

Diversidad de angiospermas marinas en la bahía de Cádiz: redescubriendo a *Zostera marina*.

Fernando G. Brun*, Juan J. Vergara, José Lucas Pérez-Lloréns, Carmen Ramírez, Edward P. Morris, Gloria Peralta e Ignacio Hernández.

Departamento de Biología. Área de Ecología, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Campus de Excelencia Internacional del Mar (CEI-MAR), 11510, Puerto Real, Cádiz, Spain.

*fernando.brun@uca.es

RESUMEN

Se localizaron nuevas poblaciones de la angiosperma marina Zostera marina en el saco interno de la bahía de Cádiz, lo que lleva a revisar las citas originales de la presencia de dicha especie en esta zona. Zostera marina fue ya citada en el siglo XIX en la provincia, y 80 años después el fitólogo español Seoane-Camba situó a Z. marina y Z. nana (Z. noltei Hornem.) en la bahía de Cádiz. Debido a estas citas iniciales, diversos trabajos posteriores han seguido citando a dichas especies en la bahía de Cádiz. Sin embargo, la experiencia atesorada por nuestro grupo de investigación y por el programa de educación y voluntariado ambiental FAMAR muestra que los macrófitos marinos existentes en los fondos de la bahía de Cádiz son Cymodocea nodosa, Z. noltei y la macroalga enraizante Caulerpa prolifera, sin que se tuviera constancia de la existencia de Z. marina hasta 2006. Esto ha llevado a un nuevo examen de los especímenes conservados en los pliegos históricos que citaban dicha especie en la bahía de Cádiz, lo que mostró que mientras que la identificación de Bourgeau en 1849 fue correcta, la identificación hecha por Seoane-Camba fue inexacta y se correspondía con especímenes de C. nodosa. Por lo tanto, o bien ha existido un cambio total en las comunidades de angiospermas marinas y C. nodosa ha reemplazado a Z. marina, y ésta ha vuelto a recolonizar de nuevo estos fondos, o bien ha existido una progresiva desaparición de Z. marina en estas aguas, y lo que se encuentra ahora son tan sólo vestigios de lo que hubo. Indistintamente, el descubrimiento de estas poblaciones dispersas de Z. marina en la bahía de Cádiz, hace de este lugar un punto singular de diversidad para las angiospermas marinas, ya que contiene 3 de las 4 especies que habitan las costas continentales europeas.

Palabras clave: Biodiversidad marina, *Zostera noltei*, *Cymodocea nodosa*, Producción primaria, Carbono azul.

INTRODUCCIÓN

Las angiospermas marinas conforman un ecosistema costero de gran importancia ecológica y económica debido principalmente a la multitud de bienes y servicios ecosistémicos que proporcionan (Costanza *et al.*, 1997; Barbier *et al.*, 2011). Entre ellos cabe destacar el actuar como zonas de puesta y alevinaje de multitud de especies, lo que incrementa la biodiversidad en zonas costeras (González-Ortiz, 2014; González-Ortiz *et al.*, 2014). Además, las praderas de estas especies generan una alta producción

Artículos

primaria, incrementando los flujos de materia y energía, oxigenan la columna de agua y el sedimento y actúan como importantes sumideros de CO₂ atmosférico a largo plazo (Hemminga y Duarte, 2000; Nellemann *et al.*, 2009). También a través tanto de su biomasa epigea (hojas) e hipogea (sistema rizomático-radicular) reducen las fuerzas hidrodinámicas, protegiendo los fondos frente a la erosión e incrementando la sedimentación de partículas (Peralta *et al.*, 2008a). Por estas razones la presencia de estas especies en aguas someras mejora la calidad del medio y potencia otras actividades adicionales como el turismo, la pesca o la acuicultura. A pesar de su gran importancia y del estado de protección del que gozan tanto a nivel nacional como internacional (p.e. Decreto 139/2011, Directiva Hábitat, Convenio de Barcelona, Convenio OSPAR), estos ecosistemas se encuentran entre los más amenazados de la Biosfera, registrándose pérdidas de más de un 40% en su superficie a escala global desde 1940 (Waycott *et al.*, 2009). Las causas de estas pérdidas son diversas, aunque se asocian principalmente con la actividad directa e indirecta del ser humano (p.e. eutrofización, litorización, pérdidas en la calidad del agua, dragados, artes de pesca no permitidas, etc.; Waycott *et al.*, 2009; Short *et al.*, 2011). Además, la falta de carisma de estas especies (*sensu* Duarte *et al.*, 2008), puede explicar la poca atención que reciben en comparación con otros ecosistemas más mediáticos (p.e. arrecifes de coral, manglares), y las podría hacer más vulnerables al permanecer invisibles para los diversos actores/agentes sociales (políticos, gestores, usuarios de estos ecosistemas, ciudadanía en general) que influyen en su gestión y conservación. Por tanto, no sólo se necesita incrementar el conocimiento científico sobre estos ecosistemas, sino también potenciar aquellas actuaciones que conduzcan a una comunicación y difusión más efectiva de las investigaciones, lo que redundará en una mayor concienciación y, por ende, en una mejor conservación de estos ecosistemas (Duarte *et al.*, 2008).

El número de especies de angiospermas marinas se ha cifrado en unas 63-66 a escala global (den Hartog y Kuo, 2006), encontrándose 5 de ellas en territorio europeo, y 4 en las costas de la Península Ibérica: *Cymodocea nodosa* Ucria (Ascherson), *Zostera noltei* Hornemann, *Zostera marina* Linnaeus y *Posidonia oceánica* (Linnaeus) Delile (aunque esta última es endémica del mediterráneo). En la bahía de Cádiz, se tiene constancia bien documentada de la existencia de *Z. noltei* y *C. nodosa*, si bien en enero de 2006, durante el desarrollo de un seguimiento ambiental que se lleva a cabo por parte del programa de voluntariado y educación ambiental FAMAR (www.famar.wordpress.org), se localizaron poblaciones aisladas (rodales) de *Z. marina*. Estas pequeñas poblaciones estaban dispersas y mezcladas con poblaciones de *Z. noltei* y *C. nodosa* tanto en la zona intermareal como submareal colindante. Sin embargo, en los seguimientos previos de las praderas de angiospermas marinas llevados a cabo por el programa de voluntariado y educación ambiental FAMAR, no se habían detectado nunca antes *Z. marina* en los fondos del saco interno de la bahía de Cádiz.

Este hecho, unido a que se considera que el límite occidental de distribución para esta especie en el sur de España es Tarifa, justo en el estrecho de Gibraltar (Barrajón *et al.*, 2004), conduce a pensar que pudo haber existido un error en la identificación original de esta especie en la bahía de Cádiz, y que fue arrastrándose en el tiempo al no haberse hecho quizá las comprobaciones oportunas. Por tal motivo, el objetivo principal de este estudio es conocer las fuentes bibliográficas y materiales (plantas de herbario referenciadas) sobre la identificación pasada de *Z. marina* en la bahía de Cádiz, y describir en caso de error, la introducción de esta nueva especie de fanerógama marina. Por otro lado, este trabajo tiene el objetivo secundario ser el primer registro de la existencia de tres especies de angiospermas marinas en la bahía de Cádiz, lo cual la convierte en un santuario de diversidad para dichas especies.

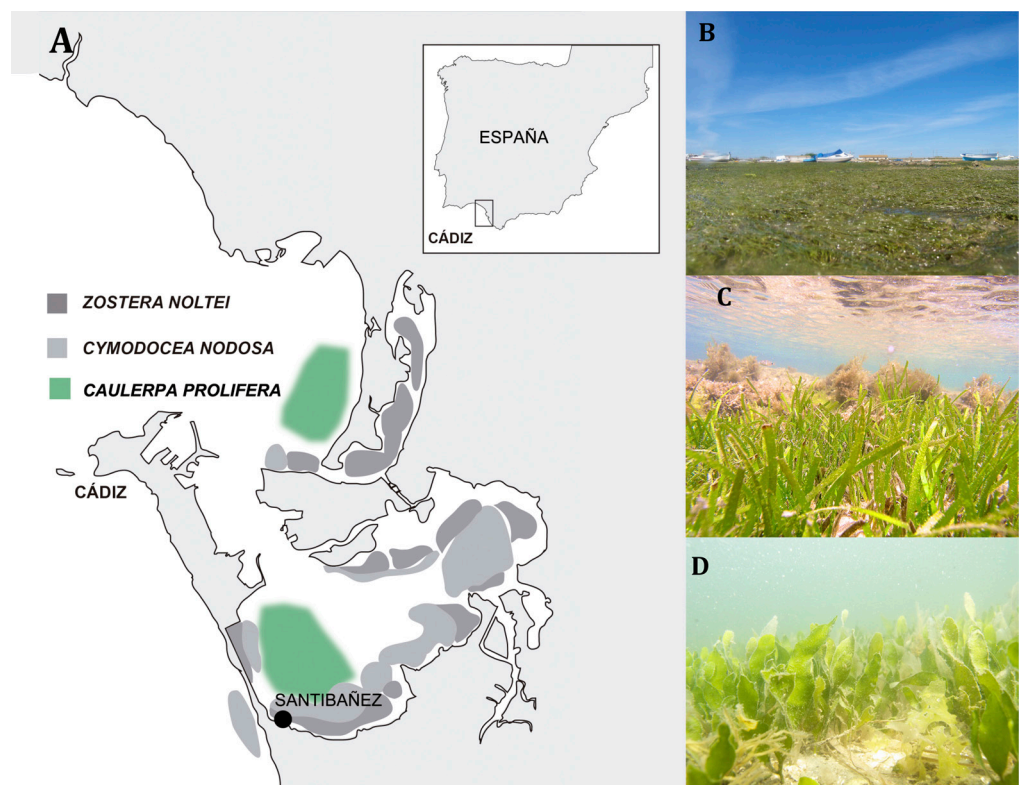
Artículos

MATERIAL Y MÉTODOS

En el Parque Natural Bahía de Cádiz ($36^{\circ}23'$ hasta $36^{\circ}37'N$ y $6^{\circ}8'$ hasta $6^{\circ}15'W$) se puede diferenciar una bahía externa, más expuesta a los temporales y oleaje, y una bahía interna (saco interno), que se encuentra protegida de la acción de las grandes olas, pero que está influenciada por mareas semidiurnas, dando lugar a una renovación del agua en torno al 50-75% en cada ciclo mareal (figura 1). La profundidad media es de 2,5 m, si excluimos el canal central de navegación, siendo los fondos arenosos-fangosos dependiendo de la localización (Muñoz y Sánchez de LaMadrid, 1994; Freitas *et al.*, 2008). El saco interno de la bahía acoge importantes poblaciones de aves, peces e invertebrados (Drake y Arias 1991; Masero *et al.*, 1999; Rueda *et al.*, 2001), además de importantes poblaciones de angiospermas marinas y macroalgas enraizadas como *Caulerpa prolifera* (Forsskål) J.V. Lamouroux (Freitas *et al.*, 2008; Morris *et al.* 2009) (figura 1).

Para revisar las citas anteriores sobre *Zostera marina* en la bahía de Cádiz, se solicitaron los pliegos al herbario del Museo Nacional de Historia Natural de París para la cita de Bourgeau (1849), y al CedocBic (Centro de Documentación de Biodiversidad Vegetal) de la Universidad de Barcelona para la cita de Seoane-Camba (1959). Además, con el objetivo de obtener algunos datos poblacionales sobre *Z. marina* en la bahía de Cádiz, se recolectaron haces para medir en el laboratorio las características morfométricas (longitud, anchura y grosor de las hojas) de un modo estacional. La recogida de haces se llevó a cabo en bajamar en Santibañez (saco interno de la bahía) durante el año 2008. Para ello se localizaron los pequeños rodales de *Z. marina* existentes en las zonas y se recolectaron manualmente de 2 a 3 haces por cada rodal. Además se procedió a contar el número de haces presentes en cada rodal con ayuda de una cuadrícula de 20 x 20 cm. Una vez trasladadas las plantas al laboratorio en frío y oscuridad, se procedió a medir las características morfométricas de los haces. La anchura de las hojas se midió con un calibre ($\pm 0,1$ mm), el grosor con un micrómetro (Mitutoyo, $\pm 0,01$ mm) y la longitud con una regla milimetrada ($\pm 0,1$ mm).

Figura 1. (A) Mapa de localización de la bahía de Cádiz (modificado de Morris *et al.*, 2009) y fotografías de los principales macrófitos marinos que allí se encuentran. (B) Praderas intermareales de *Zostera noltei*. (C) Praderas submareales de *Cymodocea nodosa*. (D) Praderas submareales de *Caulerpa prolifera*.



RESULTADOS

Las nuevas plantas de *Zostera marina* recolectadas en la bahía de Cádiz (36°28'N 6°15'O) fueron preservadas y enviadas al CedocBic (códigos BCN48057 y BCN48058; lámina 1) para que formen parte de la colección del herbario. El espécimen enviado al herbario muestra una planta ramificada, con un haz apical y un haz generativo (reproductivo). En los nudos se observan las agrupaciones de finas raicillas, típicas en esta especie (lámina 1).



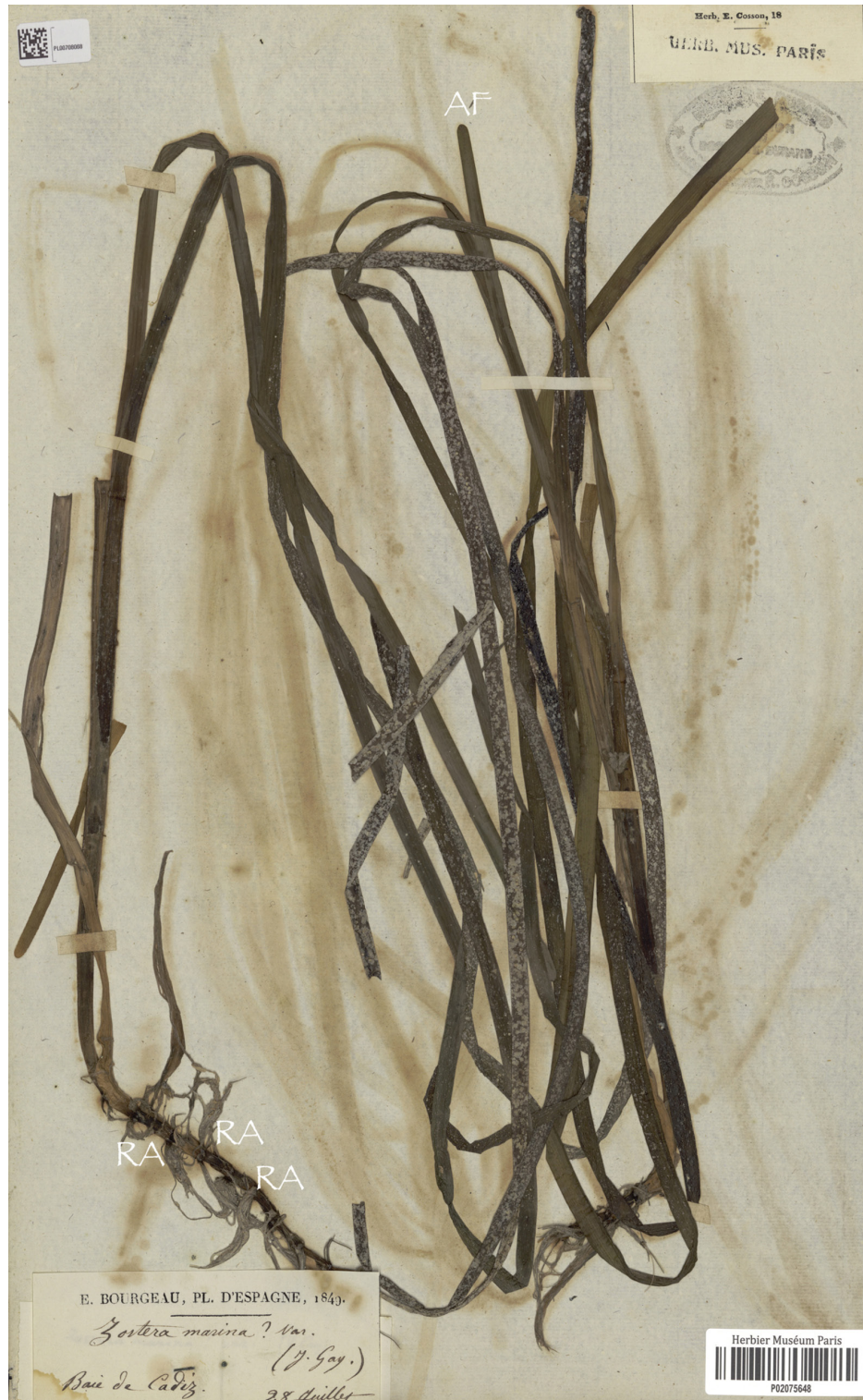
Lámina 1. Especímenes de *Zostera marina* descubiertos en 2006 y enviados para ser conservados al CedocBiv (Centro de Documentación de Biodiversidad Vegetal) de la Universidad de Barcelona. Este espécimen posee un haz generativo (Hg) y muestra las características agrupaciones de raicillas (Ra) en los nudos, además de ausencia de haces verticales y bordes de hojas aserrados.



Artículos

Los pliegos del herbario del Museo Nacional de Historia Natural de París (Bourgeau, 1849), mostraron que los especímenes preservados coinciden con las características descritas para *Zostera marina* (ápice foliar ovalado, márgenes lisos, nudos rizomáticos con múltiples raicillas; lámina 2), mientras que los pliegos procedentes del CedocBic (Seoane-Camba, 1959) mostraron que las plantas preservadas coincidían con las características de *Cymodocea nodosa* (rizomas ortotrópicos, raíces únicas en los nudos rizomáticos), pero en ningún caso con *Z. marina* (lámina 3). Por tanto, la identificación inicial realizada por Seoane-Camba (1959) fue inexacta.

Lámina 2. Detalle del pliego 857a de Bourgeau (1849) procedente del Museo Nacional de Historia Natural de París, donde se observa un espécimen de *Zostera marina* recogido en la bahía de Cádiz, con las características agrupaciones de raíces en los nudos (Ra) y los ápices ovalados (AH) y márgenes lisos.



Artículos



Lámina 3. Detalle del pliego de Seoane-Camba (1959), procedente del CedocBiv (Centro de Documentación de Biodiversidad Vegetal) de la Universidad de Barcelona, donde puede observarse la identificación errónea de este espécimen como *Zostera marina* en la bahía de Cádiz (zona del Chato). Se observan claramente los característicos rizomas de crecimiento vertical (RV), las raíces únicas en los nudos (Ra) y los márgenes aserrados en las hojas propios de *Cymodocea nodosa*.

El tamaño de las poblaciones fue demasiado reducido ($< 1\text{m}^2$) y disperso para poder estimar correctamente la densidad de haces, si bien la densidad media estimada estuvo en torno a 23 ± 5 haces m^{-2} , e incluso se encontraron haces reproductivos en primavera-verano durante el seguimiento (lámina 4). Las principales poblaciones de *Zostera marina* se localizaron en la zona sureste del saco interno de la bahía de Cádiz, en la área denominada como Santibañez, tanto en zonas intermareales como en las zonas adyacentes submareales someras (figura 2).

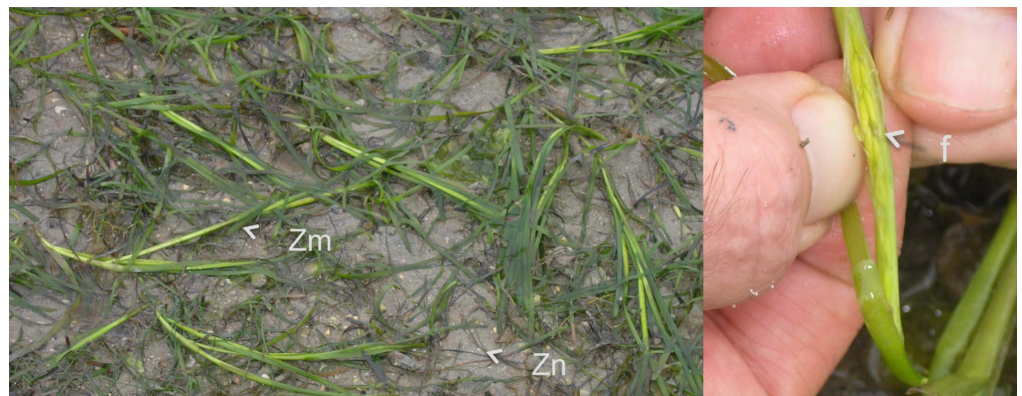


Lámina 4. Detalle de poblaciones dispersas de *Zostera marina* (Zm), junto a poblaciones de *Z. noltei* (Zn) en zonas intermareales del saco interno de la bahía de Cádiz (zona de Santibañez). Muchas de las plantas de *Z. marina* presentaban haces generativos con inflorescencias (f).

Artículos

También se localizaron otras poblaciones en la zona suroeste más cercana a la ciudad de Cádiz, principalmente en la zona submareal más somera (figura 2). Las plantas de *Z. marina* presentaron una variación estacional en las características morfológicas, alcanzando mayores longitudes, anchuras y grosores foliares en verano y mínimos en invierno (tabla I).

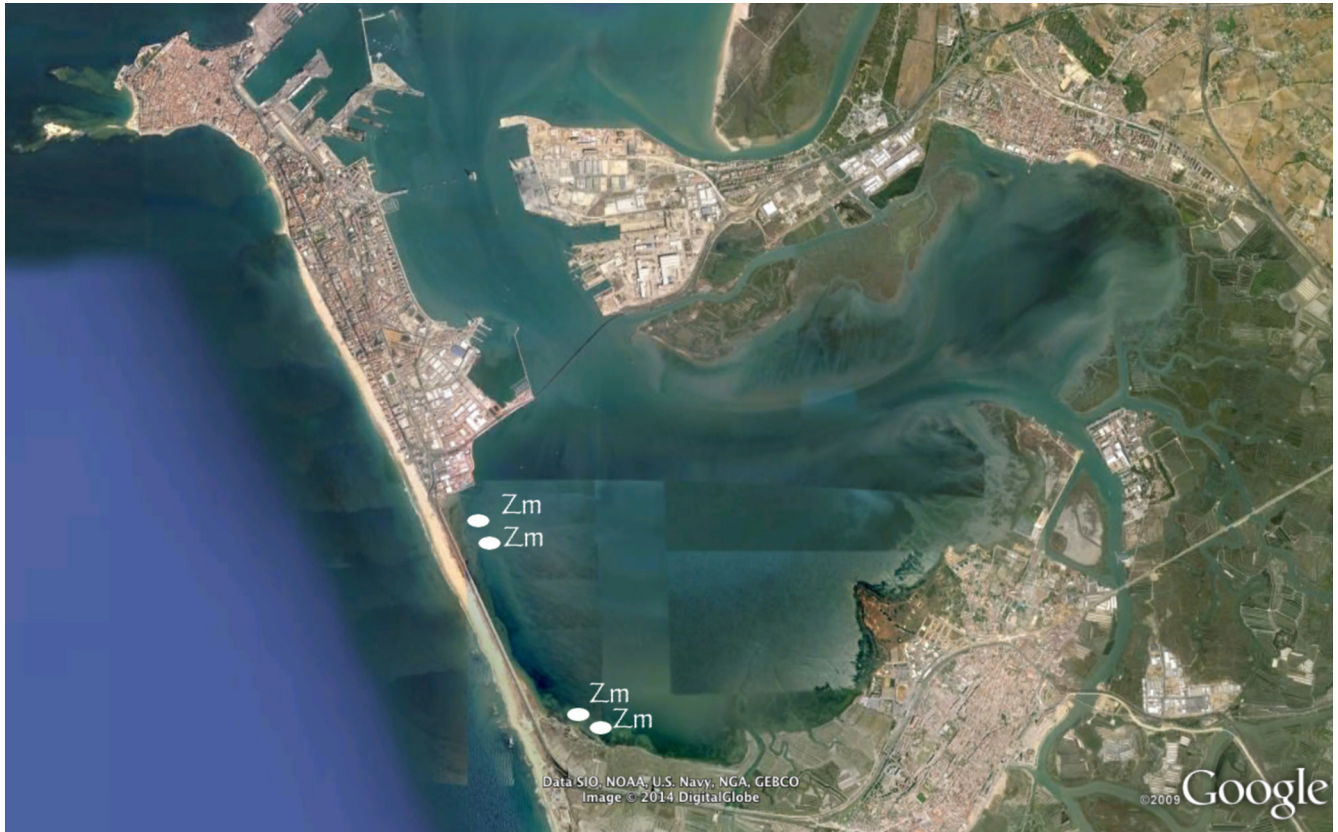


Figura 2. Mapa del saco interno de la bahía de Cádiz donde se marcan las zonas en que se localizan las pequeñas poblaciones de *Zostera marina*.

Tabla I. Biometría de *Zostera marina* en la bahía de Cádiz. Los datos representan la media \pm desviación estándar ($n = 3-10$).

ESTACIÓN	Nº HOJAS	LONGITUD MÁX. (CM)	GROSOR (MM)	P (MM)
Verano	4,5 \pm 0,6	29,2 \pm 7,7	0,34 \pm 0,06	4,85 \pm 0,83
Otoño	4,8 \pm 0,4	22,1 \pm 2,3	0,29 \pm 0,01	4,17 \pm 0,36
Invierno	5,0 \pm 0,8	22,3 \pm 1,5	0,24 \pm 0,04	3,84 \pm 0,21
Primavera	4,5 \pm 0,6	27,7 \pm 3,6	0,23 \pm 0,04	4,30 \pm 0,69

La presencia de *Zostera marina* en la provincia de Cádiz fue ya citada en el siglo XIX (Bourgeau, 1849), mientras que Seoane-Camba (1965) la citó en la bahía de Cádiz en su extenso catálogo de macrófitos marinos de dicha provincia. Esta cita, ha sido usada ampliamente en múltiples publicaciones posteriores para indicar su presencia en una gran parte de los fondos sumergidos de la bahía de Cádiz (Muñoz y Sánchez de LaMadrid, 1994), e incluyendo el PORN del Parque Natural Bahía de Cádiz (Pinilla, 2006). Sin embargo, la revisión de los especímenes presentes en los herbarios tanto del museo de París como del CedocBic, mostraron que mientras que la identificación hecha por Bourgeau en 1849 fue correcta, la que hizo Seoane-Camba en 1959 no lo fue, ya que se correspondía con plantas de *Cymodocea nodosa* y no de *Z. marina*. Esto da idea de la importancia de mantener especímenes preservados en colecciones, lo que permite contrastar las identificaciones hechas inicialmente para cualquier especie. En segundo lugar, y teniendo en cuenta que en la actualidad los fondos del saco interno de la bahía de Cádiz se encuentran colonizados fundamentalmente por praderas de *C. nodosa*, *Z. noltei* y la macroalga enraizante *Caulerpa prolifera* (Morris *et al.*, 2009), surge la duda de si ha ocurrido un cambio en las poblaciones de angiospermas marinas de la bahía de Cádiz desde el siglo XIX hasta la actualidad, o si *Z. marina* ha ido desapareciendo paulatinamente en este enclave geográfico. En la década de 1930 se registró una epidemia que asoló las poblaciones atlánticas de *Z. marina* a nivel global y que se sugiere que fue debido al patógeno *Labyrinthula zosterae* (Renn, 1936; Muehlstein *et al.*, 1991). Esta epidemia, conocida como “wasting disease” hizo desaparecer muchas poblaciones tanto de las costas atlánticas del norte de América como europeas (Short *et al.*, 1986; Den Hartog y Polderman, 1975; Jacobs, 1979), lo que pudo también afectar a las poblaciones de la bahía de Cádiz. Sin embargo, y a diferencia de otros países europeos como Francia (Jacobs, 1979), Holanda (Den Hartog y Polderman, 1975) o Dinamarca (Frederiksen *et al.*, 2004) donde sí existían registros anteriores a dichas fechas sobre las poblaciones de *Z. marina*, lo que ha permitido determinar el alcance que tuvo dicha epidemia, en el caso de la bahía de Cádiz no existen datos que nos permitan determinar si dicha epidemia asoló también estas poblaciones y si fue el responsable del cambio en las comunidades de angiospermas marinas de la bahía de Cádiz.

En el pliego perteneciente a Bourgeau, 1849 (pliego 457a), sólo se indica que el espécimen había sido recogido en la bahía de Cádiz, sin indicaciones adicionales sobre la localización exacta de recogida, de si era material de arribazón, o datos sobre la abundancia de dicha especie en el área. Por tal motivo, no se puede afirmar que haya existido un cambio en las comunidades que habitan el saco interno de la bahía de Cádiz, pero sí que pudo haber tenido lugar, ya que la fecha de la epidemia global (la década de 1930) se encuentra entre las fechas de las dos fuentes estudiadas (Bourgeau, 1849 y Seoane-Camba, 1959). En el caso del pliego procedente del CedocBic, la incorrecta identificación llevada a cabo por Seoane-Camba (1959) se ha ido trasladando posteriormente a diversas publicaciones más recientes y consideradas de referencia para la bahía de Cádiz (p.e. Muñoz y Sánchez de LaMadrid, 1994). De cualquier modo, lo que demuestra la clasificación errónea llevada a cabo por Seoane-Camba (1959), o la posibilidad de que haya existido un cambio en la distribución de las poblaciones del saco interno de la bahía de Cádiz (y que no ha sido descrito), es que estas especies poseen un menor carisma comparado con otros ecosistemas y especies marinas (Duarte *et al.*, 2008). Ello se refleja en la poca atención que despertaron en los naturalistas, investigadores o gestores de las comunidades bentónicas en la bahía de Cádiz, y ha propiciado que no existan más pruebas documentales que apoyen una u otra hipótesis.

El redescubrimiento de una nueva especie de angiosperma marina en el saco interno de la bahía de Cádiz, hace de esta zona un punto singular de diversidad para estas especies en las costas europeas, ya que tres de las cuatro especies que habitan las costas

Artículos

continentales europeas se encuentran en la bahía de Cádiz (excluyéndola mediterránea *Posidonia oceanica*). Esto supone una importante singularidad, ya que la mayor parte de las angiospermas marinas dan lugar a praderas monoespecíficas, y más específicamente en las zonas templadas (Hemminga y Duarte, 2000). Además, el valor medio de riqueza específica para angiospermas marinas en latitudes entre 250 y 500 es menor a 2 (Duarte, 2000), lo que hace que la riqueza de angiospermas marinas en la bahía de Cádiz sea extraordinaria, aunque no tan alta como la registrada en la bahía de Cala Jonquet (Costa Brava), donde coexisten las 4 especies de angiospermas marinas (Cebrian *et al.*, 1996; Marbá *et al.*, 1996). La presencia de las tres especies de angiospermas marinas en los fondos de la bahía de Cádiz contribuye a incrementar localmente la biodiversidad (González-Ortiz, 2014; González-Ortiz *et al.*, 2014), la sedimentación y retención de partículas (Peralta *et al.*, 2008a) y los valores de producción primaria en este ecosistema. La biomasa de *Zostera noltei* alcanza valores medios de unos 120 g de peso seco m⁻², con una producción anual (epigea e hipogea) de aproximadamente unos 3,3 Kg de peso seco m⁻² año⁻¹ y una densidad media de 5.000 haces m⁻² (Brun *et al.*, 2003, 2006; García-Marín, 2013). En el caso de *Cymodocea nodosa*, la biomasa media anual se encuentra en torno a 350 g peso seco m⁻², con una producción cercana a los 1,4 Kg de peso seco m⁻² año⁻¹ (sólo epigea; Brun *et al.*, 2006; Peralta *et al.*, 2008b) y una densidad de haces medio en torno a 550 haces m⁻² (Brun *et al.*, 2006). Si tenemos en cuenta la superficie ocupada por cada una de estas comunidades (900 y 800 ha para *Z. noltei* y *C. nodosa* respectivamente; Morris *et al.*, 2009) y usamos los datos de producción mostrados anteriormente, se obtiene que las angiospermas marinas del saco interno de la bahía de Cádiz son capaces de producir anualmente como mínimo en torno a 41.000 toneladas de tejido seco, lo que se corresponde con una incorporación anual de unas 45.000 toneladas de CO₂ atmosférico. Esto está en consonancia con el importante papel que se ha descrito para las angiospermas marinas en el enterramiento de carbono a largo plazo (carbono azul *sensu* Nellemann *et al.*, 2009), y con el gran valor económico de las funciones y servicios que prestan al ser humano (Costanza *et al.*, 1997; Barbier *et al.*, 2011).

En conclusión, los especímenes de *Zostera marina* fueron ya descritos en el siglo XIX en la bahía de Cádiz, si bien en el siglo XX las descripciones realizadas fueron erróneas. Esto puede indicar que bien *Cymodocea nodosa* ha ido desplazando a *Z. marina* en estos años o que *Z. marina* ha ido desapareciendo paulatinamente de la bahía de Cádiz. A pesar de que la ausencia de registros o datos anteriores no permite aceptar ninguna de estas hipótesis, también es importante remarcar como el incremento en el número de estudios llevados a cabo sobre las angiospermas marinas en la bahía de Cádiz a partir del año 1999, y el nacimiento del programa de voluntariado y educación ambiental FAMAR en 2004, han propiciado un mayor conocimiento sobre estas especies en este entorno, y tener establecido un sistema de seguimiento ambiental sobre las mismas desde hace una década (año 2004), lo que permitirá tener referencias claras en un futuro.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido subvencionado por los proyectos de investigación del Plan Nacional del Ministerio de Ciencia e Innovación: Sea-Live (CTM2011-24482) eImacHydro (CTM2008-00012/MAR). Los autores quieren agradecer al Prof. J.A. Seoane-Camba por proporcionarnos la información sobre la localización de los especímenes de los herbarios. También expresamos nuestra gratitud al Centre de Documentació de Biodiversitat Vegetal (CeDocBiv) y al Muséum National d'Histoire Naturelle de París por proporcionarnos acceso a los pliegos.

- ALBERTO, F., GOUVEIA, L., ARNAUD-HAOND, S., PÉREZ-LLORÉNS, J.L., DUARTE, C.M., SERRAO E. 2005. Within-population spatial genetic structure, neighbourhood size and clonal subrange in the seagrass *Cymodocea nodosa*. *Mol. Ecol.* 14: 2669-2681.
- BARBIER, E.B., HACKER, S.D., KOCH E.W., STIER, A.C., BRIAN S.R. 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecol. Monogr.* 81(2): 169-193.
- BARRAJÓN, A., MORENO, D., PÉREZ-LLORÉNS J.L. 2004. Las praderas marinas de *Zostera marina*: distribución en Andalucía. In: A.A. Luque and J. Templado (coords). *Praderas y bosques marinos en Andalucía*, pp. 157-158. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 334 pp.
- BRUN, F.G., PÉREZ-LLORÉNS, J.L., VERGARA, J.J., HERNÁNDEZ I. 2003. Patch distribution and within-patch dynamics of the seagrass *Zostera noltii* Hornem at Los Toruños salt-marsh (Cádiz Bay, Natural Park, Spain). *Bot. Mar* 46: 513-524.
- BRUN, F.G., VERGARA, J.J., PERALTA, G., GARCÍA-SÁNCHEZ, M.P., HERNÁNDEZ, I., PÉREZ-LLORÉNS, J.L. 2006. Clonal building, simple growth rules and phylloclimatic as keysteps to develop functional-structural seagrass models. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 323: 1-16.
- CEBRIAN, J., DUARTE, C.M., MARBÀ, N., ENRIQUEZ S. 1996. Magnitude and fate of the production of four co-occurring Western Mediterranean seagrass species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 155: 29-44.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., GROOT, R.D., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R.V., PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P., VAN DER BELT, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- DEN HARTOG, C., POLDERMAN, P.J.G. 1975. Changes in the seagrass populations of the Dutch Wadden Sea. *Aquat. Bot.* 1: 141-147.
- DEN HARTOG, C., KUO, J. 2006. Taxonomy and Biogeography of Seagrasses. En: Larkum AWD, Orth RJ, Duarte CM (eds). *Seagrasses: Biology, ecology and conservation*. Springer. Dordrecht. 691 pp.
- DRAKE, P., ARIAS A.M. 1991. Ichthyoplankton of a shallow coastal inlet in southwest Spain: Factors contributing to colonization and retention. *Est. Coast. Shelf Sci.* 32: 347-364.
- DUARTE, C.M. 2000. Benthic ecosystems: seagrasses. In *Encyclopedia of Biodiversity* ed. SL Levin. Academic Press.
- DUARTE, C.M., WILLIAM C.D., ORTH, R.J. W., CARRUTHERS, T.J.B. 2008. The Charisma of Coastal Ecosystems: Addressing the Imbalance. *Estuar. Coast.* 31:233–238.
- FREDERIKSEN, M., KRAUSE-JENSEN, D., HOLMER, M., LAURSEN, J.S. 2004. Long term changes in area distribution of eelgrass (*Zostera marina*) in Danish coastal waters. *Aquat. Bot.* 78: 167-181.
- FREITAS, R., RODRIGUES, A.M., MORRIS, E.P., PEREZ-LLORENS, J.L., QUINTINO, V. 2008. Single-beam acoustic ground discrimination of shallow water habitats: 50 kHz or 200 kHz frequency survey? *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* 78:613–622.

Artículos

- GARCÍA-MARÍN, P. 2013. Desarrollo de herramientas basadas en angiospermas marinas para la evaluación del estado ecológico de masas de agua del sur de la Península Ibérica. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz. 142 pp.
- GONZÁLEZ-ORTIZ, V., ALCAZAR, P., VERGARA, J.J., PÉREZ-LLORÉNS, J.L., BRUN, F.G. 2014. Effects of two antagonistic eco-system engineers on infaunal diversity. *Est. Coast. Shelf. Sci* 139: 20–26.
- GONZÁLEZ-ORTIZ, V. 2014. Angiospermas marinas y diversidad: importancia de la complejidad estructural de las praderas en la fauna bentónica. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz. 181 pp.
- HEMMINGA, M.A., DUARTE, C.M. 2000. *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. 298 pp.
- JACOBS, R.P.W.M. 1979. Distribution and aspects of the production and biomass of eelgrass, *Zostera marina* L., at Roscoff, France. *Aquat. Bot.* 7: 151-172.
- MUEHLSTEIN, L.K., PORTER, D., SHORT, F.T. 1991. *Labyrinthula zosterae* sp. nov., the causative agent of wasting disease of eelgrass, *Zostera marina*. *Mycologia*. 83(2): 180-191.
- MARBÀ, N., CEBRIÁN, J., ENRÍQUEZ, S., DUARTE, C.M. 1996. Growth patterns of western Mediterranean seagrasses: species-specific responses to seasonal orcing. *Mar. Ecol. Prog. Ser* 133: 203–215.
- MASERO, J.A., PÉREZ-GONZÁLEZ, M., BASADRE, M., OTERO-SAAVEDRA, M. 1999. Food supply for waders (Aves: Charadrii) in an estuarine area in the Bay of Cádiz (SW Iberian Peninsula). *Acta Oecol.* 20: 429-434.
- MORRIS, E.P., PERALTA, G., BENAVENTE, J., FREITAS, R., RODRIGUES, A.M., QUINTINO, V., ÁLVAREZ, O., VALCÁRCEL-PÉREZ, V., VERGARA, J.J., HERNÁNDEZ, I., PÉREZ-LLORÉNS, J.L. 2009. *Caulerpa prolifera* stable isotope ratios reveal anthropogenic nutrients within a tidal lagoon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 390: 117-128.
- MUÑOZ J.L., 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.
- NELLEMANN. C., CORCORAN, E., DUARTE, C.M., VALDES, L., DEYOUNG, C., FONSECA, L., GRIMSDITCH, G. (Eds) 2009. Blue Carbon. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, www.grida.no. no. 80 pp.
- PERALTA, G., VAN DUREN, L.A., MORRIS, E.P., BOUMA, T.J. 2008a. Consequences of shoot density and stiffness for ecosystem engineering by benthic macrophytes in flow dominated areas: a hydrodynamic flume study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 368: 103-115.
- PERALTA, G., GARCÍA-SÁNCHEZ, M.P., DE LOS SANTOS, C.B., LARA, M., OLIVÉ, I., MORRIS, E.P., BRUN, F.G., VERGARA, J.J., HERNÁNDEZ, I., PÉREZ-LLORÉNS, J.L. 2008b. Four years of seasonal monitoring of *Cymodocea nodosa* in Cadiz Bay Natural Park. 8th International Seagrass Biology Workshop ISBW8. Vancouver, Canada. Book of abstract 55.
- PINILLA, R. 2006. (Coord.). PORN/PRUG del Parque Natural Bahía de Cádiz. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Artículos

- RENN, C.E. 1936. The Wasting Disease of *Zostera marina*. I. A Phytological Investigation of the Diseased Plant. *Biol. Bull.* 70(1): 148-158.
- RUEDA, J.L., FERNÁNDEZ-CASADO, M., SALAS, C., GOFAS, S. 2001. Seasonality in a taxocoenosis of mollusks from soft bottoms in the Bay of Cádiz (southern Spain). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 81: 903-912.
- SEOANE-CAMBA, J. 1965. Estudios sobre las algas bentónicas en la costa sur de la Península Ibérica (litoral de Cádiz). *Inv. Pesq.* 29: 3-216.
- SHORT, F.T., MATHIESON, A.C., NELSON, J.I. 1986. Recurrence of the eelgrass wasting disease at the border of New Hampshire and Maine, USA. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 29: 89-92.
- SHORT, F.T., POLIDORO, B., LIVINGSTONE, S.R., CARPENTER, K.E., BANDEIRA, S., BUJANG, J.S., CALUPONG, H.P., CARRUTHERS, T.J.B., COLES, R.G., DENNISON, W.C., ERFTEMEIJER, P.L.A., FORTES, M.D., FREEMAN, A.S., JAGTAP, T.G., KAMAL, A.H.M., KENDRICK, G.A., KENWORTHY, W.J., LA NAFIE, Y.A., NASUTION, I.M., ORTH, R.J., PRATHEP, A., SANCIANGCO, J.C., VAN TUSSENBROEK, B., VERGARA, S.G., WAYCOTT, M., ZIEMAN, J.C. 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biol. Conserv.* 144: 1961-1971.
- WAYCOTT, M., DUARTE, C.M., CARRUTHERS, T.J.B., ORTH, R.J., DENNISON, W.C., OLYARNIK, A.C., FOURQUREAN, J.W., HECK JR., K.L., HUGHES, A.R., KENDRICK, G.A., KENWORTHY, W.J., SHORT, F.T., WILLIAMS, S.L. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proc. Natl. Acad. Sci* 106: 12377-12381.

