

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LOS MACRÓFITOS MARINOS DEL SACO INTERNO Y CAÑOS ADYACENTES DE LA BAHÍA DE CÁDIZ.

Ignacio Hernández, Ricardo Bermejo, José Lucas Pérez-Lloréns y Juan José Vergara

Área de Ecología, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, 11510 Puerto Real.

E-mail: Ignacio.hernandez@uca.es

Resumen

Se presenta un catálogo de 67 macrófitos marinos observados en el saco interno de la bahía de Cádiz y sus caños adyacentes, incluidos en Parque Natural de la Bahía de Cádiz. El saco interno está dominado por praderas de la clorophyta *Caulerpa prolifera* junto con tres especies de angiospermas marinas (*Zostera noltii*, *Z. marina* y *Cymodocea nodosa*). Existe además una flora marina muy poco conocida que varía estacionalmente. Las mayores biomásas de macrófitos marinos se presentan en primavera y verano, especialmente en especies asociadas a las praderas. El presente estudio representa el primer catálogo exhaustivo de las algas de este enclave natural.

Palabras clave

macroalgas, bahía de Cádiz, angiospermas marinas.

Introducción

La bahía de Cádiz está localizada en el oeste del Golfo de Cádiz, aproximadamente entre los 36° 23' y los 36° 37' de latitud Norte y los 6° 8' y los 6° 15' de longitud Oeste. Está dividida en 2 sectores, una bahía externa profunda y una bahía interna somera y rodeada de numerosos caños mareales. Ambas bahías se comunican por el estrecho de Puntales. La bahía interna está protegida por diversas figuras en reconocimiento a sus valores ambientales que incluyen desde las comunidades macrobentónicas de invertebrados a la enorme riqueza ornitológica (Pérez-Hurtado et al. 1997, Rueda et al. 2001). El saco interno está incluido dentro del Parque Natural Bahía de Cádiz, humedal de interés internacional reconocido por el Convenio Ramsar. Por último, los fondos de la bahía interna se han catalogado como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC ES00040), dentro de la Red Natura 2000.

A pesar de este reconocimiento, son escasos los trabajos en los que se ponga de manifiesto la riqueza de la biodiversidad bentónica, especialmente en lo que respecta a las algas (Garrido et al. 1995). Aun no hay un catálogo exhaustivo de la diversidad de invertebrados y mucho menos de los macrófitos marinos. Las praderas de fanerógamas marinas han sido profusamente estudiadas, especialmente las de *Zostera noltii* y *Cymodocea nodosa* (Brun et al. 2003, Peralta et al. 2008). Sin embargo, desde el informe de Muñoz y Sánchez de La Madrid (1994), en el que incluso se aprecian varias identificaciones erróneas, y el estudio descriptivo de Garrido et al. (1995), no ha habido un trabajo científico que describa, al menos someramente las principales especies de macroalgas del Parque Natural. Este déficit de conocimiento se observa en la normativa e información institucional del Parque (Pinilla 2006) por lo que es fundamental el reconocimiento del patrimonio natural ficológico como apoyo para la conservación del ecosistema.

El presente trabajo representa el primer esfuerzo intensivo para la descripción de las principales especies de macrófitos marinos que se realiza en el entorno del saco interno de la bahía de Cádiz.

Material y métodos

Para la realización del inventario se ha procedido a realizar muestreos en distintos puntos del saco interno de la bahía de Cádiz, incluyendo caños adyacentes (Fig. 1). Los muestreos se han realizado en salidas mensuales desde octubre de 2008 hasta abril de 2010, bien en el intermareal (principalmente en el entorno de Santibañez; Fig. 1) o con ayuda de embarcaciones (tipo zodiac o con la embarcación "Bryan" del Departamento de Biología de la Universidad de Cádiz). Se tomaron muestras de macroalgas mediante transectos en el intermareal, tanto transversales como perpendiculares a la línea de costa. En el submareal se recolectaron muestras de manera manual a poca profundidad o mediante draga en zonas más profundas. Las especies se trasladaron al laboratorio para su identificación en el mismo día o al día siguiente. En este caso, se mantuvieron en un ambiente húmedo y frío o en un acuario con aireadores. Para la identificación específica se ha seguido como referencia, además de claves especializadas, la lista de algas mundiales "algae base" (www.algaebase.org). Las especies menos frecuentes, algunas de ellas primeras citas en la provincia, se han enviado para su conservación al herbario MGC de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de Málaga.



Figura 1. Imagen de la bahía de Cádiz, con la localización de las principales zonas muestreadas.

Investigación

Resultados

El catálogo de las especies de macrófitos marinos del saco interno de la bahía de Cádiz es el siguiente:

CHLOROPHYTA

Briopsidales

-*Bryopsis cupressina* J.V. Lamouroux. Escasa. Ejemplares observados en invierno sobre sustrato duro en la zona intermareal.

-*Bryopsis plumosa* (Hudson) C. Agardh. Escasa. Ejemplares observados en invierno sobre sustrato duro en la zona intermareal.

-*Caulerpa prolifera* (Forsskal) J.V. Lamouroux. Especie abundante, perenne, que forma praderas en sedimentos de fondos blandos, de densidad variable (Figura 2), máxima en los meses primaverales, en los que se han estimado densidades de 370 g PS m⁻² (Morris et al. 2009).

-*Codium fragile* (Suringar) Hariot subsp. *fragile*. Ejemplares más abundantes en primavera y verano, sobre sustratos en el submareal poco profundo.

-*Codium tomentosum* Stackhouse. Ocasional en los meses estivales.

-*Codium taylorii* P.C. Silva. Perenne, sobre rocas o restos de redes, a veces flotando. Esta especie requiere confirmación para lo que se analizarán muestras en la Universidad de Galway (Irlanda).

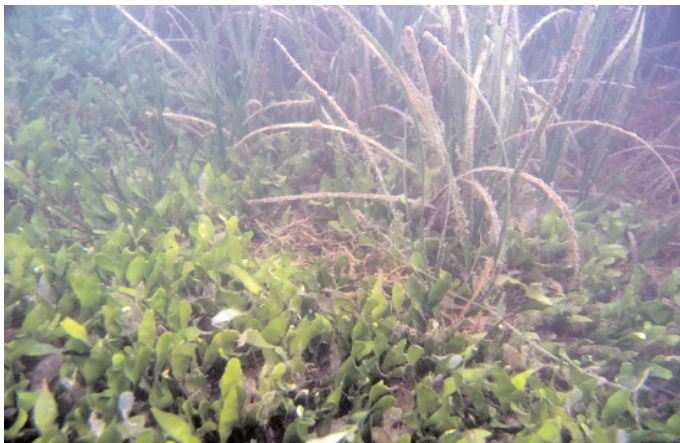


Figura 2. Imagen de una pradera submareal de *Caulerpa prolifera* entremezclada con *Cymodocea nodosa*.

Cladophorales

-*Chaetomorpha linum* (O.F. Müller) Kützing. Ejemplares observados durante todo el año, especialmente en invierno y primavera donde forma proliferaciones flotantes muy abundantes sobre las praderas de *Cymodocea nodosa*.

-*Cladophora laetevirens* (Dillwyn) Kützing. Ejemplares de pequeño porte, generalmente entrelazados en otras especies de macroalgas.

-*Cladophora rupestris* Linnaeus Kützing. Ejemplares observados en invierno. Existen además otros ejemplares de *Cladophora* que no han podido ser identificadas a nivel de especie.

-*Rhizoclonium riparium* (Roth) Harvey. Ejemplares aislados observados generalmente en verano.

Ulvales

-*Blidingia marginata* (J. Agardh) P.J.L. Dangeard ex Bliding. Abundante en el supralitoral durante todo el año, creciendo en los bajos de las embarcaciones varadas.

-*Gayralia oxysperma* (Kützing) K.L. Vinogradova ex Scagel et al. En rocas del supralitoral, generalmente asociado a *Fucus vesiculosus*. Talos de menos de 2 cm observados únicamente en invierno y principios de primavera (Figura 3).

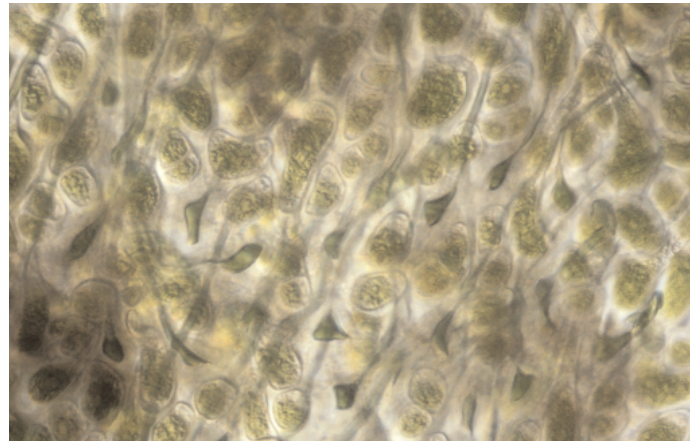


Figura 3. Imagen a microscopía óptica de *Gayralia oxysperma* en la que se observan numerosos rizoides en la parte basal del talo.

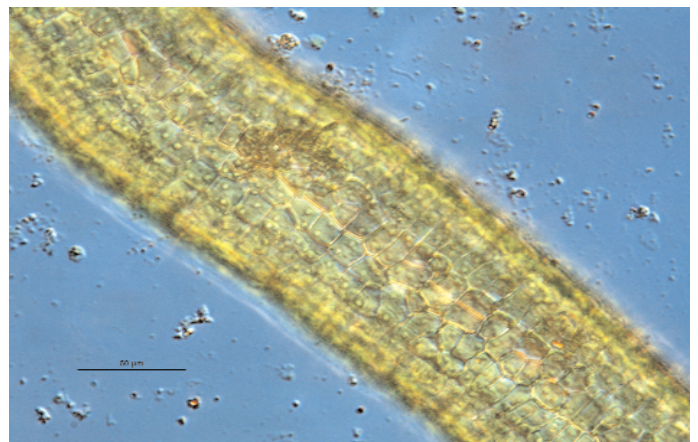


Figura 4. Imagen a microscopía óptica de *Ulva flexuosa*, con los dos pirenoides característicos por célula.

-*Ulva clathrata* (Roth) C. Agardh. Ejemplares flotantes en otoño e invierno.

-*Ulva compressa*. Especie muy similar a *Ulva intestinalis*. Ejemplares observados en el puerto Náutico, en Puerto Real.

-*Ulva flexuosa*. Ejemplares observados en marzo (Figura 4), en la playa de La Cachucha.

-*Ulva intestinalis* Linnaeus. Abundante en todo el saco interior y caños de la bahía.

-*Ulva linza* Linnaeus. Ocasional.

-*Ulva prolifera* O.F. Müller. Perenne. Observada en el intermareal medio y superior, creciendo en cuerdas y creciendo epífita sobre *Fucus vesiculosus*.

-*Ulva rigida* C Agardh. Ejemplares aislados en otoño e invierno, generalmente fijados a sogas y cuerdas.

-*Ulva rotundata* Bliding. Especie muy abundante en primavera y verano, dando lugar a proliferaciones de talos flotantes de gran tamaño.

Siphonocladales

-*Valonia utricularis* (Roth) C. Agardh. Especie perenne, creciendo en rocas dispersas recubiertas de limo.

-*Valonia macrophysa* Kützting. Observada en invierno, formando masas entremezcladas con *V. utricularis*.

HETEROKONTOPHYTA (Phaeophyceae)

Dictyotales

-*Dictyopteris polypodioides* (A.P. De Candolle) J.V. Lamouroux. Forma masas muy abundantes en el submareal poco profundo, especialmente en primavera y principios de verano. Prácticamente ausente en otoño e invierno.

-*Dictyota dichotoma* (Hudson) J.V. Lamouroux. Ejemplares observados durante todo el año, especialmente en primavera y principios de verano.

Ectocarpales

-*Ectocarpus* spp. Ejemplares epilíticos y sobre cuerdas, especialmente en primavera.

-*Hincksia* sp. Ejemplares muy abundantes en primavera, epifitando a *Cymodocea nodosa*. Los ejemplares analizados se asemejaban a *H. onslowensis* (Amsler & Kapraun) P.C. Silva, citada en las Islas Canarias (Gil-Rodríguez et al. 2003), pero se ha de corroborar la especie con mayor seguridad.

Fucales

-*Cystoseira barbata* f. *repens* Zinova & Kalugina. Abundante, especialmente en primavera y verano en el que se observan numerosos aerocistes.

-*Cystoseira usneoides* (Linnaeus) M. Roberts. Escasos ejemplares flotantes observados en primavera, probablemente llevados por la corriente desde el Estrecho de Gibraltar.

-*Fucus vesiculosus* var. *vesiculosus* Linnaeus. Perenne, sobre rocas planas en el supralitoral. Receptáculos conspícuos en primavera (Figura 5).

-*Fucus vesiculosus* var. *volubilis* Goodenough & Woodward. Escasa, ejemplares flotantes observados en marzo. También submareal fijado a cuerdas de embarcaciones.

-*Sargassum vulgare* C. Agardh. Escasa. Ejemplares flotantes observados en primavera y verano.

Sphacelariales

-*Sphacelaria cirrosa* (Roth) C. Agardh. Observada en primavera, sobre el pie de fijación de *Codium fragile*.

Scytosiphonales

-*Colpomenia peregrina* Sauvageau. Observada al fondo del saco interno, en primavera y verano.

-*Colpomenia sinuosa* (Mertens ex Roth) Derbes & Solier. Escasa. Ejemplares sobre piedras observados en invierno.

-*Petalonia fascia* (O.F. Müller) Kuntze. Gametofito Observado en invierno, creciendo sobre cabos y sogas o sobre rocas aisladas.

-*Scytosiphon dotyi* M.J. Wynne. Ejemplares (gametofitos) observados en otoño, con la duda de que se trate de ejemplares pequeños de *S. lomentaria*.

-*Scytosiphon lomentaria* (Lyngbye) Linnaeus. Abundante en invierno, sobre rocas aisladas.



Figura 5. Detalle de *Fucus vesiculosus* var. *vesiculosus*, mostrando numerosos pelos, aeroístes y receptáculos conspícuos

RHODOPHYTA

Bangiales

-*Porphyra linearis* Greville. Observada en invierno, en rocas del nivel supralitoral, generalmente en escolleras, donde llega a ser localmente abundante.

Ceramiales

-*Alsidium corallinum* C. Agardh. Perenne. Abundante en todo el saco interno, entremezclada en fondos dominados por *Cymodocea nodosa* y *Caulerpa prolifera*.

-*Bostrychia scorpioides* (Hudson) Montagne. Abundante en el nivel de marisma media o baja, en los pies de Quenopodiáceas.

-*Ceramium gaditanum* (Clemente) Cremades. Supralitoral, en rocas y escolleras durante el invierno (Figura 6). Existen otras especies del género que requieren determinación.

-*Chondrophycus tenerrimus* (J.J. Cremades) G. Furnari, F. Boisset, M. Cormaci & D. Serio. Perenne, creciendo sobre piedras y superficies artificiales (ruedas de caucho).

-*Herposiphonia secunda* (C. Agardh) Ambronn. Observada en otoño, como epífita de otras algas (Figura 7).

-*Lophosiphonia reptabunda* (Suhr ex Kützting) Kylin. Observada en primavera, en rocas planas bajo el dosel de *Fucus vesiculosus*.

Investigación

-*Osmundea hybrida* (A.P. de Candolle) K.W. Nam. Observada en primavera y verano. Existen al menos dos especies más del género *Osmundea/Laurencia* aún no identificados que han sido enviados a la Universidad de La Laguna (M.C. Gil-Rodríguez) para ayudar a su determinación.

-*Polysiphonia* sp. Epífita sobre otras algas.

-*Rytiphlaea tinctoria* (Clemente y Rubio) C. Agardh. Ejemplares sueltos, generalmente flotantes durante el verano.

-*Spyridia filamentosa* (Wulfen) Harvey. Observada durante todo el año. Los individuos de mayor tamaño se observan en verano, especialmente en el submareal.

Corallinales

-*Jania rubens* (Linnaeus) J.V. Lamouroux. Observada en verano, sobre sogas de embarcaciones varadas y sobre rocas aisladas.

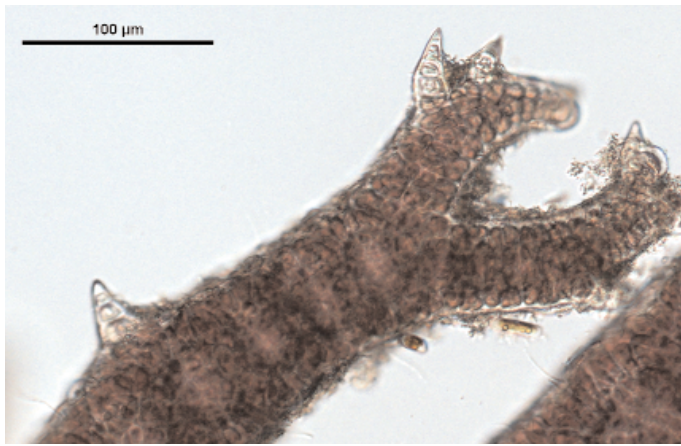


Figura 6. Imagen a microscopía óptica de *Ceramium gaditanum*, mostrando espinas multicelulares cerca del ápice

Gelidiales

-*Gelidium pusillum* (Stackhouse) Le Jolis. Perenne. Formando céspedes en rocas aisladas del intermareal medio y superior.

Gigartinales

-*Caulacanthus ustulatus* (Mertens ex Turner) Kützting. Observada en verano, formando céspedes junto a *Gelidium pusillum*.

-*Chondracanthus acicularis* (Roth) Fredericq. Perenne, formando céspedes en rocas aisladas y creciendo sobre sogas de embarcaciones varadas.

-*Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamouroux. Abundante en otoño, generalmente en sogas de embarcaciones varadas en el intermareal inferior.

-*Hypnea spinella* (C. Agardh) Kützting. Observada en otoño, sobre sogas de embarcaciones en el submareal.

-*Phyllophora heredia* (Clemente) J. Agardh. Ejemplares flotantes en el Bajo de la Cabezuela observados en invierno.

Gracilariales

-*Gracilaria bursa-pastoris* (S.G. Gmelin) P.C. Silva. Abundante en primavera y verano, en los que se observan ejemplares flotantes de gran tamaño o entremezclados en fondos submareales cubiertos por *Cymodocea nodosa* y *Caulerpa prolifera*. La especie, de difícil determinación ha sido corroborada por estudios moleculares llevados a cabo en la Chungnam National University, en Corea, por el Dr. S.M. Boo.

-*Gracilaria gracilis* (Stackhouse) M. Steethoft, L.M. Irvine & W.F. Farnham. Ejemplares sueltos observados en invierno, sobre fondos cubiertos de *Cymodocea nodosa* y *Caulerpa prolifera*.

-*Gracilariopsis longissima* (S.G. Gmelin) M. Steentoft, L.M. Irvine & W.F. Farnham. Perenne. Crece en caños mareales, anclada en piedras en lugares de fuerte corriente. La especie, de difícil determinación ha sido corroborada por estudios moleculares (Gurgel et al. 2003).



Figura 7. Imagen a microscopía óptica de *Herposiphonia secunda* mostrando el ápice recurvado dorsalmente y 8 sifones (4 a cada lado).

Hildenbrandiales

-*Hildenbrandia rubra* (Sommerfelt) Meneghini. Perenne. Tapizando guijarros del intermareal.

Plocamiales

-*Plocamium cartilagineum* (Linnaeus) P.S. Dixon. Ejemplares sobre arenas, en el Bajo de la Cabezuela observados en invierno.

Rhodymeniales

-*Champia parvula* (C. Agardh) Harvey. Ocasional. Epífita de otras algas.

-*Rhodymenia ardissoni* (Kuntze) Feldman. Perenne. Abundante especialmente en primavera en el que se encuentra en masas semiflotantes asociadas a fondos de *Cymodocea nodosa*. Podría tratarse asimismo de *Rhodymenia pseudopalmata* (J.V. Lamouroux) P.C. Silva.

MAGNOLIOPHYTA

Alismatales

-*Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande. Abundante en caños mareales y en esteros abandonados. Además, tanto

la especie *R. drepanensis* Tineo ex Guss y *R. maritima* Linnaeus han sido citadas por diversos autores en los caños de la bahía (www.athos.es).

Potamogetonales

-*Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson. Perenne, forma praderas desde el intermareal inferior hasta el submareal, con variaciones de biomasa estacionales. Se han estimado densidades foliares de hasta 2500 haces m⁻² en primavera o verano (Peralta 2008). Forma praderas mixtas con *Caulerpa prolifera*. Flores y semillas observadas en primavera.

-*Zostera marina* Linnaeus. Perenne aunque difícil de observar en invierno. Existen pequeños rodales poco densos en el intermareal, entre praderas de *Zostera noltii* y *Cymodocea nodosa*. Semillas observadas en abril.

-*Zostera noltii* Hornemann. Perenne, muy abundante en el intermareal medio e inferior, con una dinámica claramente estacional de la biomasa. Se han estimado densidades foliares próximas a 10.000 haces m⁻² en verano (Brun et al. 2003). Flores y semillas observadas en primavera y verano.

Discusión

Desde hace más de un siglo, las costas de Cádiz han llamado la atención por su riqueza ficológica, especialmente sobre sustrato rocoso (González-Fragoso 1886, Seoane-Camba 1965, Garrido et al. 1995). Los muestreos anuales han evidenciado que esta notable biodiversidad se manifiesta en la bahía de Cádiz, pese a tratarse de un sistema de fondos blandos. Esta riqueza de especies es bastante desconocida por las autoridades de gestión del Parque Natural y debería ser objeto de estudios más detallados (Garrido et al. 1995). Si bien es cierto que las angiospermas marinas de la bahía se incluyen en el catálogo florístico de Seoane-Camba (1965) y estudios posteriores se han centrado en la dinámica estacional de las poblaciones (Olivé 2003, Brun et al. 2006), las macroalgas marinas han sido descritas muy superficialmente, con pocos estudios que hayan abordado aspectos ecofisiológicos (ej. Pérez-Lloréns et al. 2004, Morris et al. 2009) o interacciones entre algas y macroinvertebrados (Drake y Arias 1996).

En general se ha observado una mayor biomasa en primavera y verano, en el que puntualmente aparecen proliferaciones de ulváceas, *Chaetomorpha linum* y ectocarpales, muy ligadas al incremento de nutrientes en el agua (Olivé et al., datos no publicados, García-García 2009). En estas estaciones el nivel submareal se encuentra muy recubierto por *Gracilaria bursa-pastoris*, *Cystoseira barbata* f. *repens* o *Ulva rotundata*, claramente dominantes. El mayor número de especies corresponde a la división Rhodophyta, a pesar de la dominancia de fondos blandos en la bahía.

Algunas de las especies que aparecen en el presente catálogo han sido corroboradas, dada su dificultad, por inves-

tigadores de laboratorios extranjeros. Tal es el caso de *Gracilaria longissima*, que se ha identificado a partir de la secuencia del ADN plastidial (rcbL) (Gurgel et al. 2003) o *Gracilaria bursa-pastoris*, en principio adscrita a *G. vermiculophylla*, y que ha sido confirmada por análisis realizados en la Chungnam National University (Corea). Hay otras especies que deben ser confirmadas definitivamente. Es el caso de al menos dos especies de *Laurencia/Osmundea* que se han enviado a la Universidad de La Laguna y *Chondrophycus tenerrimus*, que podría tratarse de la especie *papillosus*. Finalmente, *Codium taylorii* necesita confirmación definitiva, un vez sea analizada tanto en Corea como en Galway (Irlanda). El presente estudio se une a trabajos anteriores que ponen de manifiesto la riqueza biológica pelágica y bentónica de la bahía (Arias y Drake 1994, Rueda et al. 2001, Drake y Arias 2006) pero al mismo tiempo apunta a la necesidad de estudios integrales de índole biológica que amplíen el conocimiento de las comunidades biológicas del Parque Natural.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto Interreg "Gestión medioambiental de zonas laguneras con vocación acuícola" (ECOLAGUNES), del espacio europeo SUDOE (SOE1/P2/F153) y es una contribución al proyecto de excelencia de la Junta de Andalucía "Balance de Carbono en la bahía de Cádiz, intercambio Cádiz: intercambios con el mar abierto, sedimento y atmósfera" (DGITE P06-RNM01637).

Referencias

- Arias AM, Drake P (1994). Structure and production of the benthic macroinvertebrate community in a shallow lagoon system in the Bay of Cadiz. *Marine Ecology Progress Series* 115:151-167.
- Brun FG, Pérez Lloréns JL, Hernández I, Vergara JJ (2003). Patch Distribution and Within-Patch Dynamics of the Seagrass *Zostera noltii* Hornem. in Los Toruños Salt-Marsh, Cádiz Bay, Natural Park, Spain
- Patch distribution and within-patch dynamics of the salt-march, Cádiz Bay, Natural Park, Spain. *Botanica Marina* 46: 513-524.
- Brun FG, Vergara JJ, Peralta G, García-Sánchez MP, Hernández I, Pérez-Lloréns JL (2006). Clonal building, simple growth rules and phyllo-climate as key stops to develop functional-structural seagrass models. *Marine Ecology Progress Series* 323: 133-148.
- Drake P, Arias AM (1996). The effect of epibenthic predators and macroalgal cover on the benthic macroinvertebrate community of a shallow lagoon in the Bay of Cadiz (SW Spain). *Hydrobiologia* 333: 165-180.
- Drake P, Arias AM (2006). Composition and seasonal fluctuations of the ichthyoplankton community in a shallow tidal channel of Cadiz Bay (S.W. Spain). *Journal of Fish Biology* 39: 245-263.
- García-García FC (2009). *Reconstrucción y análisis de la "Serie Establier": 50 años de datos oceanográficos en la bahía de Cádiz*. Tesis de Master. Universidad de Cádiz.
- Garrido JL, Garrido MA, Ruiz JA, Valencia JL, Merino EM, Bejarano A, Fernández MA, Pérez-Lloréns JL (1995). Flora acuática del litoral gaditano. *Quercus* 108: 35-37.
- González-Fragoso R (1886). Plantas marinas de la Provincia de Cádiz.

Investigación

- Anales de la Sociedad Española de Historia Natural* 15: 117-130.
- Gurgel CFD, Liao LM, Fredericq S, Hommersand MH (2003). Systematics of Gracilariopsis (Gracilariales, Rhodophyta) base on rbcL sequence analices and morphological evidence. *Journal of Phycology* 39: 154-171.
- Haroun RJ, Gil-Rodríguez MC, Díaz de Castro J, Prud'homme van Reine WW (2002). A checklist of the marine plants from de Canary Islands (central Eastern Atlantic Ocean) *Botanica Marina* 45: 139-169.
- Morris EP, Peralta G, Benavente J, Freitas R, Rodrigues AM, Quintino V, Álvarez O, Valcarcel-Perez N, Vergara JJ, Hernández I, Pérez-Lloréns JL (2009). *Caulerpa prolifera* stable isotope ratios reveal anthropogenic nutrients within a tidal lagoon. *Marine Ecology Progress Series* 390: 117-128.
- Muñoz JL, Sánchez de Lamadrid A (1994). *El medio físico y biológico en la bahía de Cádiz: saco interior*. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca.
- Olivé I (2003). *Influencia de la proporción de biomasa aérea: subterránea sobre el crecimiento y los balances de carbono en Zostera noltii Hornem*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Cádiz.
- Peralta G, Garcia-Sanchez MP, de los Santos CB, Lara M, Olivé I, Morris EP, Brun FG, Vergara JJ, Hernández, I, Pérez-Lloréns JL 2008. Four years of seasonal monitoring of *Cymodocea nodosa* in Cadiz Bay Natural Park. *8th International Seagrass Biology Workshop ISBW8*. Vancouver, Canada. Book of abstracts 55
- Pérez-Hurtado A, Goss-Custard, JD, García F (1997). The diet of wintering waders in Cádiz Bay, southwest Spain. *Bird Study* 44: 45-52.
- Pérez-Lloréns JL, Brun FG, Andría J, Vergara JJ (2004). Seasonal and tidal variability of environmental carbon related physico-chemical variables and inorganic C acquisition in *Gracilariopsis longissima* and *Enteromorpha intestinalis* from Los Toruños salt marsh (Cádiz Bay, Spain). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 304: 183-201.
- Piñilla R coord. (2006). *PORN/PURG Parque Natural Bahía de Cádiz*. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente.
- Rueda JL, Fernández-Casado M, Salas C, Gofas S (2001). Seasonality in a taxocoenosis of molluscs from soft bottoms in the Bay of Cadiz (southern Spain). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 81: 903-912.
- Seoane-Camba J (1965). Estudios sobre las algas bentónicas en la costa sur de la Península Ibérica (litoral de Cádiz). *Investigaciones Pesqueras* 29: 3-216.

MACROALGAL MARINE INVASIONS: SOME HIGHLIGHTS & KNOWLEDGE GAPS

Francisco Arenas

Laboratorio of Coastal Biodiversity, CIIMAR, Porto, Portugal. E-mail: farenas@ciimar.up.pt

Biological invasions occur when a species enters and spreads into areas beyond its natural range of distribution (Vermeij, 1996). In this contribution I will quickly review some of the most relevant aspects of marine biological invasions, highlighting some of the current gaps in our knowledge.

Vectors of invasion: the arrival of new species

The first stage of any invasion process is the transfer of the organisms to new regions. In the last decades, there has been an increase in the rate of newly detected marine invasions (Bax et al. 2001, Ruiz and Carlton 2003). This increase has been directly related with the expansion and globalization of human activities and the inevitable increase of biotic interchange on regional to global scales (Ruiz et al 1997, Ricciardi 2006). There are numerous human activities causing the movement of thousands of species around the world's oceans. Despite the lack of detailed information on vectors and timing of introduction for most of the marine invasions, shipping and aquaculture are recognized as the largest global vectors for the unintentional transport of marine organisms (Ruiz et al. 2000, Streftaris et al 2005, Worham & Carlton 2005, Minchin 2007).

The invasion pathways of macroalgae is one of the few marine groups that has been reviewed at a global scale. Ribera Siguan (2003) reviewed the introduction pathways of 189 species of algae and other marine plants around the world. When considering only macroalgae and analyzing data from 190 introductions events of 164 species of macroalgae, it was found that 33 % of the introductions where related to aquaculture activities (8 % as intentional

introductions of exploited species and 25 % as unintentional escapes of epibiotic species associated with shellfish transfers). Shipping related activities were the introduction vector in 23 % of the cases (20.5 % as ship fouling and 2.5 % transported in ballast water). Around 12 % of the global introductions of macroalgae are the result of the exchange of species between the Red Sea and the Mediterranean Sea through the Suez Canal (Lessepsian invasions). This high value is not unexpected as the Mediterranean Sea harbours the greatest number of introduced marine species, representing 6.5 % of its known flora. Boudouresque & Verlaque (2002) recently estimated that 28 % of the macroalgae introduced in the Mediterranean Sea are Lessepsian immigrants. Aquaria trade activities were the introduction origin of only one species, the green algae *Caulerpa taxifolia* in the Mediterranean Sea (0.5 % of the total introductions). Despite this low percentage, the ecological impacts of this species make this invasion event as one of the most notorious ones. Research activities are related with 1 % of the introductions. Finally, it was not possible to identify the introduction vector for more than 27 % of the invasion events.

The relative contribution of these vectors to the overall transfer of organisms is highly variable both in space and time. This is probably closely linked to propagule pressure (also called "introduction effort"), which can be a key factor in determining the success of invasions (Lonsdale 1999). Differences in propagule pressure could explain why some introductions are successful and others are not (Lockwood et al. 2005, Colautti et al. 2006).