

Las plataformas de abrasión con verméticos y algas calcáreas: un patrimonio ignorado del Mediterráneo Ibérico

Abrasion platforms with vermetids and calcareous algae: a neglected natural heritage of the Iberian Mediterranean

MARC TERRADAS-FERNÁNDEZ

Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante, Aptdo. Correos 99, 03080 Alicante. E-mail: marc.terradas@ua.es/marcbentos@gmail.com

Resumen Las plataformas de abrasión con verméticos y algas calcáreas forman paisajes que caracterizan el Mediterráneo cálido y meridional. En ellos, encontramos multitud de especies que se aprovechan de las condiciones singulares de estos enclaves. En nuestras costas, estos ecosistemas se encuentran en gran parte del Sureste Ibérico. Sin embargo, el grado de desconocimiento de este patrimonio es grande a pesar de ciertos esfuerzos de divulgación. En el presente artículo, se describe su estructura y su valor como indicador ecológico y paleoecológico. Se analizan los principales factores naturales que condicionan su composición y dinámica, y aquellos factores antrópicos que los alteran y que pueden suponer una amenaza. Finalmente, se informa de su régimen de protección actual.

Palabras clave: Mar Mediterráneo, Iberia, patrimonio natural, plataforma de abrasión, verméticos.

Abstract The abrasion platforms with vermetids and red calcareous algae are characteristic of the warm southern Mediterranean and make up a noteworthy landscape. In these platforms we find a large amount of species, which take advantage of the specific conditions in these particular environments. These ecosystems are very much present on the coasts of the Iberian Southeast but they are still not well known. In this article, their structure and value as ecological and paleoecological indicators are described. The main natural drivers in determining their composition and dynamics, together with the anthropic ones, which can even threaten their existence, are analysed as well. Finally, information about their current protection status is given.

Keywords: Mediterranean Sea, Iberia, natural heritage, abrasion platforms, vermetids.

INTRODUCCIÓN

El mar Mediterráneo presenta unas condiciones climáticas que lo hacen singular. La escasa amplitud de mareas, la elevada estacionalidad, y una relativa oligotrofia de las aguas superficiales, lo alejan del vecino Atlántico (Bosc *et al.*, 2004). Su reconexión con este océano cinco millones de años atrás -después de la crisis salina del Messiniense- permitió la entrada de multitud de especies boreales en periodos glaciares y subtropicales en los interglaciares, que se refugiaron en aquellas subcuencas y/o profundidades que reproducían, en parte, su lugar de origen. Las diferencias oceanográficas entre las masas de agua mediterráneas y las oscilaciones climáticas favorecieron importantes eventos de especiación. Fruto de todo ello, el Mediterráneo actual es un mar con una diversidad y endemidad muy

elevadas (Boudouresque, 2004; Coll *et al.*, 2010; Bianchi *et al.*, 2012; Figueroa *et al.*, 2014).

Esta diversidad mediterránea, sin embargo, está subestimada. Existe la falsa percepción, dominante, de que se trata de un mar "moribundo". Ciertamente, la presión antrópica es especialmente notoria debido a este "aislamiento" geográfico y a la elevada densidad y actividad humana. Pero es precisamente este aislamiento parcial el que le ha conferido su "personalidad" y un porcentaje relativamente alto de endemismos (un 29% según Boudouresque, 2004). Todo ello, también se traduce en una serie de paisajes singulares moldeados a partir de la interacción entre los procesos biológicos, geológicos y climáticos. Entre estos paisajes mediterráneos, destacan una multitud de bioconstrucciones que forman auténticos arrecifes vivos (Laborel, 1987). Algunas de estas bioconstrucciones suelen encontrarse a

unas profundidades “prohibitivas” para todo observador que no disponga de un equipo de buceo, caso del “coralígeno”. Otras, sin embargo, son percibidas e incluso “gozadas” por muchos de los ciudadanos que pasean por el litoral y, sin embargo, siguen desconociéndose.

En este artículo se pretende hablar de una de estas bioconstrucciones. O, mejor dicho, de un paisaje que nace de la interacción entre la bioconstrucción, el tipo de roca y la erosión. Nos referimos a las plataformas de vermétidos y algas calcáreas.

LAS PLATAFORMAS DE VERMÉTIDOS Y ALGAS CALCÁREAS, ORIGEN Y ESTRUCTURA

Las plataformas de vermétidos prosperan en ambientes templado-cálidos y subtropicales (Safriel, 1974). En el caso mediterráneo, estas situaciones se dan, sobre todo, en su parte oriental, pero también en las zonas más meridionales de la cuenca occidental (Chemello, 2009; Templado *et al.*, 2016; Milazzo *et al.*, 2016). En la Iberia mediterránea,

las mayores formaciones de vermétidos aparecen a partir de la provincia de Alicante y hasta la zona de Almería, coincidiendo con cierta riqueza de sustratos rocosos sedimentarios y que permiten un buen desarrollo de las plataformas de abrasión (Lillo-Carpio, 1980; Ramos *et al.*, 2008; Templado *et al.*, 2016) (Fig. 1 y Fig. 2).

Los procesos erosivos junto al efecto “protector” del propio arrecife permiten el desarrollo de estos paisajes litorales. A la vez, es fácil diferenciarlos en dos unidades o subsistemas: la propia bioconstrucción o arrecife, y el resto de componentes que integran la plataforma (Fig.1).

La bioconstrucción o arrecife de vermétidos y algas calcáreas

La bioconstrucción es generada por dos principales grupos de organismos. Por un lado, el grupo de los vermétidos, unos moluscos sésiles que pueden formar importantes agregaciones y que se alimentan por filtración, mediante la secreción de redes mucosas (Schiaparelli y Cattaneo-Vietti, 1999; Gofas *et al.*, 2011). Por otro, un grupo de al-

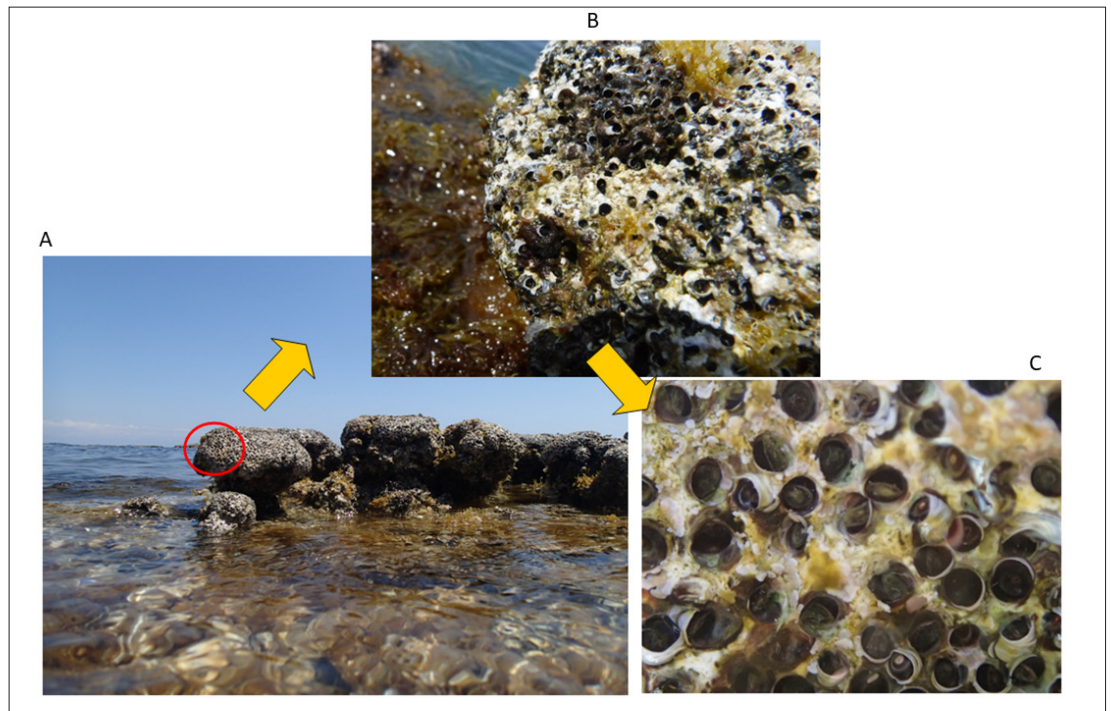


Fig. 1. Bioconstrucciones de vermétidos y algas calcáreas. A. Cornisa marginal en plataforma de abrasión (Cabo de la Huerta, Alicante). B. Formaciones mameloniformes (Cabo de Palos, Murcia). C. Microatolón (Isla de Tabarca, Alicante). Fotos: Marc Terradas Fernández (A y B), Felio Quijada (C).



Fig. 2. Plataformas de abrasión con vermétidos. A. Plataforma con un lapiaz supralitoral (cerca de Cabo Roig, Torrevieja). B. Plataforma con notch en la zona mediolitoral (se observa la amortiguación del oleaje con mar de fondo y un nivel del mar por debajo del medio. Cabo de la Huerta, Alicante). Cubeta del tipo pothole en una plataforma en la isla de Tabarca (se aprecia una corona de Fucales del género *Cystoseira* de modo calmo a su alrededor). Fotos: Marc Terradas Fernández.

Fig.3. Sucesión de fotografías para mostrar los elementos de la bioconstrucción. A. Estructura mameloniforme (Isla de Tabarca, Alicante). B. Ampliación de A dónde ya se observa la colonia de *Dendropoma lebeche*. C. Ampliación de B observándose las conchas tubiformes del vermético cementadas por el alga calcárea. Fotos: Marc Terradas Fernández.



gas rojas calcáreas incrustantes. Ambos tienen en común que presentan esqueletos calcáreos perdurables (Fig. 3 y 4).

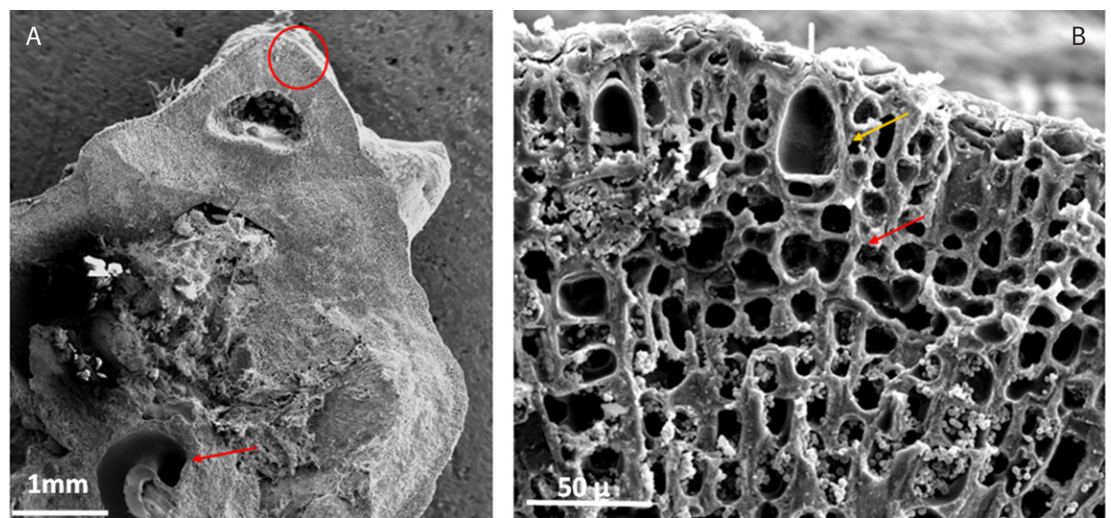
Recientemente, se ha descubierto que el vermético cuantitativamente más importante en la génesis de estas estructuras (*Dendropoma petraeum*, Monterosato 1892) es, en realidad, un complejo de especies con distribuciones no solapadas, y que prosperan en distintas regiones del Mediterráneo (Calvo *et al.*, 2015; Templado *et al.*, 2016). En el caso ibérico, se trata de *Dendropoma lebeche* Templado, (Richter y Calvo, 2016), un endemismo mediterráneo que parece limitarse a la península ibérica y al Norte de África (datos que deben tomarse con precaución al no existir una cartografía exhaustiva). Otra especie bioconstructora, *Vermetus triquetrus* (Bivona-Bernardi, 1832), prospera en condiciones menos expuestas al oleaje generando agregados, aunque de menor relevancia.

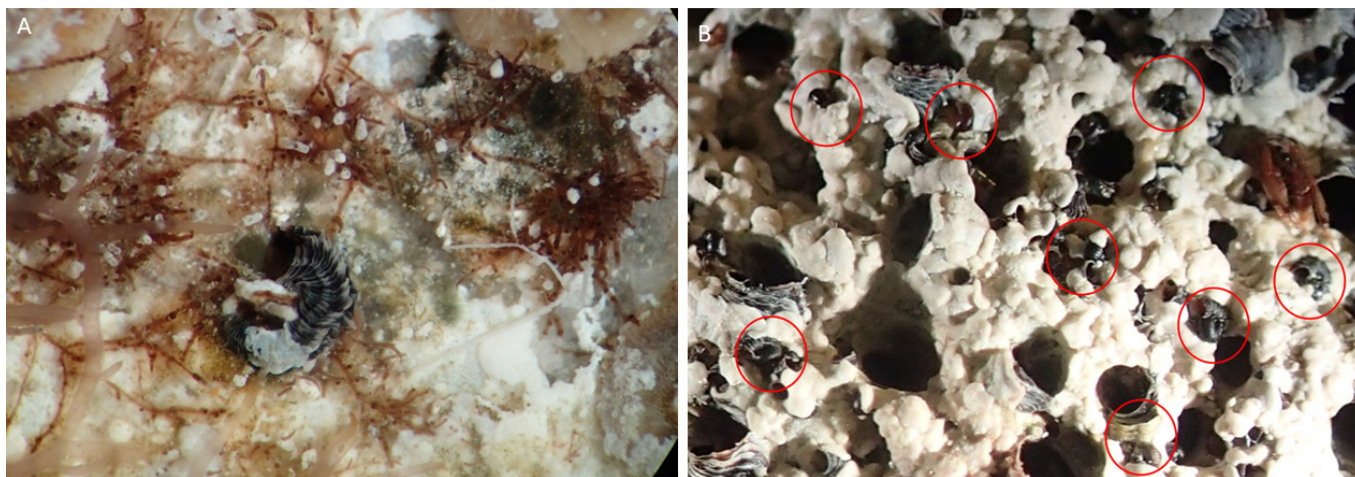
Por lo que se refiere al componente algal, los pocos estudios mediterráneos realizados indican

a *Neogoniolithon brassica-florida* (Harvey) Setchell y L.R. Mason (Fig. 4) como alga principal de la bioconstrucción. Sin embargo, la importancia de otras algas rojas calcáreas ligadas a distintas condiciones térmicas e hidrodinámicas no es descartable. Éste sería el caso de algunas especies del género *Lithophyllum* (Laborel, 1987; Mannino, 1992; Bressan *et al.*, 2003; Terradas-Fernández, 2014).

La falta de un estadio planctónico del vermético, y el corto lapso de tiempo desde la eclosión al reclutamiento del juvenil (el embrión se desarrolla en la cavidad del manto de la hembra), permiten que las zonas de asentamiento sean muy cercanas a los progenitores, e incluso encima de ellos, favoreciendo la generación de agregados (Calvo *et al.*, 1998; Franzitta *et al.*, 2016). Este hecho, junto a la probable sinergia con el alga calcárea, cuya presencia parece facilitar el asentamiento (Spotorno-Oliveira *et al.*, 2015), es determinante para permitir el desarrollo de tales arrecifes (Fig.5).

Fig.4. Fragmento de la bioconstrucción. A. *Neogoniolithon brassica-florida* envolviendo completamente un caparazón de vermético (flecha). B. Ampliación de la parte superior del conceptáculo (círculo en A). Se observan tricocitos (ej: flecha amarilla) y fusiones celulares (flecha roja) característicos del género. Fotografías: Viviana Peña Freire y Marc Terradas Fernández.





El arrecife como ingeniero de ecosistemas (y paisajes)

La construcción producida por el alga y el vermético, no sólo se traduce en un medio nuevo y propicio para ambos protagonistas, sino que también es generadora de hábitat para multitud de especies que aprovechan este nuevo sustrato. Algunos organismos perforan el esqueleto carbonatado y generan espacios y/o galerías dónde encuentran refugio. Otros, aprovechan la propia heterogeneidad de la estructura para crecer. Todo ello, hace que los verméticos y las algas calcáreas puedan considerarse ingenieros de ecosistemas en el sentido de Jones *et al* (1994).

Sin embargo, el papel de la bioconstrucción va más allá, al tratarse de una protagonista activa en el proceso de desarrollo de la propia plataforma. Efectivamente, parece que la bioconstrucción, que se desarrolla justo en el nivel medio del mar, contribuye a la formación de estos paisajes actuando como un “escudo protector” de la erosión (Safriel, 1975; Laborel y Laborel-Deguen, 1996; Antonioli *et al.*, 1999, 2015). Por encima de la bioconstrucción, la actividad de los organismos perforadores del sustrato (como las cianobacterias) o los raspadores (patélidos, polioplacóforos), junto a la fuerza del oleaje y otros procesos de meteorización física y química, permiten la generación de un lapiaz con

estructuras alveolares de distinto tamaño. Estas cavidades van conectándose a medida que nos acercamos a la franja infralitoral dónde se desarrolla la plataforma (Fig. 2 y 6).

En la parte sumergida interior de la plataforma, el dosel algal y las costras de coralináceas y verméticos ejercen un papel protector de la erosión. Por debajo de la bioconstrucción, en el margen externo, la fuerza hidrodinámica y la bioerosión vuelven a ser importantes, pudiendo generar una concavidad o *notch* (que también puede darse en el mediolitoral por encima del horizonte de verméticos). En algunas zonas del Mediterráneo se han descrito estructuras a modo de “seta” que son fruto de estos procesos (Antonioli *et al.*, 1999). En el Sureste Ibérico, en pequeños afloramientos rocosos superficiales, se pueden presentar bioconstrucciones, a modo de coronas, que recuerdan a un “microatolón”. Finalmente, en plataformas muy someras y moderadamente expuestas, pueden aparecer estructuras en forma de mamelón. Todo este tipo de formaciones también han sido descritas en el Mediterráneo Oriental (Safriel, 1975; Fig. 1 y 2).

Es importante recalcar que la cornisa de algas y verméticos del margen externo protege del oleaje. Esto favorece el asentamiento de especies que, sin esta protección, no podrían sobrevivir. En este sen-

Fig.5. Mecanismo posible de la génesis de la bioconstrucción. A. Placa experimental con un recluta de *Dendropoma lebeche*. Nótese el color blanco del alga calcárea (este tipo de algas podrían favorecer el reclutamiento del propio vermético). B. Bioconstrucción madura. Se muestran (en círculos) algunos juveniles recién reclutados (posiblemente provienen de los propios adultos de la fotografía). Más explicación en el texto. Fotografías: Marc Terradas Fernández.

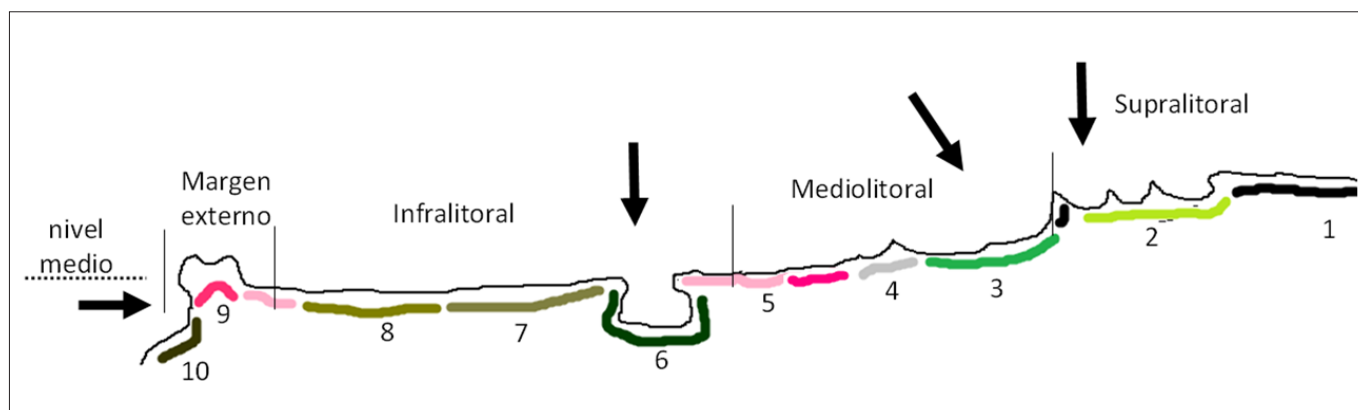


Fig.6. Esquema idealizado de una plataforma de verméticos. Se marca el nivel medio del mar. Las flechas indican las zonas de erosión y/o bioerosión más activas. 1 Comunidad supralitoral; 2 Microcubetas del supralitoral con *oscillatoriales* y *cianobacterias endolíticas*; 3 Cubetas del mediolitoral con *clorófitas filamentosas*; 4 Comunidad del mediolitoral superior; 5 Costra de coralináceas y *Vermetus triquetrus*; 6 Cubeta infralitoral con algas de modo muy calmo; 7 Comunidad de *Padina pavonica*; 8 Comunidad de *Dictyota spp.*; 9 Arrecife marginal de *Dendropoma lebeche* y coralináceas; 10 Comunidad infralitoral externa con desarrollo de *Fucales* de modo batido o algas *esciófilas* (según el grado de desarrollo del notch). Basado en: Safriel, 1975; Laborel y Laborel-Deguen, 1996; Antonioli *et al.*, 1999; Einav y Israel, 2007; Terradas-Fernández, 2018.

Fig.7. Cambios ligados a la estacionalidad (Cabo de la Huerta, A y B). El cambio de color se debe al aumento de las coberturas de algas verdes y pardas durante el invierno en detrimento de las algas calcáreas (articuladas y rosadas) dominantes en otoño. En el caso de las algas verdes, un evento previo de bajamar meteorológica favoreció su desarrollo. C. Lugar dónde se realizaron las fotos en un día de temporal (flecha). D y E. Plataforma eutrofizada con dominancia de algas verdes oportunistas antes y después de un periodo prolongado de bajamar meteorológica (Sur de Alicante, nótese el emblanquecimiento de las algas tras el evento). Fotografías: Marc Terradas Fernández.



tido, se ha demostrado que estas estructuras favorecen la biodiversidad de la franja litoral frente a lo que ocurre en las costas desprovistas de ellas (Milazzo *et al.*, 2016). Además, en la plataforma, suelen encontrarse grietas y cubetas del tipo *pothole* que pueden llegar a presentar cierta magnitud (Fig. 2 y 6). Estas últimas pueden desarrollarse por el efecto de la abrasión producida por pequeños cantos rodados y/o arena, que quedan “atrapados” en pequeñas oquedades (De Pippo y Donadio, 1999). Tanto las cubetas de cierta magnitud como las grietas llegan a convertirse en lugar de asentamiento de especies, de ambientes aún más resguardados, muy rarificadas en todo el litoral mediterráneo (Einav y Israel, 2007; Gil *et al.*, 2008; Terradas- Fernández, 2014).

En el margen interno suele asentarse un segundo cinturón de verméticos. Generalmente se instala a modo de costra, más o menos continua, y se correspondería con el mediolitoral inferior (Fig. 6).

El arrecife como paleoindicador

La especificidad de hábitat de estas bioconstrucciones (marcando el cero biológico que prácticamente se corresponde con el nivel medio del mar), la presencia de exoesqueletos calcáreos y persistentes (de fácil fosilización), y su distribución geográfica en condiciones templado-cálidas y subtropicales, permiten usarlas como marcadores del nivel del mar actual y pasado (paleoindicadores). Así, en diversos estudios realizados en una costa estable de Sicilia se calculó, usando el carbono-14 y la relación isotópica del oxígeno ($\delta^{18}O$), que los arrecifes vivos más desarrollados tenían una edad en torno a los 600 años, y que el propio arrecife podía utilizarse como paleoin-

dicador de la temperatura superficial del mar (dentro de este intervalo temporal) (Antonoli *et al.*, 1999; Silenzi *et al.*, 2004). Además, se pudo calcular que, en este tiempo, hubo una subida del nivel del mar de unos 40 cms (al juzgar por la ubicación de la base de la bioconstrucción a unos -40 cms de profundidad).

En el registro fósil hay representantes de la familia de los verméticos al menos desde el Eoceno (Laborel, 1986). Aunque los primeros arrecifes de verméticos aparecen durante el Mioceno medio (Vescogni *et al.*, 2008). Su especificidad ecológica permite vislumbrar qué tipo de condiciones podían existir en los distintos yacimientos neógenos dónde se encuentran. A pesar de ello, algunas asociaciones biológicas no son equivalentes con las que parecen dominar en los arrecifes actuales, y el rango batimétrico puede haber variado (Vescogni *et al.*, 2008; Aguirre *et al.*, 2014).

Las biocenosis ligadas a las plataformas de verméticos

Dos características hacen de estas plataformas unos sistemas ecológicos singulares en el contexto ibérico. Por un lado, su escasísima profundidad, y por el otro, cierta protección al oleaje conferida por la propia cornisa de algas calcáreas y verméticos.

Una tercera característica a tener en cuenta es que estos paisajes se generan en la zona más cálida del Mediterráneo ibérico (Bosch *et al.*, 2004; Coll *et al.*, 2010). De modo que, aparte de los condicionantes previos, el factor climático influenciará el resultado de la composición taxonómica de estos sistemas.

Para la siguiente descripción, nos basaremos en la tipificación de los pisos litorales que sigue la *Guía*

interpretativa inventario español de hábitats marinos (<http://www.mapama.gob.es>) inspirada en los trabajos clásicos de Pérès y Piccard (1964).

Así, y acorde con su composición y fisionomía, podemos dividir las plataformas en cuatro pisos que se suceden, paralelos a la costa, desde la parte más próxima hacia el mar (Fig.6).

El supralitoral

Este piso se caracteriza por estar prácticamente siempre emergido y sólo las salpicaduras del oleaje hacen acto de presencia en condiciones normales. Sin embargo, el oleaje causado por los fuertes temporales puede llegarlo a cubrir excepcionalmente (Fig.7).

Las comunidades del supralitoral de las plataformas son muy parecidas a las de otros sistemas rocosos (pertenecientes al mismo piso). Las temperaturas extremas y las fuertes fluctuaciones de la salinidad (debido al agua de la lluvia y a las salpicaduras del oleaje), junto a la bajísima disponibilidad hídrica, sólo permiten que unos pocos grupos de organismos prosperen. Destacan, sobretudo, algunas cianobacterias, cirrípedos (*Euraphia depressa*) y, particularmente, bigaros (*Melaraphe neritoides*, *Echinolitorina punctata*) que se alimentan de ellas raspando la roca y contribuyendo a la erosión de la misma. En las cubetas podemos encontrar una mayor concentración de organismos. Es fácil la observación de tapetes microbianos, ricos en cianobacterias del orden Oscillatoriales y Nostocales, que se “esconden” bajo una capa de sedimento.

El mediolitoral del margen interno

En el margen interno de la plataforma suele aparecer una banda rocosa inclinada. En ocasiones se genera un *notch* desarrollado, que permite la aparición de extraplomos (Fig. 2B). Estas bandas, sometidas constantemente al vaivén del oleaje, constituyen un mediolitoral cuya amplitud está claramente condicionada por el grado de exposición, siendo menor en aquellas plataformas anchas y/o con un arrecife marginal bien desarrollado. Esta zona, a la vez, puede subdividirse en un mediolitoral superior e inferior. El mediolitoral superior presenta enormes espacios de roca desnuda, pero con coberturas claramente perceptibles de cianobacterias (principalmente de la familia Rivulariaceae), cirrípedos filtradores (*Chthamalus* spp.) y moluscos herbívoros como las lapas (Patellidae), quitones (Lepidochitonidae) y litorinas (Littorinidae). En los meses de invierno y primavera suelen aparecer bandas discontinuas de algas rojas. Destacan las manchas algo-

donosas de *Neosiphonia sertularioides*. En cambio, los cinturones de Bangiales, muy característicos de zonas más septentrionales (Chappuis *et al.*, 2014), son difíciles de detectar.

En las zonas extraplomadas, es fácil encontrar pulvínulos perennes de Gelidiales (*Gelidium crinale*, *Gelidiella* spp.) y mechones laxamente distribuidos de *Chaetomorpha linum*.

En el mediolitoral inferior ya podemos encontrar paisajes dominados por algas durante todo el año. Es típica la aparición del cinturón de verméticos (*Dendropoma lebeche*) y coralináceas incrustantes como *Neogoniolithon brassica-florida*. Ésta última, cuando está fértil, se caracteriza por la presencia de conceptáculos prominentes fácilmente visibles mediante una lupa de campo (Fig.4). Sin embargo, estas costras de coralináceas y verméticos no suelen generar estructuras tridimensionales como sí ocurre en el margen exterior más expuesto.

Una franja discontinua de algas del complejo *Laurencia* caracteriza la parte limítrofe con el infralitoral. Destacamos el género *Palisada*, que parece sustituir a especies del género *Osmundea*, más dominantes en las costas menos cálidas (Chappuis *et al.*, 2014). También suele aparecer una franja invernal de Ectocarpales filamentosas (*Acinetospora crinita*, *Feldmannia* spp., *Ectocarpus* spp.) y tubulares (*Scytosiphon lomentaria*) que desaparecen durante la primavera.

En enclaves de menor inclinación, y en cubetas, es fácil que se desarrollen grandes coberturas de algas verdes laminares y filamentosas (*Ulva* spp., *Chaetomorpha* spp., *Cladophora* spp.) durante el invierno y la primavera.

Por lo que se refiere a la fauna, prácticamente la totalidad de los moluscos del mediolitoral superior pueden encontrarse también en este nivel. Además, destaca la importancia cuantitativa de la familia Trochidae (especialmente *Phorcus turbinatus*).

El infralitoral de plataforma

La parte sumergida de la plataforma coincide prácticamente con la zona de pendiente nula, y sus biocenosis se corresponderían con las descritas para el infralitoral superior (Pérès y Piccard, 1964) (Fig. 6). Una característica muy destacable es su poquísimas profundidades. No suele sobrepasar los 30 cms, cosa que parece condicionar la bajísima presencia de herbívoros y la dominancia de ciertas especies algales (Terradas-Fernández, 2018; Fig. 8). Así, salvo en las grietas más profundas y en las cubetas, es difícil encontrar grandes herbívoros. A pesar de ello,

Fig.8. Algunos posibles efectos explicados por la escasa profundidad. Generación de ejes laterales en *Padina* (A). Sustitución de *Padina* (B) por *Dictyota* (C). Las fotografías B y C están realizadas en el mismo lugar. La única diferencia ambiental perceptible, entre ellas, es el leve incremento de profundidad en C. Más explicación en el texto. Fotografías: Marc Terradas Fernández.



son frecuentes algunos moluscos (Columbellidae, Cerithidae, Plakobranchidae), de pequeño tamaño que, sin embargo, parecen tener poca importancia cuantitativa.

Dentro de este piso, pero en la parte más interna de la plataforma, una costra de *N. brassica-florida* (que se continúa con el mediolitoral), suele asociarse con otro vermético (*Vermetus triquetrus*). Esta costra rápidamente es sustituida por una alfombra de *Padina pavonica*, que persiste durante gran parte del año, y atrapa cierta cantidad de sedimento. Entre los talos de *Padina*, es frecuente la presencia de algas que generan ejes postrados para ir ocupando el espacio. Destacamos *Chaetomorpha pachynema* por su relativa frecuencia a pesar de no haberse encontrado en la Península hasta la fecha (Terradas-Fernández, 2018; Gallardo *et al.*, 2016;). También aparecen, generalmente con algo más de cobertura, *Lophosiphonia* spp. y *Polysiphonia opaca* (esta última también es característica del mediolitoral inferior).

La estrategia de crecimiento mediante la generación de ejes postrados también es adoptada por *Padina* que emite multitud de ramas laterales para colonizar el espacio (aparte de los abanicos erectos característicos de esta especie) (Fig. 8). Esta estrategia de ocupación podría deberse a la escasa profundidad de estos enclaves, y es análoga a la observada (dentro del mismo género) en sistemas tropicales sometidos a una elevada intensidad de herbivoría (Lewis, 1987; Collado-Vides, 1997). En aquellas partes algo más profundas de la plataforma, algas de mayor porte, como el género *Dictyota* (*D. fasciola*, *D. spiralis*) toman el relevo junto a Fucales del género *Cystoseira* (*C. humilis*, *C. compresa*) y *Sargassum* (*S. vulgare*).

En cubetas, grietas y zonas muy resguardadas es posible encontrar especies muy rarificadas en tramos de costa expuestos. Es el caso de algunas algas del género *Cystoseira* (*C. sauvageauana*, *C. foeniculacea*), algunas Dictiotales como *Dictyota mediterranea*, o algunas algas rojas como *Digenea simplex* (Pena-Martín *et al.*, 2004; Terradas-Fernández, 2014).

La zona marginal de la plataforma

En la parte externa suele presentarse la cornisa de verméticos con *D. lebeche* como vermético principal. Marca el nivel medio del mar y presenta algas típicas tanto del mediolitoral como del infralitoral. Cuando la cornisa está bien desarrollada limita la parte interior, relativamente protegida, de la parte exterior claramente expuesta. Esta cornisa calcárea es análoga a otros sistemas expuestos dominados por algas calcáreas (el “trottoir” de *Lythophyllum byssoides* del Mediterráneo septentrional, las crestas arrecifales de *Sporolithon* de mares tropicales, etc.). Gracias al incremento de la productividad causada por el propio hidrodinamismo (Ballesteros, 1989), parece que tanto el alga calcárea (presumiblemente, *N. brassica-florida* es el alga dominante) cómo el vermético salen ganando de esta interacción, pudiendo generar un crecimiento en volumen que les aleja del sustrato del infralitoral. De este modo, “huyen” de la competencia con las otras algas infralitorales. En cornisas poco desarrolladas es fácil encontrar un dosel denso de algas del género

Cystoseira de ambientes batidos (*C. amentacea*, *C. algeriensis*).

Otro vermético (*V. triquetrus*) puede formar una banda colindante en la parte interna de la cornisa (Fig.6). Muchas veces se pueden observar pagúridos (*Calcinus tubularis*) ocupando los tubos vacíos de los propios verméticos.

La heterogeneidad causada por la propia cornisa permite que, en estas zonas marginales, haya un incremento de la diversidad. La cara expuesta presenta multitud de algas encontradas ya en el mediolitoral interior, pero en este caso, y gracias al hidrodinamismo, con un mayor desarrollo. El complejo Laurencia vuelve a ser importante (*Laurencia pyramidalis*, *L. glandulifera*, *Palisada tenerrima*) al igual que algunas gigartinales como *Hypnea musciformis*. Junto a ellas, aparecen algas típicas de ambientes expuestos y también características de los “trottoirs” septentrionales de *Lythophyllum byssoides* (*Callithamnion granulatum*, *Chondria boryana*, *Ceramium virgatum*, etc). Sólo teniendo en cuenta las especies algales de la bioconstrucción, se han contabilizado alrededor de 100 en un único trabajo realizado en una cornisa de verméticos siciliana (Mannino, 1992).

A pesar de los pocos estudios que tratan directamente la diversidad de estas bioconstrucciones, se ha demostrado que presentan una elevada riqueza faunística (Chemello, 2009; Milazo *et al.*, 2016). En el Sureste Ibérico se han encontrado más de 60 especies de moluscos que habitan estos arrecifes y el número de especies se dispararía considerando el resto de grupos faunísticos relevantes. Se han detectado hasta 96 familias de invertebrados (Donnaruma, 2014).

La elevada estacionalidad de las plataformas

Desarrollándose en un mar muy estacional, la escasísima profundidad de estas plataformas exagera este efecto, repercutiendo en la estructura y la fisionomía de sus biocenosis (Fig.7) (Lundberg y Olsig-Whittaker, 1998; Terradas-Fernández *et al.*, 2018). Mediciones realizadas por el Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR) en el margen exterior de una plataforma, a un metro de profundidad, han revelado una oscilación anual extrema llegando a temperaturas inferiores a los 12 grados en invierno y superando los 28 grados en verano (Terradas-Fernández *et al.*, 2018). Esta variabilidad térmica es todavía mayor dentro de la plataforma, dónde la columna de agua suele ser de escasos centímetros. Así, en una plataforma con verméticos de la isla de Licos (Mar Tirreno) se registraron temperaturas estivales de hasta 36 °C, a 15 cms de profundidad (Donnaruma, 2014). Posiblemente también, en invierno, estos sistemas alcanzarían valores muy por debajo de los 10 grados (sobre todo durante los episodios de bajamar meteorológica, ver más adelante).

La temperatura no es el único factor condicionante ligado a la estacionalidad. De hecho, parece que el fotoperiodo incluso puede ser más relevante a la hora de explicar la variabilidad estacional en la composición del paisaje algal (Terradas-Fernández *et al.*, 2018). Así, a lo largo del invierno, cuando el fotoperiodo se va incrementando, muchas algas tienden a desarrollarse, como algunas efemero-

fíceas que presentan su óptimo en esta estación (*Scytosiphon lomentaria*, *Mesogloia leveillei*). Algas del orden Dictyotales también empiezan a formar coberturas importantes. Ya en primavera, el dosel algal alcanza su mayor altura y, junto a Dictyotales y Sphacelariales, el orden Fucales (especialmente el género *Cystoseira*) alcanza su máximo desarrollo.

En verano, sin embargo, la elevada radiación solar, la elevada temperatura, la disminución del fotoperiodo y una posible escasez de nutrientes, podrían ser factores que activaran una fase de “decaimiento” ya descrita en otros sistemas someros ibéricos (Niell, 1976; Ballesteros, 1992) y que, en el caso de las plataformas, se correlaciona con una pérdida de diversidad generalizada.

Sin embargo, algunas especies termófilas suelen ser frecuentes durante esta época como *Cladophoropsis membranacea*, *Siphonocladus pusillus*, *Pencililus capitatus*, etc.

Por el contrario, el grupo de algas coralináceas articuladas, en particular el género *Jania*, parece ir a “contracorriente” y, a finales de verano (y durante el otoño), forma “alfombras” que cubren gran parte de la plataforma, e incluso invaden el mediolitoral, dándole un aspecto rosado (Fig. 7).

Perturbaciones naturales y eventos extremos

Dos eventos naturales actúan con cierta intensidad en estos sistemas someros, afectando su estructura y causando mortalidades que repercuten en una pérdida de biomasa. Ambos eventos encajan, por tanto, con el concepto de “perturbación” a pesar de los matices existentes en la bibliografía (Grime, 1977; Steneck y Dethier, 1994; Montefalcone *et al.*, 2011). Nos estamos refiriendo a los fuertes temporales y a los periodos sostenidos de bajamar meteorológica. En ambos casos, además, cuando su intensidad es excepcional y afecta a extensas áreas geográficas, puede hablarse de eventos extremos (Easterling *et al.*, 2000).

Temporales

A pesar de la falta de trabajos que hayan evaluado directamente el impacto que presentan los temporales, parece claro que su acción debe ser relevante y, según predicen algunos modelos de cambio climático, podrían tener una mayor importancia en el futuro (Easterling *et al.*, 2000; Sanz-Lázaro, 2016).

En un estudio realizado en el 2009 acerca del temporal excepcional que afectó a toda la costa catalana (Mateo y García-Rubies., 2010), se observó que aquellos lugares próximos a fondos de arena y

cantos rodados (que podían actuar como agentes de erosión) sufrieron mucho más las consecuencias del temporal. Además, muchas comunidades fueron enterradas por la propia arena. Es probable, por tanto, que el impacto de los temporales no sólo dependa del tipo de comunidad, sino también del tipo de sustrato colindante.

La observación de numerosos restos de arrecifes de verméticos en la costa, incluso de grandes bloques, indica que las fuertes tormentas destruyen parte de la cornisa externa (Antonioli *et al.*, 1999). De hecho, en playas poco intervenidas, donde se conservan los arribazones y detritus litorales, es muy frecuente la observación de estos fragmentos. Potencialmente, una destrucción de las cornisas limitaría el efecto amortiguador de las mismas, afectando a las biocenosis de toda la plataforma y, especialmente, las que necesitan un mayor resguardo del oleaje.

Periodos de “bajamar” meteorológica prolongados

Las plataformas de abrasión, al desarrollarse alrededor del nivel medio de mareas, pueden quedar totalmente emergidas en momentos de bajamar meteorológica (Lundberg y Olsig-Whittaker, 1998; Einav y Israel, 2007). Las macroalgas pueden morir y desaparecer si el episodio es de algunos días (Fig. 7 y 9).

Algunas especies parecen haberse adaptado bien a estas situaciones en donde la exposición aérea es frecuente. Así, por ejemplo, en el caso de *Hypnea musciformis* se ha visto que su tasa fotosintética se multiplica en condiciones de exposición al aire frente a situaciones de inmersión (siempre que mantenga un grado de humectación). Este hecho, parece deberse a su dificultad en la utilización del bicarbonato, la principal fuente de carbono en situaciones de inmersión, frente a su facilidad en la utilización del CO₂ atmosférico (Einav *et al.*, 1995; Einav y Israel, 2007).

Otras especies pueden perder la parte erecta, pero sobreviven gracias al mantenimiento de la parte basal como, por ejemplo, ocurre en el género *Cystoseira* (Fig.9). En cualquier caso, la estrategia incrustante parece la más tolerante a estas presiones, de acuerdo con el modelo propuesto por Steneck y Dethier (1994).

Con la prolongación de la bajamar puede ocurrir un desplazamiento de los horizontes algales, ganando amplitud aquellos dominados por especies más resistentes o, por el contrario, aquellos con especies oportunistas que colonizan el sustrato rápidamente después de la perturbación (Fig.7).

Fig.9. Ejemplo de recuperación del dosel de *Cystoseira* tras un evento severo de bajamar meteorológica durante el invierno. Obsérvense las costras de “resistencia” a partir de las cuales se genera el alga (flechas amarillas de la foto del centro). Las fotos fueron tomadas en la misma placa experimental en las fechas indicadas. Fotografías: Marc Terradas Fernández.



Cambios ligados a las presiones antrópicas

Eutrofización y contaminación

La concentración de actividades humanas cerca del litoral implica una entrada de nutrientes que afecta al estado trófico del sistema. Uno de los primeros efectos es el crecimiento de algas oportunistas, que pueden “ahogar” a la propia bioconstrucción (además de afectar al resto de comunidades algales). En algunos casos, las cornisas de verméticos persisten, pero con importantes discontinuidades. En otros, las plataformas quedan totalmente desprovistas de cornisas y el sistema queda más expuesto al hidrodinamismo. Cuando la eutrofización es severa, la fisionomía y composición del ecosistema cambian por completo (Fig.7).

Aparte de la eutrofización, y generalmente correlacionado con ella, existe el problema de la contaminación. Un caso notablemente visible es el de los hidrocarburos. Las manchas de alquitrán se pegan en la zona de rompiente, justo en el propio hábitat de los verméticos (y de otras muchas especies), enterrando y asfixiando a los distintos organismos. Desgraciadamente, este fenómeno es bien conocido y descrito, formando parte de nuestro paisaje (Lillo-Carpio, 1980; Ramos *et al.*, 2008).

Pisoteo

La accesibilidad a estos paisajes permite que el ciudadano los visite. Es frecuente, por tanto, observar paseantes que recorren los caminos que los bordean. Ocasionalmente, se utilizan las mismas plataformas para realizar los paseos. Este último caso puede constituir una amenaza en periodos y/o localidades donde puedan darse masificaciones. Así, se ha observado una simplificación de las comunidades algales en determinados puntos donde se utilizan las propias plataformas como vías de acceso al baño. En un estudio experimental se demostró que las especies generadoras del dosel son claramente afectadas por el pisoteo (Milazo *et al.*, 2002).

También es muy frecuente la presencia de pescadores que utilizan estas plataformas para pescar. En algunos casos, en busca de cebos, se rompe parte del propio arrecife haciéndolo más frágil ante cualquier perturbación (Ramos *et al.*, 2008).

Artificialización de la costa

La generación de infraestructuras, la regeneración de playas, los vertidos de tierras, alteran la dinámica litoral y el régimen sedimentario. Una mayor carga de sedimento puede bloquear los mecanismos de filtración del vermético e incluso enterrar a toda la comunidad. Así, a lo largo del litoral del Sureste, existen muchos casos de regresión ligada a estas actividades. Esto también parece ocurrir en toda su área de distribución mediterránea (Ramos *et al.*, 2008; Milazo *et al.*, 2016).

Introducción de especies

Existen muchos factores que han ayudado a la proliferación de especies potencialmente invasoras (Galil, 2000): el incremento del transporte marítimo, las recientes vías artificiales de navegación que conectan áreas biogeográficas dispares (como el canal de Suez), la acuariofilia, maricultura, etc. Es famoso el caso de la invasión de *Caulerpa taxifolia*, a partir

de un ejemplar de acuario del Museo Oceanográfico de Mónaco, que provocó una expansión que afectó a gran parte del litoral francés (Meinesz y Hesse, 1991). Sin embargo, los ejemplos son múltiples con muchos casos recientes (Zenetos *et al.*, 2010). En las plataformas de abrasión del Sureste Ibérico, es especialmente relevante el caso de *Caulerpa cylindracea* detectada en el año 2000 (Pena-Martín *et al.*, 2002; Ruiz *et al.*, 2011). Esta alga es frecuente en las plataformas (Terradas-Fernández, 2014; Terradas-Fernández *et al.*, 2018). Parece actuar sinérgicamente con un aumento del grado de eutrofización de las aguas. Así, se ha observado que su cobertura es más elevada en localidades eutrofizadas. También se ha demostrado, experimentalmente, que la adición de nutrientes facilita su desarrollo (Gennaro y Piazzi, 2011).

Otras algas alóctonas no parecen, de momento, generar afectaciones importantes (Terradas Fernández, 2014). Sin embargo, algunas especies vistas con bajas coberturas, como *Acrothamnion preisii*, han invadido varias biocenosis infralitorales (Boudouque y Verlaque, 2002).

En el caso faunístico, la especie lesepiana *Brachidontes pharaonis* parece competir y excluir a *Dendropoma* spp.. Esta especie empieza a dominar algunos de los espacios colonizados previamente por los verméticos, en el Mediterráneo Oriental, y sus poblaciones han llegado hasta Sicilia (Milazo *et al.*, 2016).

La acidificación del mar

Las emisiones de CO₂ causadas, en gran medida, por las actividades humanas producen un aumento de la presión parcial de este gas en las aguas. Esto, se traduce en una acidificación de las aguas marinas. En la práctica, esta acidificación implica una dificultad creciente y preocupante en la capacidad de generar esqueletos calcáreos por parte de muchos organismos bioconstructores (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007; Veron, 2008).

En el caso de los arrecifes de verméticos, se ha demostrado que los valores predichos, acerca del incremento de la acidificación, disminuirían el éxito de reclutamiento del molusco y alterarían la mineralogía del caparazón del propio vermético, facilitando la disolución del mismo (Milazo *et al.*, 2014).

Legislación

A pesar de su singularidad, estos paisajes no presentan ninguna figura de protección específica. Por lo que se refiere a la bioconstrucción en particular, el complejo formado por el vermético principal (todavía incluido bajo el antiguo nombre de *Dendropoma petraeum*), junto a las algas del género *Cystoseira* y las algas calcáreas (*Neogoniolithon brassicaflorida* y *Lithophyllum byssoides*), están incluidos en los anexos de la Convención de Berna y en el anexo II (especies en peligro o amenazadas) del Convenio de Barcelona. El vermético se encuentra en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas. También se ha propuesto incluirlo en los anexos II y IV de la Directiva Europea de Hábitats. Toda la bioconstrucción se ha incorporado en el anexo I como “arrecife” (código 1170) de la misma directiva (<http://www.mapama.gob.es>).

CONSIDERACIONES FINALES

Han pasado ya 30 años desde el trabajo de Laborel (1987), en donde se lamentaba del desconocimiento del patrimonio natural que conforman las bioconstrucciones marinas. En muchos casos, y siguiendo las palabras de Laborel, pueden ser consideradas auténticos “monumentos naturales”.

Los trabajos recientes de Chemello (2009) o de Milazzo y colaboradores (2016) siguen manifestando esta necesidad de dar a conocer, en este caso concreto, las plataformas y bioconstrucciones de verméticos y algas calcáreas. Estas construcciones forman unos paisajes “culturalmente integrados” y aprovechados, desde una perspectiva ociosa, por mucha gente que vive cerca de ellos. ¿Por qué, entonces, un desconocimiento tan abrumador y, a la vez, contradictorio de su existencia?

Pensamos que en parte se debe a un “bombardeo” de noticias alarmistas, muchas veces justificado, debido a las grandes presiones a las que está sometida toda nuestra costa. A pesar de ello, este alarmismo no va acompañado de un explicitación del valor del patrimonio natural del Mar Mediterráneo. La persistencia de la idea de “mar moribundo” provoca una infravaloración del mismo, no sólo por parte del turista, ciudadano, o usuario; sino también por parte del científico y gestor. Queda dificultada así la primera medida necesaria para proteger: conocer.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, J., Belaústegui, Z., Domènech, R., de Gibert, J. M. y Martinell, J. (2014). Snapshot of a lower Pliocene *Dendropoma* reef from Sant Onofre (Baix Ebre Basin, Tarragona, NE Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 395, 9-20.

Antonoli, F., Chemello, R., Improta, S. y Riggio, S. (1999). *Dendropoma* lower intertidal reef formations and their palaeoclimatological significance, NW Sicily. *Marine Geology*, 161(2), 155-170.

Antonoli, F., Presti, V. L., Rovere, A., Ferranti, L., Anzidei, M., Furlani, S. y Spampinato, C. R. (2015). Tidal notches in Mediterranean Sea: a comprehensive analysis. *Quaternary Science Reviews*, 119, 66-84.

Ballesteros, E. (1989). Production of seaweeds in Northwestern Mediterranean marine communities: its relation with environmental factors. *Scientia Marina*, 53(2-3), 357-364.

Ballesteros, E. (1992). *Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució*. Vol. 101. Institut d'Estudis Catalans, 613 p.

Bianchi, C. N., Morri, C., Chiantore, M., Montefalcone, M., Parravicini, V. y Rovere, A. (2012). Mediterranean Sea biodiversity between the legacy from the past and a future of change. In: *Life in the Mediterranean Sea: a look at habitat changes*. New York: Nova Science Publishers, 1-55.

Bosc, E., Bricaud, A. y Antoine, D. (2004). Seasonal and interannual variability in algal biomass and primary production in the Mediterranean Sea, as derived from 4 years of SeaWiFS observations. *Global Biogeochemical Cycles*, 18, 1-17.

Boudouresque, C. F. (2004). Marine biodiversity in the Mediterranean: status of species, populations and communities. *Travaux scientifiques du Parc national de Port-Cros*, 20, 97-146.

Boudouresque, C. F. y Verlaque, M. (2002). Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. *Marine pollution bulletin*, 44(1), 32-38.

Bressan, G., Babbini, L. y Di Canzano, M. C. (2003). Biodiversità marina delle coste italiane: Corallinales del mar mediterraneo: guida alla determinazione. *Biologia Marina Mediterranea*, 10 (Suppl. 2), 1-237.

Calvo M., Templado J. y Penchaszadeh P. E. (1998). Reproductive biology of the gregarious mediterranean vermetid gastropod *Dendropoma petraeum*. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 78, 525-549.

Calvo, M., Alda, F., Oliverio, M., Templado, J. y Machordom, A. (2015). Surviving the Messinian Salinity Crisis? Divergence patterns in the genus *Dendropoma* (Gastropoda: Vermetidae) in the Mediterranean Sea. *Molecular phylogenetics and evolution*, 91, 17-26.

Chappuis, E., Terradas-Fernández, M., Cefali, M., Mariani, S y Ballesteros, E. (2014). Vertical Zonation Is the Main Distribution Pattern of Littoral Assemblages on Rocky Shores at a Regional Scale. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 147, 113-122.

Chemello, R. (2009). Le biocostruzioni marine in Mediterraneo. Lo stato delle conoscenze sui reef a Vermeti. *Biologia Marina Mediterranea*, 16, 2-184.

Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K. y Lasram, F. B. R. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *PloS one*, 5(8), 1-334.

Collado-Vives, L. (1997). Aspectos ecológicos y evolutivos de la arquitectura modular en plantas: perspectivas en algas marinas. *Revista Chilena de Historia Natural*, 70, 23-39.

De Pippo, T. y Donadio, C. (1999). Morphology, genesis and evolution of rockpools along Italian coasts. *Geografia Fisica Dinamica Quaternaria*, 22, 129-141.

Donnarumma, L. (2014). Ecology of Vermetid Reefs. Morphological Features and Associated Fauna. Tesis Doctoral, Università degli Studi di Napoli “Parthenope”, IT.

Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R. y Mearns, L. O. (2000). Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science*, 289(5487), 2068-2074.

Einav, R., Breckle, S. y Beer, S. (1995). Ecophysiological adaptation strategies of some intertidal marine macroalgae of the Israeli Mediterranean coast. *Marine Ecology Progress Series*, 125, 216-228.

Einav, R. y Israel, A. (2007). *Seaweeds on the abrasion platforms of the intertidal zone of eastern Mediterranean shores*. En: *Algae and cyanobacteria in extreme environments*. Seckbach, J. (Ed.). Springer, Netherlands, 193-207.

Figueroa, F. L., Flores-Moya, A., Vergara, J. J., Korbee, N. y Hernández, I. (2014). *Autochthonous Seaweeds*. En: *The Mediterranean Sea*. Springer, Dordrecht, 123-135.

Franzitta, G., Caprucci, E., La Marca, E. C., Milazzo, M. y Chemello, R. (2016). Recruitment patterns in an intertidal species with low dispersal ability: the reef-building *Dendropoma cristatum* (Biondi, 1859) (Mollusca: Gastropoda). *Italian Journal of Zoology*, 83(3), 400-407.

Galil, B. S. (2000). A sea under siege—alien species in the Mediterranean. *Biological Invasions*, 2(2), 177-186.

Gallardo, T., Bárbara, I., Afonso-Carrillo, J., Bermejo, R., Altamirano, M., Gómez Garreta, A., Barceló Martí, M.C., Rull Lluch, J., Ballesteros, E. y De la Rosa, J. (2016). Nueva lista crítica de las algas bentónicas marinas de España. *Algas*, 51, 7-52.

Gennaro, P. y Piazzì, L. (2011). Synergism between two anthropic impacts: *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in-

- vasion and seawater nutrient enrichment. *Marine Ecology Progress Series*, 427, 59-70.
- Gil, R., Zahavi, A. y Einav, R. (2008). Seaweed communities on abrasion platforms along the Neve Yam Island, in the north of Israel. *Israel Journal of Plant Sciences*, 56(1-2), 103-109.
- Gofas, S., Salas, C. y Moreno, D. (2011). *Moluscos marinos de Andalucía*. Universidad de Málaga, Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico, 800p.
- Grime, J. P. (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American naturalist*, 111, 1169-1194.
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Hooten, A. J., Steneck, R. S. y Greenfield, P. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318(5857), 1737-1742.
- Jones, C. G., Lawton, J. H. y Shachak, M. (1994). *Organisms as ecosystem engineers*. En: Ecosystem management. Springer New York, 130-147.
- Laborel, J. (1986). *Vermetid gastropods as sea-level indicators*. En: Sea-Level Research. Springer Dordrecht, 281-310.
- Laborel, J. (1987). Marine Biogenic constructions in the Mediterranean, a review. *Sci.Rep., Port Cros Natl.Park*, 13, 97-126.
- Laborel, J. y Laborel-Deguen, F. (1996). Biological indicators of Holocene sea-level and climatic variations on rocky coasts of tropical and subtropical regions. *Quaternary International*, 31, 53-60.
- Lewis, S. M., Norris, J. N., y Searles, R. B. (1987). The regulation of morphological plasticity in tropical reef algae by herbivory. *Ecology*, 68(3), 636-641.
- Lillo-Carpio, M. (1980). Formas litorales estabilizadas en el límite del País Valenciano y Murcia. *Cuadernos Geografía*, 26, 41-62.
- Lundberg, B. y Olsvig-Whittaker, L. (1998). Patterns of variation in algal communities along the Mediterranean coast, Israel. *Israel journal of plant sciences*, 46(2), 89-99.
- Mannino, A.M. (1992). Studio fitosociologico della vegetazione mesolitorale a Lithophyllum lichenoides Philippi (Rhodophyceae, Corallinales). *Naturalista Siciliano*, Ser. IV, 16, 3-25.
- Mateo, A.M. y García-Rubies, A. (2010). *Impact of an extreme storm on Mediterranean littoral ecosystems*. En: Análisis y seguimiento del impacto ecológico del temporal extremo de Sant Esteve (26/12/08) sobre los ecosistemas litorales del norte del levante español, CSIC, 317 p.
- Meinesz, A. y Hesse, B. (1991). Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. *Oceanologica Acta*, 14(4), 415-426.
- Milazzo, M., Chemello, R., Badalamenti, F., y Riggio, S. (2002). Short-term effect of human trampling on the upper infralittoral macroalgae of Ustica Island MPA (western Mediterranean, Italy). *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 82(05), 745-748.
- Milazzo, M., Rodolfo-Metalpa, R., San Chan, V. B., Fine, M., Alessi, C. y Chemello, R. (2014). Ocean acidification impairs vermetid reef recruitment. *Scientific Reports*, 4, 4189.
- Milazzo, M., Fine, M., La Marca, E. C., Alessi, C. y Chemello, R. (2016). Drawing the Line at Neglected Marine Ecosystems: Ecology of Vermetid Reefs in a Changing Ocean. En: *Marine Animal Forests*. Rossi, S., Bramanti, L., Gori, A., Orejas Saco del Valle, C. (Eds). Springer International Publishing AG, Switzerland, 1-23.
- Montefalcone, M., Parravicini, V. y Bianchi, C.N. (2011). Quantification of coastal ecosystem resilience. En: *Treatise on estuarine and coastal science*. Wolanski, E., McLusky, D.S. (Eds). Academic Press, Waltham, USA, 10, 49-70.
- Niell, F. X. (1976). Estudios sobre la estructura, dinámica y producción del fitobentos intermareal (facies rocosa) de la Ría de Vigo. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona.
- Pena-Martín, C. P.; Fernanz, J. C. C., Villalba, M. B. C. y Poveda, M. S. (2002). *Caulerpa racemosa* (Forssk.) J. Agardh (Caulerpáceae, Chlorophyceae), nueva para la flora de Alicante. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 60 (2), 448-449.
- Pena-Martín, C. P., Garreta, A. G. y Villalba, M. B. C. (2004). Sobre la presencia de *Dictyota mediterranea* (Schiffner) G. Furnari (Dictyotales, Phaeophyceae) en la Península Ibérica. *Acta Botánica Malacitana*, 29, 255-260.
- Pérès, J. M. y Picard, J. (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume*, 31(47), 1-137.
- Ramos-Esplá, A., Vázquez, M. y Izquierdo, A. (2008). *Cartografía de las formaciones de verméticos en la Comunidad Valenciana y evaluación de su estado de conservación*. D.G. Biodiversidad-Generalitat Valenciana, CIMAR-Universidad de Alicante, 120 p.
- Ruiz, J.M., Marín-Guirao, L., Bernardeau-Esteller, J., Ramos-Segura, J., García-Muñoz R y Sandoval-Gil, J.M. (2011). Spread of the invasive alga *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) along the Mediterranean Coast of the Murcia region (SE Spain). *Animal Biodiversity and Conservation*, 34, 1-10.
- Safriel, U. N. (1974). Vermetid gastropods and intertidal reefs in Israel and Bermuda. *Science*, 186(4169), 1113-1115.
- Safriel, U. N. (1975). The role of vermetid gastropods in the formation of Mediterranean and Atlantic reefs. *Oecologia*, 20(1), 85-101.
- Sanz-Lázaro, C. (2016). Climate extremes can drive biological assemblages to early successional stages compared to several mild disturbances. *Scientific reports*, 6, 1-9.
- Schiaparelli, St. y Cattaneo-Vietti, R. (1999). Functional morphology of vermetid feeding-tubes. *Lethaia*, 32 (1), 41-46.
- Silenzi, S., Antonioli, F. y Chemello, R. (2004). A new marker for sea surface temperature trend during the last centuries in temperate areas: Vermetid reef. *Global and Planetary Change*, 40(1), 105-114.
- Spotorno-Oliveira, P., Figueiredo, M. A y Tâmega, F. T. (2015). Coralline algae enhance the settlement of the vermetid gastropod *Dendropoma irregulare* (d'Orbigny, 1842) in the southwestern Atlantic. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 471, 137-145.
- Steneck, R. S. y Dethier, M. N. (1994). A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos*, 69 (3), 476-498.
- Templado, J., Richter, A. y Calvo, M. (2016). Reef building Mediterranean vermetid gastropods: disentangling the *Dendropoma petraeum* species complex. *Mediterranean Marine Science*, 17, 13-31.
- Terradas-Fernández, M. (2014). Caracterización de las fitocenosis de las plataformas de abrasión con verméticos del Sureste Ibérico. MSc Thesis, Universidad de Alicante – Universidad Miguel Hernández, ESP.
- Terradas Fernández, M., Botana Gómez, C., Valverde Urrea, M., Zubcoff, J. y Ramos Esplá, A. (2018). The dynamics of phytobenthos and its main drivers on abrasion platforms with vermetids (Alicante, Southeastern Iberian Peninsula). *Mediterranean Marine Science*, 0, 58-68. doi: <http://dx.doi.org/10.12681/mms.14143>
- Veron, J. E. N. (2008). *A reef in time: the Great Barrier*

Reef from beginning to end. Harvard University Press, 294 p.

Vescogni, A., Bosellini, F.R., Reuter, M. y Brachert., T. (2008). Vermetid reefs and their use as palaeobathymetric markers: New insights from the Late Miocene of the Mediterranean (Southern Italy, Crete). *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, 267(1), 89-101.

Zenetos, A., Gofas, S., Verlaque, M., Inar, ME. y García Raso, JE. (2010). Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European

Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I Spatial distribution. *Mediterranean Marine Science*, 11, 381- 493. ■

Este artículo fue recibido el día 15 de enero de 2018 y aceptado definitivamente para su publicación el 30 de abril de 2018.