

# OKEANOS

Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

Nº 10 enero-junio 2020

ISSN: 2444-4758



P.V.P 9,10 €

La herramienta Marxan  
Conservación de cetáceos  
El nuevo recurso es el Océano  
Los fondos de rodolitos  
Patrimonio arqueológico subacuático en Canarias

## Ordenación Espacial Marina

Una eficaz  
herramienta para  
la gestión del  
mar canario

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

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

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

**Personajes y efemérides** D. Airam Sarmiento Lezcano y D. Amir Cruz Makki (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

**Agenda** Dr. Juan Fco. Betancort Lozano (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

**Noticias y Libros** Dra. Miriam Torres Padrón (Departamento de Química. Universidad de Las Palmas de GC) y D. Airam Guerra Marrero (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

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

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

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

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

**Maquetación y cuidado de la revista** D. Jorge A. Liria  
Edición papel y on-line: Mercurio Editorial  
(www.mercurioeditorial.com)

Correo electrónico: jose.castro@ulpgc.es

Teléfono: (+34) 928454549

ISSN: 2444-4758 DL GC 639-2015

- 04** Ordenación Espacial Marina. Una eficaz herramienta para la gestión del mar canario. Ricardo Haroun
- 
- 08** Ordenación espacial marina y la aplicación de la herramienta Marxan para modelizar y promover la conservación de la biodiversidad marina en las aguas canarias. Andrea Zanella, Manuel Alejandro García Mendoza y Ricardo Haroun
- 
- 13** Conservación de cetáceos y planificación del espacio marino en las Islas Canarias. Inma Herrera, Manuel Carrillo y Ricardo Haroun
- 
- 20** El nuevo recurso es el Océano. Marco legal de la ordenación espacial marina en Canarias. Elena Proletti
- 
- 26** Los fondos de rodolitos. El valor oculto de los ecosistemas marinos. Marcial Cosme, Francisco Otero-Ferrer y Ricardo Haroun
- 
- 36** Pesca, energías marinas, recursos minerales y la planificación espacial marina. Inma Herrera, Dunia Mentado Rodríguez y Francisco Javier González
- 
- 44** Patrimonio arqueológico subacuático en las Islas Canarias. La biblioteca digital de arqueología náutica y la planificación marina, nuevas posibilidades. Filipe de Castro Viera y Vicente Benítez Cabrera
- 
- 50** ENTREVISTA A: Inmaculada (Inma) Herrera Rivero.
- 
- 54** AGENDA enero-junio 2020
- 
- 56** La plataforma MarSP Canarias. Andrej Abramic, Alejandro García, Inma Herrera, Andrea Zanella y Ricardo Haroun
- 
- 60** OKEANOS DE FOTOS. Ken Thongpila
- 
- 76** El Programa de Observación Global Argo. Alberto González Santana y Pedro Vélez Belchí
- 
- 84** Sobre la influencia de las condiciones oceanográficas en la siniestralidad registrada en las playas de Canarias. Francisco Machín y Ángel Rodríguez-Santana
- 
- 92** La asombrosa vida de *Trichodesmium*. Javier Berdún Quevedo, Asier Furundarena Hernández y Sara Rendal Freire
- 
- 96** Espacio Marino del Oriente y Sur de Lanzarote-Fuerteventura. ¿Por qué protegerlo? Pablo Martín-Sosa Rodríguez
- 
- 100** Las Palmas: puerto ballenero. Un primer paso de la Alemania Nazi hacia la Antártica (1936-1939). Juan Pérez-Rubín Feigl
- 
- 106** Islas, turismo y cambio climático. Abel López-Díez, Jaime Díaz Pacheco y Pedro Dorta Antequera
- 
- 112** ENTREVISTA A: Marisol Izquierdo López.
- 
- 116** EFEMÉRIDES. Marie Tharp. Dibujando el fondo oceánico. Airam Sarmiento Lezcano
- 
- 118** MONSTRUOS MARINOS (9). El tiburón duende. José Juan Castro
- 
- 120** NOTICIAS OKEANOS. José J. Castro
- 
- 124** UN MAR PARA COMERSELO. Guelde (*Thalassoma pavo*). Ahumado con parmentier de papaya, huevas de parchita y gelee de vodka Blat Abraham Ortega García
- 
- 126** RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS



# Los fondos de rodolitos

El valor oculto de los  
ecosistemas marinos



**Marcial Cosme, Francisco Otero-Ferrer,  
Ricardo Haroun**

Grupo en Biodiversidad y Conservación, IU-ECOQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Crta. Taliarte s/n, 35214 Telde, España. Email: marcialcosmedesteban@gmail.com

**Los ecosistemas marinos y su importancia**

Los océanos son el gran desconocido del planeta Tierra, tanto que se estima que sólo el 5% ha sido explorado y es común escuchar que se conoce más sobre la superficie lunar que sobre nuestros océanos. Además, al ser un medio en tres dimensiones da lugar a una amplia variedad de espacios habitables que hospedan una gran multitud de especies marinas. La gran cantidad de factores bióticos y abióticos (pH, luz, nutrientes, corrientes, etc.) hace que los océanos estén conformados por una multiplicidad de ecosistemas únicos y diferentes, que se distribuyen tanto vertical (columna de agua) como horizontalmente (a lo largo del fondo). Estos ecosistemas se caracterizan por albergar una diversidad formidable de fauna y flora, siendo mayor incluso que muchos ecosistemas terrestres, a partir de la cual la especie humana obtiene multitud de productos y servicios. Para tratar de caracterizar de forma más precisa a esta enorme diversidad biológica, los investigadores usan unidades operativas, llamadas hábitats, que permitan clasificar, organizar y describir agrupamientos de especies. De esa manera, es posible conocer y catalogar la biodiversidad a gran escala sin necesidad de tener un conocimiento pormenorizado y exhaustivo de las especies que lo conforman.

**Servicios ecosistémicos**

Junto a las características únicas de cada ecosistema y sus respectivos hábitats, cabe destacar las funciones estrechamente relacionadas con la capacidad de esos ecosistemas para proporcionar bienes y servicios, como son la regulación de climas, depuración del aire, agua y suelos o conservación de la biodiversidad; todos ellos vinculados al sostenimiento del medio ambiente y de la sociedad. Estas funciones, conocidas como Servicios Ecosistémicos, pueden ser cuantificados económicamente y ya están siendo valorizados tanto a nivel global como a nivel regional. Los Servicios Ecosistémicos pueden clasificarse, de forma general, en 4 clases:<sup>(1)</sup>

1. Servicios de Soporte o Estructurales: necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos.
2. Servicios de Aprovisionamiento: productos obtenidos del ecosistema (p. ej., pesca).
3. Servicios de Regulación: beneficios obtenidos de la regulación de los procesos del ecosistema (p. ej., producción de oxígeno).





4. Servicios Culturales: beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas (p. ej., paisajísticos, estéticos, religiosos, etc.).

### **Ecosistemas estratégicos**

Uno de los principales objetivos de la Ecología es el estudio de los factores bióticos y abióticos que regulan la estructura y dinámica de los ecosistemas. Los ecosistemas estratégicos son partes diferenciales del territorio que juegan papeles fundamentales en el sostenimiento de procesos naturales, sociales, económicos y ecológicos. Es decir, son aquellos ecosistemas donde se concentran las funciones naturales de las que dependen los bienes y servicios ecológicos esenciales que dan lugar a los servicios ecosistémicos mencionados en el apartado anterior, directa o indirectamente ligados a las necesidades humanas.

En el caso de las costas canarias, nos encontramos al menos con tres tipos de ecosistemas estratégicos someros: bosques de algas pardas sobre substratos rocosos y, sobre substratos móviles, praderas de fanerógamas marinas (sebadales) y fondos de rodolitos.

### **Los fondos de rodolitos**

Los fondos de rodolitos constituyen uno de los hábitats marinos más importantes desde el punto de vista ecológico debido a la elevada biodiversidad que albergan. El término de rodolito, cuyo significado literal es “piedra roja”, engloba al término maërl, palabra de origen bretón derivada de la palabra latina “margella” cuyo significado es “coral”. Este término, empleado particularmente en varias zonas costeras del Atlántico Norte, incluye al sustrato extraíble del mar conformado por algas calcáreas rojas, vivas y muertas, que posteriormente es utilizado para abonar y corregir el pH de las tierras de cultivo.

Los fondos de rodolitos son un hábitat formado por algas rojas calcáreas libres con paredes celulares ricas en carbonato cálcico, asentadas sobre substratos blandos (arenas o gravas), que forman nódulos móviles (no sujetos al fondo del mar) con un aspecto rocoso y una morfología variada, describiéndose un total de hasta 6 morfologías diferentes (redondeada, elipsoidal, ramificada o no, etc.). La formación de los nódulos y su crecimiento, que es extraordinariamente lento (máx. 1 mm/año), está influenciado por factores



El término de rodolito, cuyo significado literal es «piedra roja», engloba al término maërl, palabra de origen bretón derivado de la palabra latina «margella» cuyo significado es «coral». Este término, empleado particularmente en varias zonas costeras del Atlántico Norte, incluye al sustrato extraíble del mar, conformado por algas calcáreas rojas, vivas y muertas, que posteriormente es utilizado para abonar y corregir el pH de las tierras de cultivo.

biológicos, como es que un mismo nódulo pueda estar formado por 1 o más especies de algas rojas; y factores no biológicos como es el pH, la concentración de nutrientes y el hidrodinamismo (corrientes, oleaje, etc.). Este último factor no solo regula las condiciones óptimas de desarrollo de las algas, ya que influye en la turbidez y en la sedimentación (que a su vez influyen en la fotosíntesis), sino que afecta de forma directa a la morfología que presenta el nódulo, como que pueda ser más o menos redondeados o ramificados. En zonas de bajo hidrodinamismo, como áreas profundas o protegidas, dominan las formas aplanadas y con baja densidad de ramificaciones calcáreas. Por el contrario, en zonas de alto hidrodinamismo, como son las áreas someras y expuestas, los rodolitos presentan formas más inestables como las esféricas o elipsoidales densamente ramificadas. Al mismo tiempo, aunque estos nódulos son resistentes, se fracturan con periodicidad debido al movimiento generado por el hidrodinamismo. Estos nuevos fragmentos producen nuevos rodolitos y dan lugar a una capa superficial de nódulos de rodolitos sobre el sustrato blando, convirtiéndolo prácticamente en un fondo duro o “semi-rocoso”.

Cuando estos rodolitos son arrastrados por las corrientes y el oleaje hacia zonas más someras, pierden los pigmentos, se mueren y blanquean, acabando arrojados en la orilla formando depósitos de sus esqueletos calcáreos (como los famosos “beach popcorns” encontrados en playas al norte de Fuerteventura). Posteriormente, la abrasión por choque entre los nódulos va generando, muy lentamente, la mayoría de las partículas que conforman nuestras playas de arena rubia.

Esta plasticidad morfológica de los nódulos, así como la estructura y composición de los fondos de rodolitos y sus funciones ecológicas en Canarias están siendo estudiadas desde el Instituto Univ. ECOAQUA de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, dado su papel estratégico dentro del ecosistema marino canario.<sup>(2,3)</sup>

### Importancia

Los fondos de rodolitos poseen una gran importancia ecológica debido a 3 funciones esenciales que llevan a cabo, las cuales generan claros beneficios económicos, ecológicos, sociales y culturales. Estas funciones se sustentan en la morfología general de los nódulos y la tridimensionalidad que genera su estructura.<sup>(2)</sup>





Estos fondos, tienen una enorme importancia ecológica, ya que son uno de los hábitats más productivos del mundo. Esto se debe, entre otras razones, a la gran captación de carbono, en forma de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ), para la formación de la pared celular en los nódulos. El rodolito como cualquier organismo fotosintético, absorbe el  $\text{CO}_2$  presente en el agua para la realización de la fotosíntesis, pero, además, la gran mayoría de ese  $\text{CO}_2$  lo transforma en  $\text{CaCO}_3$ , actuando como una fábrica, y por ello se les consideran grandes “bio-factorias”.<sup>(4)</sup> Tanto es así, que varios estudios afirman que el 0,3% de la producción de carbonato a nivel mundial se lleva a cabo en los fondos de rodolitos, concretamente los ubicados en las cumbres de las montañas submarinas del Atlántico tropical sudoccidental, teniendo igual o mayor impacto que los arrecifes coralinos.<sup>(5)</sup> Gracias a la absorción del  $\text{CO}_2$  del agua, los fondos de rodolitos contribuyen a la regulación de la temperatura y pH marino, mitigando así los efectos del cambio climático.

Por otro lado, a los rodolitos se les considera especies fundamentales, ya que están consideradas como organismos formadores de hábitats o “ingenieros ecológicos”, es decir, aunque a los rodolitos se les considere un hábitat por sí solos, los nódulos en sí mismo son capaces de formar nuevos hábitats a su alrededor.<sup>(6)</sup> Esta función ecológica se sustenta por completo en la tridimensionalidad que genera su estructura, ya que crea una importante heterogeneidad espacial debido al tipo y presencia de mayor o menor número de ramificaciones (según como influya el hidrodinamismo y las especies que lo conformen) y a la distribución de cavidades internas del esqueleto calcáreo.

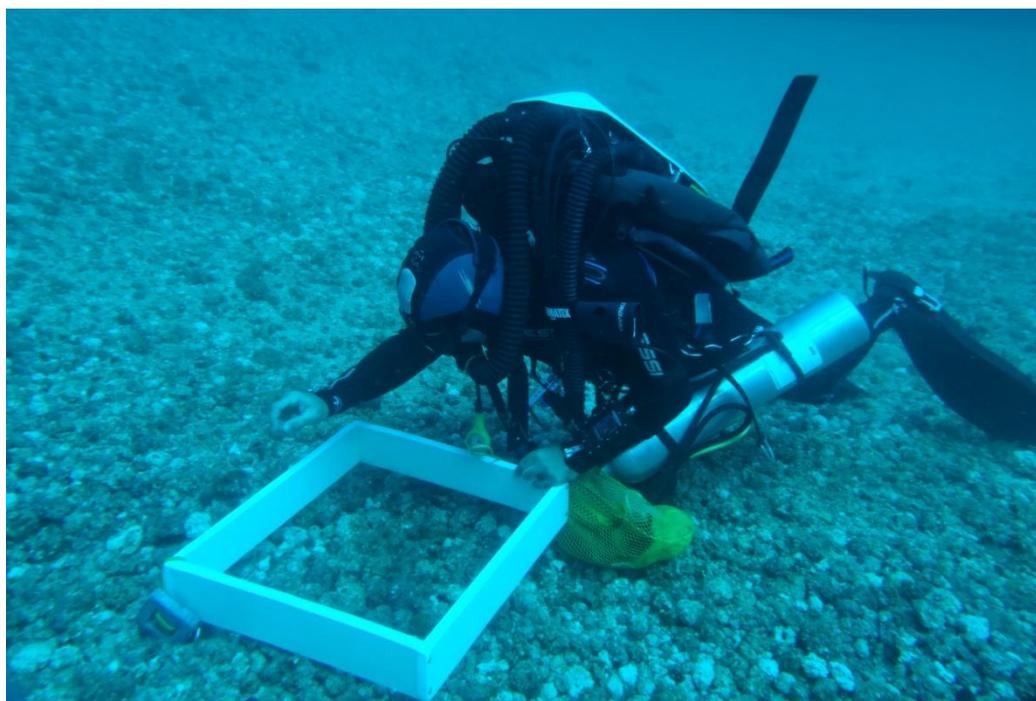
Estas características, junto a la cualidad de generar un sustrato duro que permite el asentamiento de organismos sésiles, posibilitan que se generen numerosos microhábitats alrededor de su estructura. Esta función, favorece una alta diversidad tanto de especies como de niveles tróficos.<sup>(3)</sup> Esta característica biológica confiere a este tipo de hábitat la particularidad de contener concentraciones excepcionales de especies nativas o “Hotspot”. Se han encontrado más de 300 especies de algas e invertebrados, asociados a campos de rodolitos en el Golfo de California y se han llegado a encontrar más de 450 especies (muchas de ellas específicas del hábitat) en la Península Ibérica. Otro ejemplo de su biodiversidad asociada es que, en Brasil, el 25% de la riqueza de especies de macroalgas están presentes en los fondos de rodolitos.



De igual modo, esta estructura del nódulo (tanto interna como externa) y la presencia de los numerosos microhábitats ligados a ella, proporciona un lugar idóneo como refugio para puestas y desarrollo larvario, jugando un papel como “vivero marino o áreas de cría”.<sup>(7)</sup> Así, el número de juveniles de invertebrados hallados en los fondos de rodolitos siempre es mayor al encontrado en otros hábitats (fondos de arena o roca), pudiendo llegar a ser casi 3 veces mayor que en hábitats adyacentes.<sup>(8)</sup> Además del visible beneficio ecológico, este tipo de funciones ayudan en la regeneración de especies con interés económico (por ejemplo, las vieiras) y por tanto a la productividad de dicha pesquería, contribuyendo a solucionar parcialmente el problema de su sobrepesca.<sup>(7,8)</sup>

### **Amenazas y conservación**

Cómo se ha explicado, los rodolitos generan importantes servicios ecosistémicos y, por consiguiente, beneficios tangibles e intangibles. Sin embargo, es un hábitat extremadamente sensible y con una capacidad de regeneración muy lenta, debido a su baja reproductividad y crecimiento tan escaso. En la actualidad, existen numerosas amenazas principalmente debidas a actividades humanas. La presencia de grandes cantidades de carbonato de calcio en su estructura, les ha hecho ser muy apreciadas en la agricultura debido a su uso para el acondicionamiento de terrenos con exceso de acidez. Por esta razón, han sido explotados comercialmente desde tiempos inmemoriales, siendo requeridos más recientemente en otras industrias, como la farmacéutica, cosmética o alimentaria. No obstante, su desaparición no es



exclusiva a las explotaciones comerciales directas. Algunas actividades humanas repercuten en los fondos de rodolitos de forma indirecta. Cualquier tipo de actividad cercana que provoque la suspensión de partículas en la columna de agua (minería, pesca de arrastre o acuicultura), impide que la luz la atraviese y afecta negativamente la fotosíntesis de los rodolitos. Posteriormente, estas partículas se depositan sobre los nódulos, tapándolos y ocasionando finalmente su muerte. Por otra parte, la importancia de estos fondos como centros clave de biodiversidad y “vivero” de especies comerciales, les han hecho objetivo de la industria pesquera, quienes utilizan artes de pesca agresivos con el fin de evitar la rotura o enganche de los artes en el fondo, destruyendo el hábitat. Por otro lado, existen también daños indirectos del tipo físico como dragados y fondeos de em-

barcaciones, químico como la contaminación por actividad industrial o biológico como la introducción de especies invasoras.

Esta perspectiva de vulnerabilidad, junto con las enormes repercusiones ecológicas y económicas derivadas de su alteración o pérdida, implica como trascendental su protección y conservación. La planificación espacial marina es el proceso por el cual se asigna la distribución espacial y temporal de las actividades humanas en áreas marinas, viabilizando el desarrollo social y económico asegurando la estabilidad, integridad, conservación y protección de los ecosistemas marinos, entre ellos también los fondos de rodolitos. Sin embargo, para poder realizar una ordenación territorial correcta, es obligatorio basarse en los ecosistemas partiendo del conocimiento de sus características, presiones, vulnerabilidades e



La importancia de estos fondos, como centros clave de biodiversidad y «vivero» de especies comerciales, les han hecho objetivo de la industria pesquera.



interacciones con los ecosistemas colindantes, para determinar cómo reducir o eliminar los factores negativos y ayudar en su recuperación.

#### Bibliografía

- (1) Camacho, V., Ruiz Luna, A., 2012. *Rev. BioCiencias*, 1:3–15.
- (2) Otero-Ferrer, F., Cosme, M., Tuya, F., Espino, F., Haroun, R., 2020. *Shelf Sci.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106579>
- (3) Otero-Ferrer, F., Mannarà, E., Cosme, M., Falace, A., Montiel-Nelson, J.A., Espino, F., Haroun, R., Tuya, F., 2019. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 218:9–22.
- (4) Amado-Filho, G.M., Moura, R.L., Bastos, A.C., Salgado, L.T., Sumida, P.Y., Guth, A.Z., Francini-Filho, R.B., Pereira-Filho, G.H., Abrantes, D.P., Brasileiro, P.S., Bahia, R.G., Leal, R.N., Kaufman, L., Kleypas, J.A., Farina, M., Thompson, F.L., 2012. *PLoS One*, 7:5–10.
- (5) Sciberras, M., Rizzo, M., Mifsud, J.R., Camilleri, K., Borg, J.A., Lanfranco, E., Schembri, P.J., 2009. *Mar. Biodivers.*, 39:251–264.
- (6) Neill, K.F., Nelson, W.A., D'Archino, R., Leduc, D., Farr, T.J., 2014. *Mar. Biodivers.*, 45:63–75.
- (7) Nelson, W.A., Neill, K., Farr, T., Barr, N., D'Archino, R., Miller, S., Stewart, R., 2012. *New Zealand Aquatic Environment and Biodiversity Report*. Ministry for Primary Industries, Wellington, Britain.
- (8) Kamenos, N.A., Moore, P.G., Hall-Spencer, J.M., 2004. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 274:183–189.