de erupción futura.



Biodiversidad. Explorando la red vital de la que formamos parte (2011) – 190 pp.
[ISBN 978-84-615-3089-2]

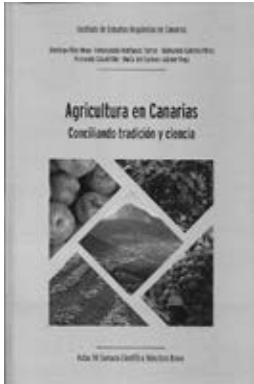
José María Landeira – Plancton: un universo marino diverso y desconocido.

Esperanza Beltrán Tejera – Los hongos: notables protagonistas en la biodiversidad canaria.

Leopoldo Moro, Juan José Bacallado y Jesús Ortea – Babosas marinas de las islas Canarias.

Wlfredo Wildpret de la Torre – Reflexiones sobre la biodiversidad canaria en el año internacional de la biodiversidad.

Javier Reyes – Sebadales: explosión de biodiversidad en desiertos de arena submarinos.



Agricultura en Canarias. Conciliando tradición y ciencia (2012) – 174 pp.
[ISBN 978-84-616-0641-2]

Domingo Ríos Mesa – Las papas antiguas de Canarias: origen y diversidad.

Inmaculada Rodríguez Torres – Patrimonio vitícola de Canarias.

Raimundo Cabrera Pérez – Control de plagas agrícolas: una historia de ida y vuelta.

Fernando Sabaté Bel – Recuerdos del futuro: la experiencia vernácula y la sostenibilidad.

María del Carmen Jaizme-Vega – La vida en el suelo. Papel de los microorganismos en la agroecología.



El Hierro. Nacimiento de un volcán (2013) – 179 pp.
[ISBN 978-84-616-5651-6]

Pedro Luis Pérez de Paz – El Hierro: volcán de naturaleza y melancolía.

Carlos Sangil – Cambios en la biodiversidad vegetal submarina del Mar de Las Calmas tras la erupción volcánica de La Restinga: una oportunidad para profundizar en el conocimiento de los ecosistemas marinos de Canarias.

Natacha Aguilar Soto, Mark Jonson, Patricia Arranz, Alejandro Escáñez, Cristina Reyes, Agustina Schiavi, Meter Madsen y Alberto Brito – Volcanes, zifios y otros valores naturales de las aguas profundas de El Hierro.

José Carlos Hernández y Sabrina Clemente – Reservas marinas, cambio climático y catástrofes naturales: el caso del Mar de Las Calmas en la isla de El Hierro.

Pedro A. Hernández – La erupción volcánica de El Hierro: la importancia de vigilar los volcanes.



Cien años de Don Tele. Celebrando y recordando al sabio y la persona (2014) – 157 pp.
[ISBN 978-84-617-1648-7]

Matilde Arnay de la Rosa – Las observaciones arqueológicas de un naturalista.

Antonio Galindo Brito – Metabolitos secundarios y defensas de las plantas.

Marcos Báez Fumero – Un paseo por los Parques Nacionales del mundo.

Isidoro Sánchez García – Telesforo Bravo, maestro de la convivencia.

Francisco Javier Coello Bravo – Telesforo Bravo, una vida a la búsqueda del agua.



Lanzarote. Naturaleza entre volcanes (2015) – 185 pp.
[ISBN 978-84-608-1557-0]

María Antonia Perera Betancort – Arqueología de Lanzarote. Particularidades insulares.

J. Alfredo Reyes Betancort – Las hijas de Lanzarote. Un paseo por su flora endémica.

Elena Mateo Mederos – La gestión del Patrimonio Geológico de Lanzarote.

Ana Carrasco Martín – Lanzarote, Reserva de la Biosfera: veintidós años de trayectoria y cambio de fase.

Silvia González Ruiz – El mar y los recursos marinos del Archipiélago Chinijo.



La Gomera. Entre bosques y taparuchas (2016) – 240 pp.
[ISBN 978-84-617-4752-8]

Juan Francisco Navarro Mederos – Arqueología en La Gomera: lo que va de ayer a hoy.

Juan Montesino Barrera – Los paisajes y la gente de La Gomera.

Eumenio Ancochea Soto – Evolución geológica de la isla de La Gomera.

José García Casanova – Tesoros botánicos de La Gomera.

Ángel B. Fernández y Luis Gómez – Qué son los bosques antiguos de laurisilva. Su valor y situación en Canarias.

