



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Praderas de fanerógamas marinas en la bahía de Cádiz: conservación y gestión

Autor: Ignacio Hernández Carrero

Institución: Universidad de Cádiz

e-mail: Ignacio.hernandez@uca.es

Otros Autores: Edward Morris, Juan J. Vergara, Carmen B de los Santos, Vanesa González-Ortiz, Beatriz Villazán, Gloria Peralta, Irene Olivé, Fernando G. Brun, Patricia García-Marín, Miguel Lara, J. Lucas Pérez-Lloréns.

RESUMEN

La bahía de Cádiz es un humedal costero protegido por figuras de protección nacionales (Parque Natural) e internacionales (LIC, Convención Ramsar) dada su importancia ecológica. La biodiversidad biológica incluye numerosas especies de macroalgas, invertebrados, peces y aves. Un hecho de singular importancia, y poco conocido por las administraciones públicas, es que en este humedal conviven 3 de las 4 especies de fanerógamas marinas, o más estrictamente angiospermas marinas, de Europa. Las praderas de *Cymodocea nodosa* y *Zostera noltii* junto con escasos rodales de *Zostera marina*, proporcionan numerosos servicios ecológicos que están siendo estudiados por el grupo de Estructura y Dinámica de Ecosistemas Acuáticos de la Universidad de Cádiz. Desde hace 15 años hemos desarrollado proyectos tanto nacionales como internacionales en la bahía con el fin de poner en práctica bases ecológicas para la gestión de estas praderas como parte integrante del ecosistema. Estas herramientas abarcan desde un nivel ecofisiológico muy reduccionista (tasas fotosintéticas, incorporación de nutrientes), hasta un nivel más holista (mapas de cobertura, efecto a gran escala de variables ambientales, utilización de información para la estimación de la calidad ecológica de la masa de agua). Las actuaciones desarrolladas incluyen la consolidación de una red de voluntariado (FAMAR) para la recogida y análisis de la información. El trabajo que se presenta resume la información disponible, con series de datos recogidos y analizados durante la última década, para la gestión de las praderas y el estado de conservación de las mismas. Se incluyen además algunas perspectivas para la gestión.

Palabras Clave: angiospermas marinas, *Cymodocea nodosa*, ecosistemas marinos, seguimiento ambiental, *Zostera marina*, *Zostera noltii*

Introducción

La bahía de Cádiz, fundamentalmente su saco interno, es un humedal costero protegido por figuras nacionales (Parque Natural Bahía de Cádiz) e internacionales (Lugar de Importancia Comunitaria; LIC ES0000140 y ES612009, Zona de Especial Protección para las Aves; ZEPA ES0000140; Red Natura 2000 ES120009; Humedal del Convenio Ramsar). La diversidad biológica incluye numerosas especies de macroalgas (Hernández et al. en prensa), invertebrados (Rueda et al. 2001), peces (Drake y Arias 1991) y, sobre todo, aves (Pérez-Hurtado y Hortas, 1993).

En este espacio natural abundan praderas de fanerógamas marinas o, más estrictamente, angiospermas marinas; plantas vasculares provistas de raíces y flores que han colonizado con gran éxito el medio ambiente marino a partir de ancestros terrestres. Estas especies se reproducen tanto asexual como sexualmente y completan todo su ciclo de vida en el mar.

En la bahía de Cádiz conviven 3 de las 4 especies de fanerógamas marinas europeas: *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson (Alberto et al. 2005), *Zostera marina* L. (Vergara et al., en revisión) y *Z. noltii* Hornem. (Brun et al. 2006a), estando ausente *Posidonia oceanica*, especie endémica del Mediterráneo. Existen otras plantas acuáticas no estrictamente consideradas como fanerógamas marinas que abundan en esteros, canales y lagunas del Parque (*Ruppia cirrhosa* o *R. drepanensis*) que no serán objeto de atención en este trabajo. Las fanerógamas marinas medran en ambientes tipificados en la Directiva Habitat (1110; bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda, 1140; llanuras mareales o 1160; grandes calas y bahías poco profundas) y están protegidas, entre otras causas por la importancia de los servicios ecosistémicos que prestan, como el almacenamiento de carbono o el control de la erosión marina (Duarte 2000). A pesar de su protección (anexos de los Convenios de Berna o Barcelona, Directiva Hábitat o hábitats amenazados de la región IV OSPAR) o su estado de amenaza (véase la Lista Roja 2008 de la flora vascular española editada por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) y de la importancia de los servicios que ofrecen, la biología y distribución de las angiospermas marinas del Parque Natural no es conocida suficientemente por las autoridades ambientales que gestionan dicho espacio protegido. Entre estos servicios cabe destacar el albergar una gran diversidad biológica, servir como zonas de alimento y alevinaje de multitud de especies de interés comercial, frenar la erosión de la costa o reciclar los nutrientes del ecosistema.

Varios componentes del grupo de investigación Ecología y Dinámica de Ecosistemas Acuáticos (EDEA) de la Universidad de Cádiz, en colaboración con grupos de investigación tanto de la propia Universidad de Cádiz como de centros portugueses y holandeses, hemos desarrollado proyectos nacionales e internacionales en la bahía con la finalidad de poner en práctica bases ecológicas para el conocimiento y la gestión de estas praderas como parte integrante del ecosistema. Estas herramientas abarcan desde un nivel ecofisiológico reduccionista (ej. Olivé et al. 2007, Brun et al. 2008), hasta un nivel más sistémico u holista (Brun et al. 2006b, Morris et al. 2009). En conjunto, estas metodologías ayudan por un lado a la conservación de las praderas de angiospermas marinas y por otro permiten la utilización de estas especies en programas de gestión y seguimiento de la calidad de las aguas, como recomienda la Directiva Marco de Agua de la Unión Europea.

En este trabajo se resumen algunos resultados obtenidos durante la última década para el conocimiento de la biología de las tres especies de angiospermas marinas de la bahía

de Cádiz. Se incluyen algunas perspectivas en nuevos campos exploratorios sobre la relevancia de los servicios ambientales que prestan las praderas marinas así como la importancia de algunas variables físicas como la hidrodinámica que incrementen los conocimientos para la adecuada gestión de este importante recurso natural.

Investigación en *Cymodocea nodosa*

Esta especie es objeto de seguimiento desde 2003 gracias a una financiación continua y a la participación de numerosos voluntarios coordinados por la red de voluntariado FAMAR (www.famar.wordpress.com; Olivé et al. 2009). En comparación con otras poblaciones de angiospermas marinas las poblaciones de la bahía de Cádiz parecen tener una dispersión genética muy restringida (Alberto et al. 2005). Se han obtenido series de datos de numerosas variables a nivel de individuo (biometría de las hojas, tasa de crecimiento de los haces, contenido en elementos o compuestos internos) y de población (densidad de haces, biomasa de los compartimentos epigeo e hipogeo, crecimiento o producción foliar en poblaciones intermareales y submareales a distintas profundidades). La biomasa epigea (hojas) sigue un patrón unimodal, con valores máximos hacia el final de la primavera que llegan a superar los 400 g PS m⁻² y valores mínimos invernales (Peralta et al. 2008). La tasa de crecimiento específica presenta asimismo un claro patrón unimodal, con valores máximos en primavera que alcanzan tasas de 0,01 g PS haz⁻¹ día⁻¹ en los rodales de mayor profundidad. A partir de las variables anteriores se han obtenido estimaciones estacionales de producción (figura 1), que muestran por lógica un comportamiento netamente estacional. Las estimaciones revelan que, en los últimos años, la producción foliar de *C. nodosa* está sufriendo un incremento paulatino. Este incremento se ha descrito anteriormente también para la concentración de clorofila en el agua, algo que puede estar en parte relacionado con el lento incremento de la temperatura del agua de la bahía (García-García 2009). No obstante, las funciones de control involucradas en esta tendencia necesitan un análisis más detallado.

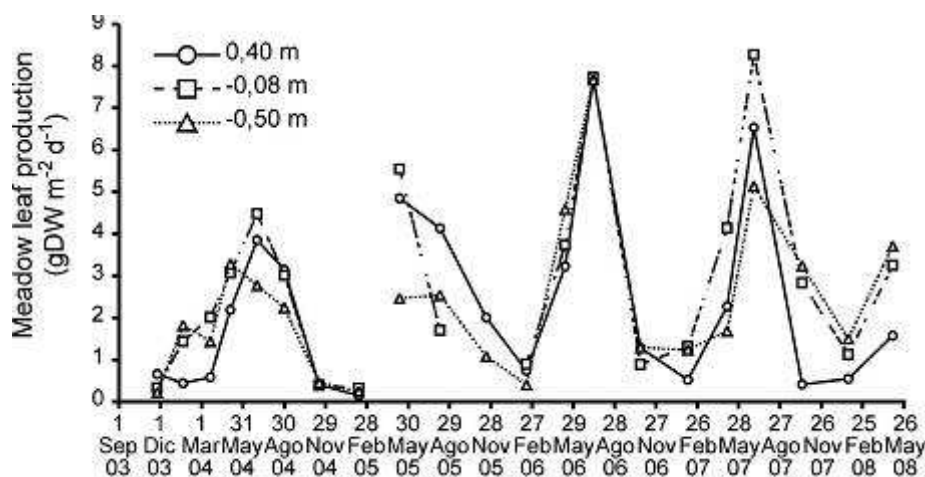


Figura 1. Evolución de la producción foliar de *Cymodocea nodosa* en el saco interno de la bahía de Cádiz. Los símbolos indican la profundidad con respecto al cero hidrográfico a la que se encuentran las estaciones de muestreo.

Un aspecto relevante investigado es el papel que ejercen las praderas de *C. nodosa* como auténticos ingenieros de ecosistema en las zonas más someras de la bahía, al ser capaces de modificar el ambiente hidrodinámico que condiciona su desarrollo. Se ha podido estudiar *in situ* cómo la disposición en forma de rodales genera singularidades en los patrones espaciales de turbulencia en las praderas, con posibles implicaciones para el control físico de la ecofisiología de la especie (Lara et al. 2008). Este aspecto es clave para entender además el funcionamiento de las comunidades asociadas, máxime teniendo en cuenta que las velocidades de corriente en las praderas pueden ser muy bajas, lo que hace suponer que los procesos biológicos están fuertemente limitados por la hidrodinámica. En esta línea se ha evaluado el papel de las praderas de *C. nodosa* y *Z. noltii* en la tasa de ingesta de algunos invertebrados filtradores (Brun et al. 2009). En comparación con sedimentos sin vegetación, la disminución de la hidrodinámica en las praderas permite una mayor disponibilidad de alimento en este ambiente, lo que a su vez favorece la tasa de ingesta en las poblaciones de berberechos (*Cerastodema edule*). Este resultado tan interesante tiene claras implicaciones sobre la gestión de los recursos vivos en la bahía.

Investigación en *Zostera marina*

Esta especie por el momento ha sido poco estudiada en la bahía de Cádiz, dado su reciente “redescubrimiento” (Vergara et al. en revisión) y las bajas densidades observadas, lo que dificulta la recopilación de datos de campo. Recientemente se ha comprobado que los pliegos de *Z. marina* procedentes de la bahía de Cádiz guardados en el herbario de la Universidad de Barcelona desde 1959 eran en realidad ejemplares de *Cymodocea nodosa*, sin que posteriormente haya habido citas que confirmaran la presencia de *Z. marina* en la bahía. Sin embargo, recientemente se ha confirmado la presencia de rodales aislados y fructificados de *Z. marina* fructificados en el saco interno de la bahía, formando una distribución dispersa de manchas poco densas (menos de 100 haces m⁻²). Este descubrimiento abre el interrogante de una presencia anterior no detectada, una reciente colonización desde praderas más o menos cercanas mediante un vector de transmisión (corrientes marinas, embarcaciones, etc.) o una colonización a partir de cultivos de bivalvos provenientes del norte de Francia (Vergara et al., sometido). Esta última posibilidad parece sin embargo poco probable dado que los estudios genéticos realizados muestran una similitud de los ejemplares de la bahía de Cádiz con las poblaciones del sur de Portugal (Onno Diekman, comunicación personal).

Investigación en *Zostera noltii*

Zostera noltii ha sido la fanerógama de la bahía en la que se ha realizado un mayor número de estudios. Se han llevado a cabo investigaciones de corte ecofisiológico para tipificar el patrón de crecimiento de la especie frente a la irradiancia (Peralta et al. 2002) y el requerimiento mínimo de luz para un crecimiento neto de los haces foliares (0,8 mol fotones m⁻² día⁻¹). Además, se ha demostrado que el patrón de crecimiento de los haces es dependiente de la dosis lumínica (Peralta et al. 2002).

Por otro lado, se ha constatado el efecto inhibitorio para el crecimiento que provocan concentraciones altas de amonio en el agua de mar y el efecto mitigador que juega el fosfato (Brun et al. 2002, 2008). En todos estos estudios se ha puesto de manifiesto el papel de las reservas de carbohidratos (sacarosa y almidón) en la movilización de carbono para el crecimiento bajo condiciones de estrés, ya sea por déficit de luz o exceso de nutrientes. En conjunto, la respuesta de *Z. noltii* frente a la reducción de luz se coordina a nivel de toda la planta, con cambios en diversas rutas metabólicas (inducción de enzimas proteolíticas y efecto sobre la síntesis y degradación de carbohidratos) debido al déficit de carbono (Brun et al. 2003a).

Recientemente se ha analizado el efecto de la hidrodinámica sobre la morfología de *Z. noltii* en estudios realizados en tanques de flujo. Así, en casos en los que se estima una fuerte velocidad de la corriente, las plantas muestran un mayor crecimiento de las partes subterráneas y unas hojas de pequeño tamaño (de los Santos et al. 2009). La hidrodinámica no solo afecta la morfología, sino a las tasas de incorporación de nutrientes de las plantas dentro de la pradera (Morris et al. 2008). Otra variable que influye en las tasas de crecimiento de esta especie es la concentración de materia orgánica en el sedimento, que llega a inhibir el crecimiento incluso con un suministro suficiente de luz (Olivé et al. 2009). Finalmente, hemos empezado a investigar la concentración de productos naturales (flavonas y ácido rosmarínico) tanto en *Z. noltii* como en el resto de especies, detectándose variaciones interespecíficas, estacionales e incluso locales en *Z. noltii* (Suárez 2010), lo que subraya la existencia de procesos de adaptación o aclimatación en las angiospermas marinas de la bahía de Cádiz.

Los estudios a nivel de población han abordado el patrón de crecimiento a partir del análisis de la organización del primordio (Brun et al. 2006a). Los haces de *Z. noltii* están organizados según una repetición sucesiva de una unidad estructural y funcional; el fitómero, conformado por el primordio del haz, un nudo, un entrenudo, la raíz, la vaina y la hoja (figura 2), de manera similar a lo que ocurre en las especies herbáceas terrestres. El desarrollo y disposición de este primordio tiene unas implicaciones evidentes en la estrategia de colonización del espacio que llevan a cabo las praderas de angiospermas marinas (Brun et al. 2006b).

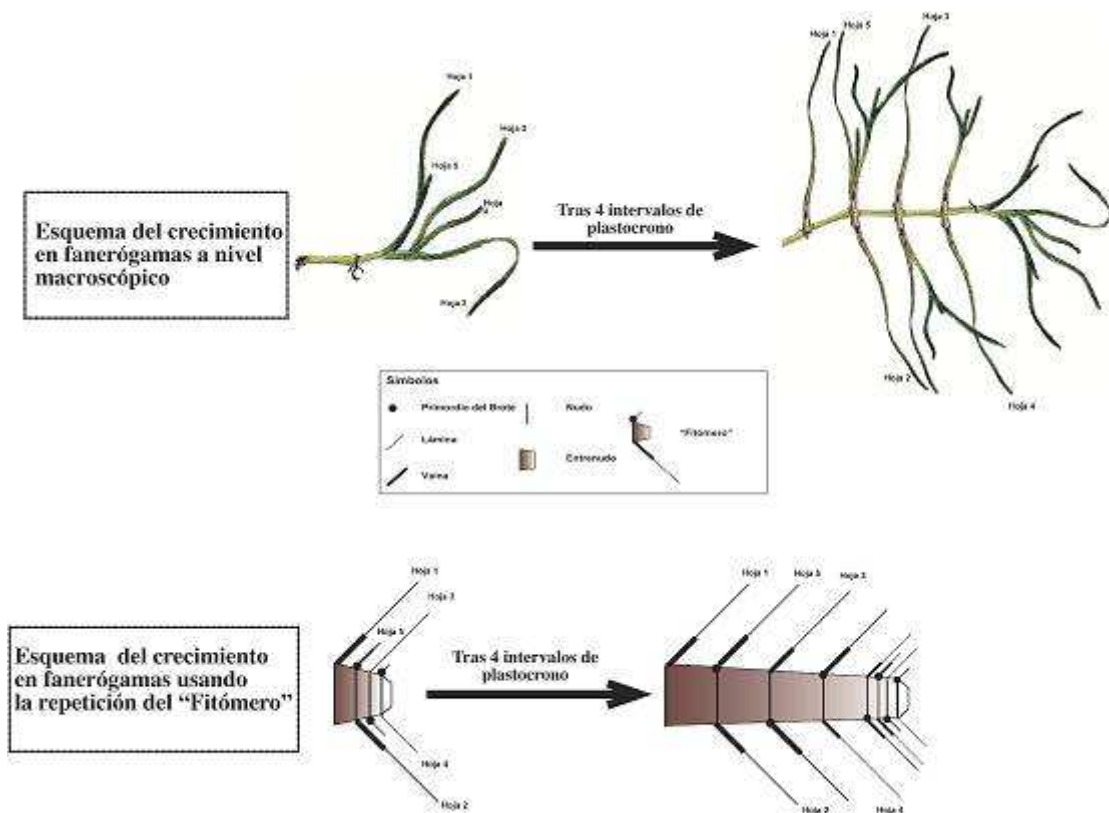


Figura 2. *Zostera noltii*. Esquema del modelo de crecimiento y de un fitómero con sus partes constituyentes. Modificado de Brun et al. 2006a

Los rodales de *Z. noltii* están conformados por un conjunto de clones de diferentes tamaños (hasta 208 haces y una superficie de planta de 4300 cm² por clon; Brun et al. 2007). La biomasa se distribuye entre un compartimento hipogeo y un compartimento epigeo en el que coexisten distintos tipos de haces (apicales, iniciales y laterales), tanto en la parte central del rodal como en las zonas exteriores que colonizan áreas nuevas de sedimento (Brun et al. 2003b). Esta disposición espacial tiene implicaciones en los flujos de agua en el borde o centro de la pradera, lo que se traduce en mayores tasas de incorporación de nutrientes en las zonas exteriores y, por lo tanto, en una mayor eficiencia de incorporación de nutrientes cuando las praderas presentan una configuración espacial en rodales *versus* praderas homogéneas (Morris et al. 2008).

Las investigaciones realizadas han demostrado variaciones estacionales de producción tanto en la biomasa aérea como en la subterránea (Brun et al. 2003b). Los valores anuales de producción total superan el Kg C m⁻², con un reparto equitativo en el compartimento epigeo (hojas) y el hipogeo (rizomas y raíces). Extrapolando los valores de producción a la superficie ocupada de la bahía, y considerando el porcentaje de carbono enterrado en el sedimento, las estimaciones iniciales arrojan cifras nada despreciables, en torno a 500 T de carbono secuestradas en los sedimentos de la bahía (datos no publicados). Además, la relación entre la biomasa de ambos compartimentos influye a su vez en las tasas fotosintéticas y en los futuros patrones de crecimiento de la

especie (Olivé et al. 2007). En zonas sometidas a altas tasas de sedimentación los rizomas de *Z. noltii* pueden experimentar incluso un crecimiento vertical, con tasas que son la mitad del crecimiento horizontal observado para esta especie (Brun et al. 2005).

Con la información recopilada sobre los patrones de crecimiento, tipos de haces y variables controladoras de la producción se ha implementado un modelo numérico determinista (Brun et al. 2006b). Lo interesante de este modelo, con una clara aplicación para la gestión, es que se retroalimenta a sí mismo (figura 3) para llegar a soluciones finales de diseño del rodal de acuerdo a cómo evolucionen las diferentes variables.

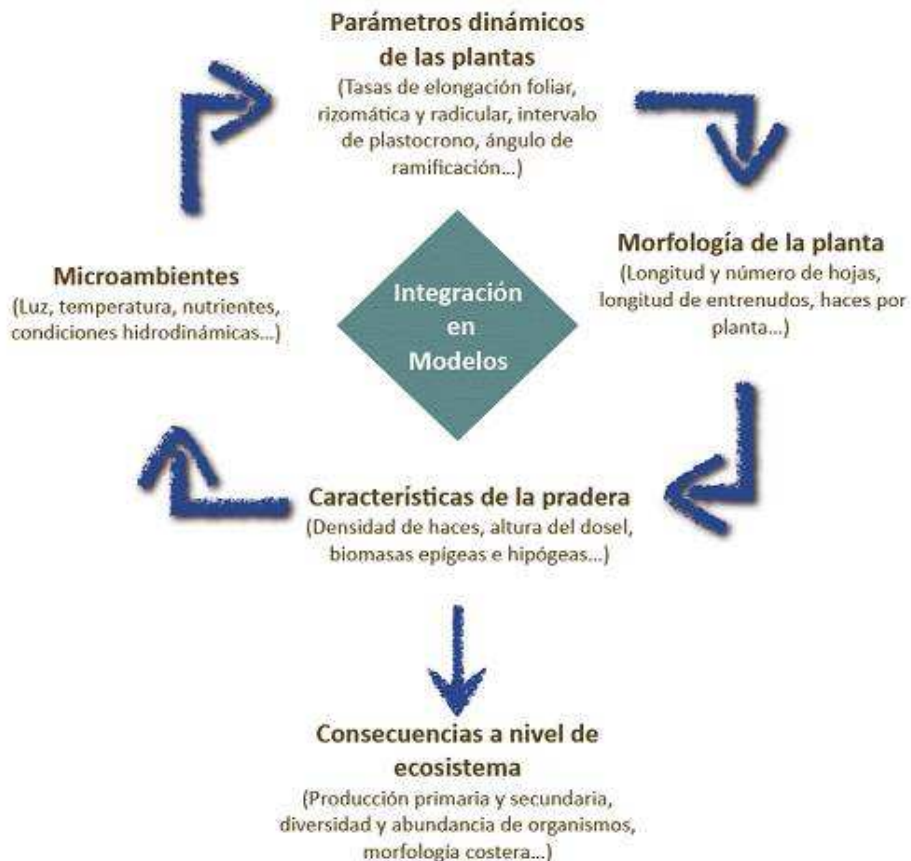


Figura 3. Esquema que muestra cómo un modelo complejo sobre la estructura y función de las angiospermas marinas puede construirse a partir de reglas simples del crecimiento de los módulos, variables dinámicas de la planta y retroalimentaciones entre elementos bióticos y abióticos: 1) el microclima en el dosel regula los parámetros dinámicos de la planta en el entorno del módulo; 2) los parámetros dinámicos de la planta conforman la morfología de la planta; 3) la morfología final de la planta y los atributos de la pradera son el resultado de la suma de la respuesta de los diferentes módulos y 4) los atributos heterogéneos de la pradera modifican el microclima del dosel, lo que a su vez influye en los parámetros dinámicos de la planta (modificado de Brun et al. 2006b).

Los estudios desarrollados en las praderas de *Z. noltii* y *C. nodosa* ha puesto de manifiesto el claro papel que juegan ambas especies como ingenieros del ecosistema dado que al alterar las condiciones hidrodinámicas a nivel local, favorecen una mayor densidad de invertebrados bentónicos (González-Ortiz 2009) y una mayor tasa de filtración estimada en *Cerastodema edule* como especie de referencia (Brun et al. 2009).

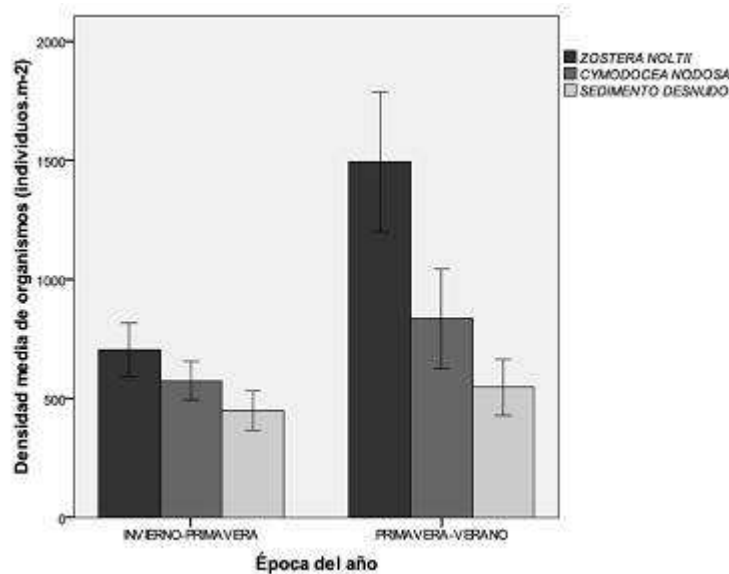


Figura 4. Densidad media de invertebrados bentónicos en praderas de *Zostera noltii*, *Cymodocea nodosa* y sedimentos sin vegetación en dos épocas del año. Tomado de González-Ortiz (2009).

Perspectivas futuras en la gestión de las praderas de angiospermas marinas

Actualmente se dispone de un mapa preliminar bastante detallado de la distribución de las angiospermas marinas de la bahía (figura 5). Este mapa de distribución se ha obtenido a partir del tratamiento de imágenes del satélite *QuickBird*, el cálculo de la reflectancia *in situ* de las poblaciones de macrófitos marinos del saco interno de la bahía y la corrección de la atenuación de la luz en el agua (Gómez-Ordóñez 2008, de Oliveira 2009). Las mejoras futuras en esta técnica de análisis permitirán el estudio de los cambios en la distribución de las praderas de angiospermas marinas en la bahía, con lo que la teledetección se muestra como una herramienta útil y eficaz para realizar mapas de distribución de los macrófitos bentónicos en sistemas mareales.

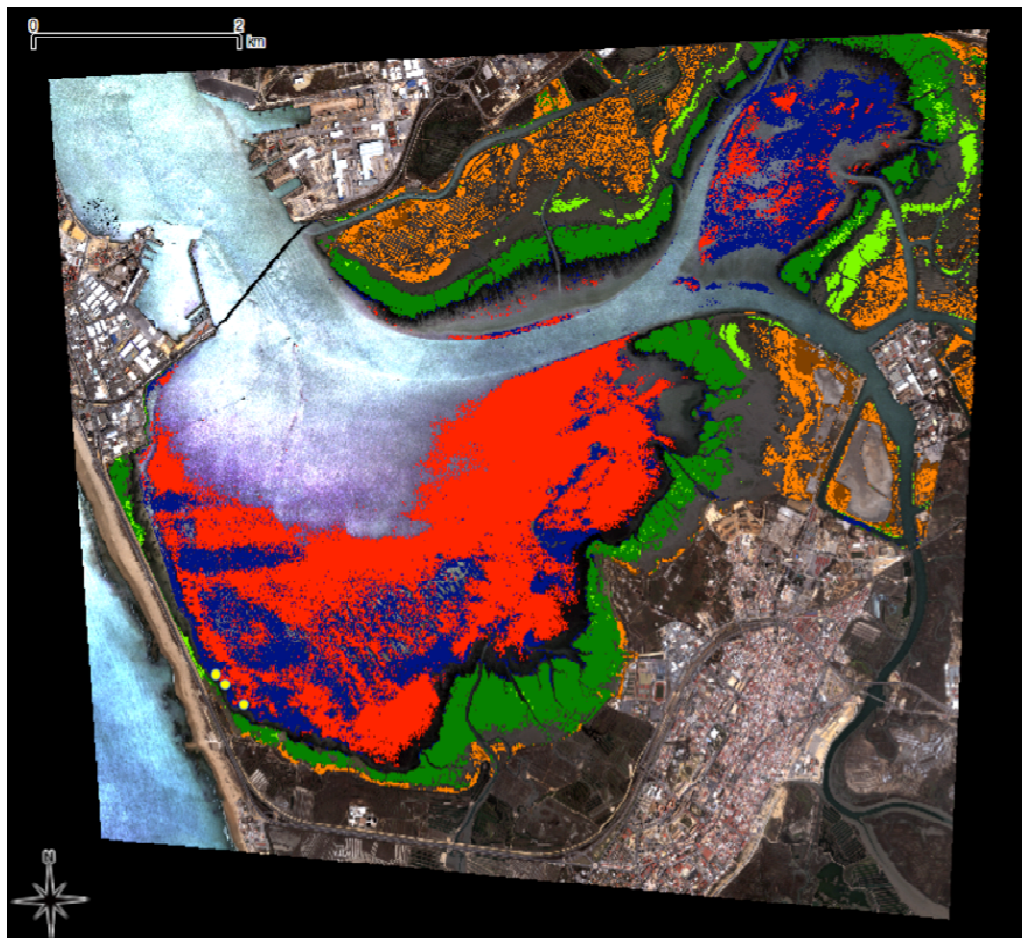


Figura 5. Mapa predictivo de la distribución de los principales macrófitos en la bahía de Cádiz. Rojo: *Caulerpa prolifera* (Chlorophyta); azul: *Cymodocea nodosa*; verde oscuro: *Zostera noltii*; verde claro: ulváceas (Chlorophyta); naranja: quenopodiáceas de marisma. Tomado de González-Ordóñez (2008). Los puntos amarillos se han añadido sobre la imagen y representan las escasas manchas de *Zostera marina*.

Durante los próximos años se consolidará la red de seguimiento FAMAR como esfuerzo de vigilancia ambiental, garantizando su continuidad a medio plazo a través de ayudas públicas y la colaboración de la Universidad de Cádiz y la oficina del Parque Natural Bahía de Cádiz. El objetivo es continuar la recogida de información de las praderas de manera similar a otras redes de seguimiento de referencia, como la red *Seagrass Net* (Short et al. 2008). Este seguimiento permitirá comparar los resultados obtenidos en las praderas de la bahía de Cádiz con otras localidades de referencia y mejorar las técnicas y metodologías aplicadas. En la red FAMAR han participado ya más de 100 voluntarios, con un equipo organizativo que trabaja en la edición de material de difusión (cuadernos, manuales) y actividades formativas (seminarios, talleres) destinados a diferentes poblaciones diana, que incluyen investigadores y técnicos de la administración pública, estudiantes de diferentes niveles (desde primaria a universidad), y usuarios de las zonas de praderas submarinas, como son mariscadores, pescadores, bañistas o deportistas (Ramírez et al. en este mismo número).

La aplicación de las herramientas utilizadas en el estudio de las praderas y los resultados obtenidos en los trabajos anteriormente citados permitirá la aplicación efectiva de las mismas en la utilización de fanerógamas marinas como elementos de calidad biológica de cara a la aplicación de la Directiva Marco de Agua. El empleo de las fanerógamas marinas como bioindicadores es esencial en la gestión de este espacio natural ya que permitirá una valoración consolidada de la calidad ecológica del agua de la bahía, englobada como masa de agua costera. Para ello hemos comenzado a diseñar un indicador (SISIP; Seagrass Indicator for South Iberian Peninsula) utilizando elementos de las especies de angiospermas marinas (Hernández et al. en prensa). El indicador se basa en el desarrollado para la angiosperma mediterránea *Posidonia oceanica* (POMI; Romero et al. 2007). Estos elementos se agrupan en distintos niveles: ecofisiológico (ej. reservas de carbohidratos solubles), nivel de individuo (ej. superficie foliar por haz), nivel poblacional (ej. cobertura) o nivel de comunidad (ej. cantidad de epífitos). El estudio de la serie de datos permitirá estimar cambios en el valor del indicador y compararlo con condiciones de referencia para las especies en otros puntos del litoral atlántico o mediterráneo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la aportación científica y financiera de los proyectos ECOLAGUNES del programa europeo Interreg del espacio SUDOE (SOE1/P2/F153), IMACHYDRO, del Ministerio de Ciencia e Innovación (CTM2008-00012/MAR) y los proyectos de excelencia de la Junta de Andalucía FUNDIV (P07-RNM-02516). PAMBIO (P08-RNM-03783) y BAHÍA (P06-RNM01637).

Referencias

- 1 Alberto F, Gouveia L, Arnaud-Haond S, Pérez-Lloréns JL, Duarte CM, Serrao EA (2005). Within-population spatial genetic structure, neighbourhood size and clonal subrange in the seagrass *Cymodocea nodosa*. *Molecular Ecology* 14: 2669-2681.
- 2 Brun FG, Cummaudo F, Olivé I, Vergara JJ, Pérez-Lloréns JL (2007). Clonal extent, apical dominante and networking features in the phalanx angiosperm *Zostera noltii* Hornem. *Mar. Biol.* 151: 1917-1927.
- Brun FG, Hernández I, Vergara JJ, Peralta G, Pérez-Lloréns JL (2002). Assessing the toxicity of ammonium pulses to the survival and growth of *Zostera noltii* Hornem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 225: 177-187.
- Brun FG, Hernández I, Vergara JJ, Pérez-Lloréns JL (2003a). Growth, carbon allocation and proteolytic activities in the seagrass *Zostera noltii* shaded by *Ulva* canopies.
- Brun F, Olivé I, Malta E, Vergara JJ, Hernández I, Pérez-Lloréns JL (2008). Increased vulnerability of *Zostera noltii* to stress caused by low light and ammonium under phosphate deficiency. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 365: 67-75.
- Brun FG, Pérez-Lloréns JL, Hernández I, Vergara JJ (2003b). Patch distribution and within-patch dynamics of the seagrass *Zostera noltii* Hornem. in Los Toruños salt-marsh, Cadiz Bay Natural Park, Spain. *Bot. Mar.* 46: 513-524.
- 3 Brun FG, Pérez-Pastor A, Hernández I, Vergara JJ, Pérez-Lloréns JL (2006a). Shoot organization in the seagrass *Zostera noltii*: implications for space occupation and plan structure. *Helgol. Mar. Res.* 60: 59-69.

- 4 Brun FG, van Zetten E, Cacabelos E, Bouma TJ (2009). Role of two contrasting ecosystem engineers (*Zostera noltii* and *Cymodocea nodosa*) on the food intake rate of *Cerastodema edule*. *Helgol. Mar. Res.* 63: 19-25.
- 5 Brun FG, Vergara JJ, Hernández I, Pérez-Lloréns JL (2005). Evidence for vertical growth in *Zostera noltii* Hornem. *Bot. Mar.* 48: 446-450.
- Brun FG, Vergara JJ, Peralta G, García-Sánchez MP, Hernández I, Pérez-Lloréns JL (2006b). Clonal building, simple growth rules and phylloclimate as key steps to develop functional-structural seagrass models. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 323: 133-148
- De los Santos CB, Brun FG, Bouma TJ, Vergara JJ, Pérez-Lloréns JL (2009). Acclimation of seagrass *Zostera noltii* to co-occurring hydrodynamic and light stresses. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 398: 127-135.
- De Oliveira D. R. P. (2009). Teledetección de hábitats bentónicos en la bahía de Cádiz, España. Tesis de Master. Universidad de Cádiz, 44 pp.
- 6 Drake P, Arias AM (1991b). Composition and seasonal fluctuations of the ichthyoplankton community in a shallow tidal channel of Cadiz Bay. *J. Fish Biol.* 39: 245-263.
- Duarte CM (2000). Marine biodiversity and ecosistema services: an elusive link. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 250: 117-131
- García-García F (2009). Reconstrucción y análisis de la "Serie Establier": 50 años de datos oceanográficos en la bahía de Cádiz. Tesis de Master. Universidad de Cádiz.
- González-Ordóñez E (2008). Propiedades ópticas y teledetección de macrófitos marinos en la bahía de Cádiz, España. Tesis de Master. Universidad de Cádiz, 33p.
- González-Ortiz V (2009). Las fanerógamas marinas como islas de diversidad en el sistema litoral: un caso de estudio en el Parque Natural Bahía de Cádiz. Tesis de Master, Universidad de Cádiz, 56 pp.
- Hernández I Bermejo R Pérez-Lloréns JL, Vergara JJ (2010). Contribución al conocimiento de los macrófitos marinos del saco interno y caños adyacentes de la bahía de Cádiz. *Algas* 43: 11-16.
- Hernández I, Bermejo R, García-Marin P, Brun FG, Vergara JJ (en prensa). Marine macrophytes and the Water Framework Directive: Preliminary studies in Southern Spain. *Ambientalia*.
- Lara M, Peralta G, Benavente J, Hendricks I, Brun FG, Morris EP, Bouma T, Van Engelen T, Perez-Llorens JL (2008). Hydrodynamic 'edge effects' within a *Cymodocea nodosa* patch. Resúmenes del 8th International Seagrass Biology Workshop ISBW8: 45. Vancouver, Canadá.
- Morris E, Peralta G, Benavente J, Freitas R, Rodrigues AM, Quintino Q, Álvarez O, Hernández I, Vergara JJ, Pérez-Lloréns JL (2009). *Caulerpa prolifera* stable isotope ratios reveal strong environmental gradients within a shallow tidal lagoon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 390: 117-128.
- Morris EP, Peralta G, Brun FG, van Duren L, Bouma TJ, Pérez-Lloréns JL (2008). Interaction between hydrodynamics and seagrass canopy structure: Spatially explicit effects on ammonium uptake rates. *Limnol. Oceanogr.* 53: 1531-1539.
- Olivé I, Brun FG, Vergara JJ, Pérez-Lloréns JL (2007). Effects of light and biomass partitioning on growth, photosynthesis and carbohydrate content of the seagrass *Zostera noltii* Hornem. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 345: 90-100.
- Olivé I, García-Sánchez MP, Brun FG, Vergara JJ, Pérez-Lloréns JL (2009b). Interactions of light and organic matter under contrasting resource simulated environments: the importance of clonal traits in the seagrass *Zostera noltii*. *Hydrobiologia* 629: 199-208.

- Olivé I, de los Santos CB, Lara M, Peralta G, García-Sánchez MP, Morris EP, Brun FG, Ramírez C, Navarrete A, Hernández I, Pérez-Lloréns JL, Vergara JJ (2009b). Voluntariado ambiental para el seguimiento de fanerógamas marinas. *Ambientalia* 1: 18-27.
- 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. *Resúmenes del 8th International Seagrass Biology Workshop ISBW8*: 55. Vancouver, Canadá.
- Peralta G, Pérez-Lloréns JL, Hernández I, Vergara JJ (2002). Effects of light availability on growth, architecture and nutrient content of the seagrass *Zostera noltii* Hornem. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 269: 9-26.
- Pérez-Hurtado A, Hortas F (1993). Feeding activity of wintering shorebirds in salines and extensive fishfarm of Cadiz Bay (Southern Spain). *Doñana Acta Vertebrata* 20: 103-123.
- Ramírez MC, de los Santos CB, Navarrete A, Vergara JJ (2010). Un programa de voluntariado para implicar a la sociedad en la protección de las praderas marinas en la bahía de Cádiz.
- Romero J, Martínez-Crego B, Alcoverro T, Pérez M (2007). A multivariate index based on the seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal Waters under the water Framework directive (WFD). *Mar. Poll. Bull.* 55: 196-204.
- 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). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 81: 903-912.
- Short FT, McKenzie LJ, Coles RG, Vidler KP, Gaeckle JL (2008). *SeagrassNet. Manual for scientific monitoring of seagrass habitat.* University of New Hampshire Publication, 75 pp.
- Suárez R (2010). Inter and intra specific variability in the production of natural products by marine angiosperms and their ecological significance. Tesis de Master. Universidad de Cádiz, 82 pp.