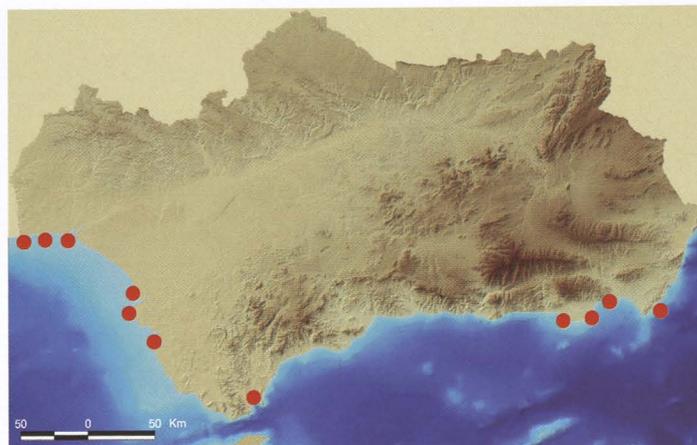


Las praderas de *Zostera noltii*

DISTRIBUCIÓN Y REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS

Zostera noltii Hornemann se encuentra ampliamente distribuida en las zonas intermareales de las costas atlánticas de Europa y América del Norte, alcanzando su límite septentrional en el sur de Noruega y el meridional en las costas de Mauritania. También se encuentra en el Mediterráneo y Mar Negro, donde se restringe a ambientes más o menos poiquilohalinos (estuarios, lagunas costeras o albuferas). Es la única especie de fanerógama marina que aún habita en mares continentales (relictos), como el Caspio o el Aral. En el Mediterráneo se encuentra también en bahías costeras protegidas o en mar abierto, formando praderas monoespecíficas o mixtas con *Zostera marina*, *Cymodocea nodosa* o *Caulerpa prolifera*. En España se encuentra por toda la costa atlántica y en zonas concretas de la costa mediterránea, y ha sido citada en Canarias (Lanzarote), donde es muy rara.

Zostera noltii es una especie ampliamente distribuida en las llanuras intermareales poco expuestas, de sustrato limoso o arena fina enriquecida en materia orgánica. En estas llanuras, la planta se sitúa en pequeñas elevaciones del fondo. Este microrre-



Distribución de *Zostera noltii* en Andalucía (MAPA: J. OJEDA - CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, JUNTA DE ANDALUCÍA)

lieve es probablemente el resultado de la presencia de la propia planta. Como ocurre con las demás fanerógamas marinas, debido a la densidad de las praderas las partículas de materia en suspensión de la columna de agua quedan atrapadas por las hojas, sedimentan y se acumulan entre las plantas, y provocan la lenta elevación del fondo. Como *Zostera marina*, carece de rizomas de crecimiento vertical, su capacidad de compactar el sedimento es

Pradera de *Zostera noltii* intermareal en marea baja en el estuario del río Palmones, Cádiz. Hasta finales de la década de 1980, las praderas de esta especie cubrían una gran extensión de las zonas intermareales de este estuario, como muestra esta imagen (FOTO: J. L. PÉREZ LLORÉNS)





Pradera de *Zostera noltii* en cala Higuera, a 5 m de profundidad. Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar, Almería. Abajo, las praderas de *Zostera noltii* en el río San Pedro (Parque Natural de la Bahía de Cádiz) forman cinturones bien delimitados en el piso mesolitoral o intermareal (FOTOS:

J. C. MORENO Y J. L. PÉREZ LLORÉNS)



limitada y depende de la extensión horizontal que alcanza cada población. Se puede considerar una especie eurihalina, ya que soporta salinidades comprendidas entre 8 y 35‰. Las poblaciones intermareales más meridionales (sur de la Península Ibérica) soportan elevadas temperaturas, irradiancias y pérdidas de agua por evaporación. El crecimiento denso de los haces permite mantener no sólo una cierta humedad durante la bajamar, sino un autosombreado de los haces localizados en las capas inferiores.

DISTRIBUCIÓN EN ANDALUCÍA

Zostera noltii es muy abundante en la costa atlántica andaluza en los estuarios de los grandes ríos, pero es escasa en la costa mediterránea, donde los cursos de agua son de carácter torrencial, y por ello se asienta en mar abierto.

En la costa atlántica se ha citado en los fondos limosos de la franja intermareal de los estuarios de los ríos Odiel, Piedras y Guadiana (Huelva), y en la Bahía de Cádiz, Chipiona, Sanlúcar de Barrameda y el estuario del río Palmones (Cádiz), aunque su distribución puede ser más amplia. Las poblaciones del estuario del río Palmones y del Parque Natural de la bahía de Cádiz han sido, sin duda, las más estudiadas (Departamentos de Ecología de las Universidades de Málaga y Cádiz).

En la costa mediterránea aparece en fondos fangosos muy someros, generalmente asociada a *Cymodocea nodosa*. En la costa almeriense se encuentra en la ensenada de Almerimar, entre 1 y 3 m de profundidad, junto a *Cymodocea nodosa*, y en Los Bajos de Roquetas y la rambla Hortichuelas, en la misma profundidad y sustrato. En El Cañarete y en el castillo de San Telmo, se encuentra entre 3 y 5 m de profundidad, formando praderas monoespecíficas, o mixtas con *Cymodocea nodosa*. Por último, en la ensenada de Los Genoveses y en cala Higuera (Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar) también existe una pequeña mancha mixta de estas dos especies a 2 y 5 m de profundidad, respectivamente.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Zostera noltii es una especie similar a *Zostera marina*, aunque de menor tamaño. Los rizomas son horizontales, tienen un grosor máximo de 2 mm y presentan entrenudos de longitud variable (4-35 mm). A diferencia de *Zostera marina*, no posee ejes erectos vegetativos anuales con crecimiento simpódico. Las hojas, agrupadas en haces de 4-5, miden entre 6 y 30 cm de longitud por 0,5 a 1,5 mm de anchura, son a menudo más estrechas en la base, tienen el margen liso y el ápice truncado, y un nervio principal y cuatro pares de nervios paralelos. Es una especie monoica. Las flores se desarrollan en ejes verticales de unos 10 cm de longitud. La inflorescencia se encuentra encerrada en la



Pradera mixta de *Zostera noltii* con *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*, en cala Higuera, Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar, a una profundidad de 7 m (FOTO: J. C. CALVÍN)

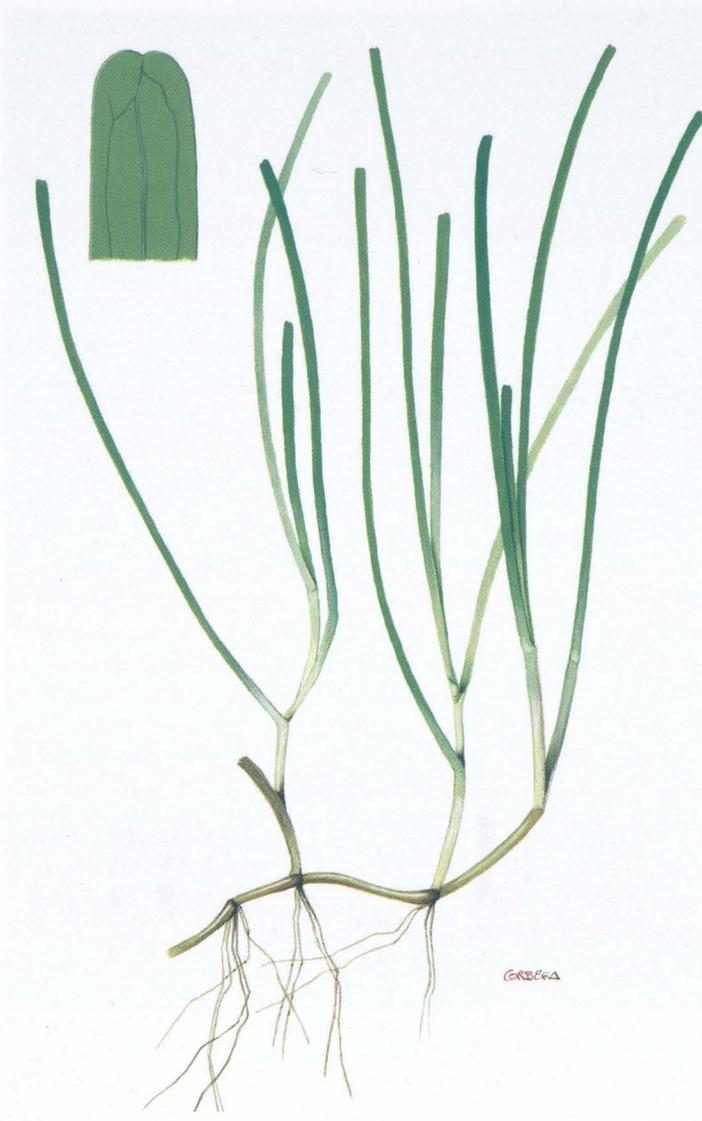
base envainada de una espata en forma de hoja. Presenta un estambre sésil con fijación dorsal y un ovario unilocular con un estilo y dos estigmas largos y filiformes, dispuestos alternativamente sobre el margen de la hoja engrosada. Los frutos son muy pequeños (de 1,5 a 2 mm).

Esta especie puede presentar una gran plasticidad morfológica. En el estuario del río Palmones se ha descrito una clina que abarca desde individuos pequeños (dimensiones foliares máximas de 20-25 cm de longitud y 1-1,5 mm de anchura, con rizomas con entrenudos relativamente cortos) a individuos grandes (dimensiones foliares máximas de 45-50 cm y 2-2,5 mm, con rizomas más gruesos con entrenudos largos). Se ha observado que la distribución de estos morfotipos tiene relación con su situación batimétrica. Las poblaciones de morfotipo pequeño aparecen en las zonas intermareales situadas a 0,75-0,90 m sobre el nivel 0 de marea, que son las más expuestas durante la bajamar (aproximadamente, en términos anuales, el tiempo que quedan en emersión es del 40%). Por el contrario, las poblaciones de morfotipo grande se encuentran a sólo 0,10-0,25 m del nivel mí-

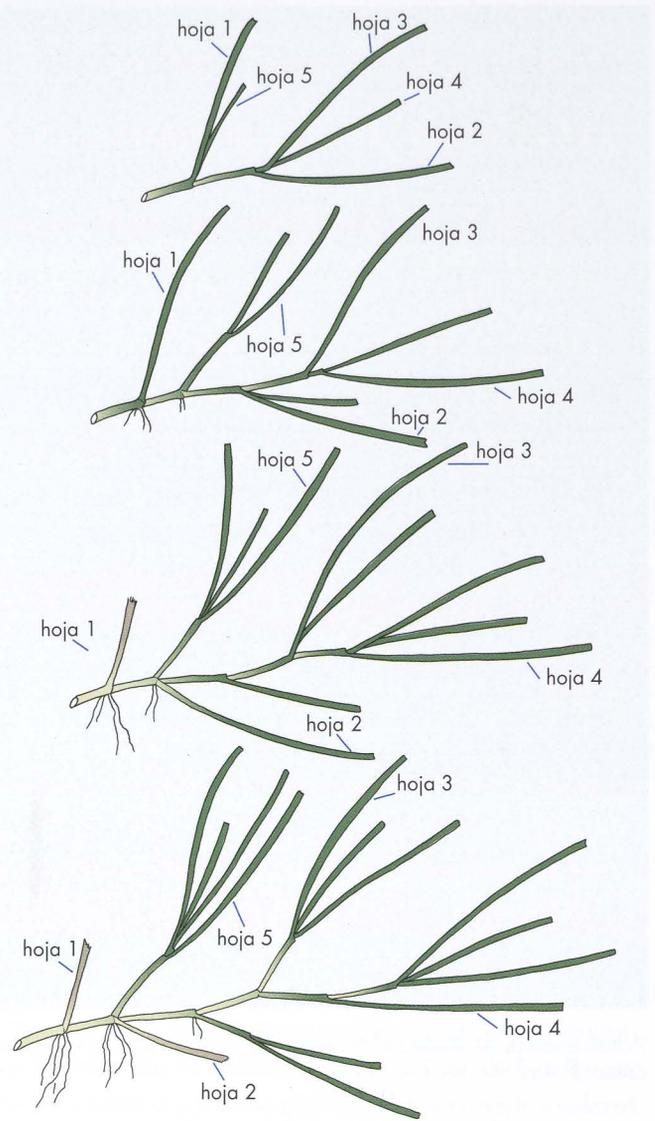
nimo de marea, y permanecen menos tiempo emergidas (alrededor del 15% anual). Las tasas de fotosíntesis de ambos morfotipos se ven afectadas de manera distinta por la desecación y la temperatura, siendo los ejemplares del morfotipo pequeño los mejor adaptados a vivir en condiciones de emersión (es decir, a soportar la desecación), lo que podría explicar, en parte, su distribución en las áreas más expuestas de la zona intermareal.

CRECIMIENTO Y FENOLOGÍA

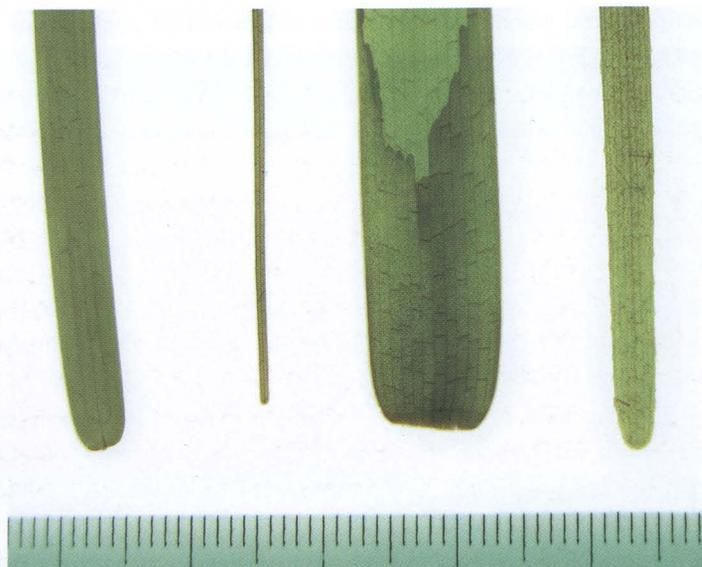
El modelo de crecimiento descrito para *Zostera marina* es perfectamente aplicable a *Zostera noltii*. En las latitudes templadas, *Zostera noltii* es una especie perenne que presenta una marcada estacionalidad en su crecimiento. A comienzos de la primavera empieza una época de rápida elongación tanto de los rizomas y las raíces (hasta 0,5 cm diarios en los rizomas y 0,7 cm diarios en las raíces), como de las hojas (2,5 cm por haz y día). El tiempo necesario para que se formen dos hojas consecu-



Zostera noltii, con un detalle del extremo apical de una hoja (DIBUJO: J. CORBERA)



Modelo del crecimiento de *Zostera noltii* (DIBUJO: J. CORBERA, MODIFICADO DE BRUN, 1999)



Junto a estas líneas, las hojas de las cuatro especies de fanerógamas marinas que forman las praderas tratadas en este libro: de izquierda a derecha, *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii*, *Posidonia oceanica* (todas de cala Higuera, Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar, Almería) y *Zostera marina* (Cantarriján, Paraje Natural de los Acantilados de Marro-Cerro Gordo, Málaga). Escala en mm (DIBUJO: J. CORBERA)

tivas a partir del mismo meristemo foliar (intervalo de plastocrono) es muy corto, del orden de 4-6 días. Todo esto redundaría en la existencia de máximos primaverales de crecimiento (3,5 mg de peso seco por planta y día) y máximos estivales de biomasa foliar (260 g de peso seco por m²) y densidad (10.000 haces por m²). En otoño, la extensa red de rizomas empieza a fragmentarse y el proceso sigue hasta invierno, época esta última en la que se obtienen los valores mínimos de crecimiento (1,5 mg de peso seco por planta y día) y los máximos de in-

tervalo de plastocrono (12-14 días). Los pequeños fragmentos de rizoma que sobreviven a las condiciones invernales brotan a principios de primavera, regenerando pequeñas poblaciones («manchas») que pueden unirse formando praderas de tamaño considerable. Por tanto, el crecimiento a partir del rizoma principal y la posterior ramificación de éste (en ejes secundarios, terciarios, etc.) constituye el principal mecanismo de desarrollo de las poblaciones de *Zostera noltii*. La tasa de aparición de pequeñas poblaciones («manchas») en la bahía de Cádiz se ha estimado en $19,6 \pm 1$ manchas por hectárea y año, lo que concuerda relativamente con una tasa de reclutamiento de poblaciones ($1,43 \pm 0,03$ ln por año; ln, logaritmo neperiano) mayor que la tasa de mortalidad observada ($0,42 \pm 0,01$ ln por año), lo que aseguraría la expansión de estas pequeñas poblaciones en condiciones normales y si no median importantes procesos de pérdida (fundamentalmente de origen humano).

Durante la primavera se puede observar la aparición de haces generativos que desaparecen a final de verano. No obstante, la propagación de esta especie mediante la germinación de semillas puede considerarse un proceso de menor importancia, especialmente en las latitudes más meridionales. No hay constancia de la reproducción por semillas de esta especie en las poblaciones estudiadas de Andalucía.

PRODUCCIÓN PRIMARIA

Los valores anuales medios de los principales parámetros fotosintéticos estimados para esta especie son 33 mg O₂ por gramo y hora (tasa máxima de fotosíntesis), 30 nmol O₂/μmol fotones (eficiencia fotosintética), y 250 μmol fotones por m² y por segundo (irradiancia de saturación). El requerimiento lumínico mínimo para el crecimiento de esta especie se ha estimado en 0,8 moles fotones por m² y día (2% de la irradiancia de saturación) y el óptimo en 20,6 moles fotones por m² y día (42% de la irradiancia de saturación). Para valores mayores se ha observado una reducción del crecimiento, probablemente por fotoinhibición.

Los valores estimados de producción para esta especie en la bahía de Cádiz son del orden de 569 g de carbono por m² y año (haces foliares) y 523 g de carbono por m² y año (partes subterráneas). Las pérdidas foliares anuales ascienden a 420 g de carbono por m², lo que representa un 75% de la producción foliar anual. En el otoño se registran las mayores pérdidas. La importancia del material perdido es incuestionable, ya que determina el flujo de materia de esta comunidad al sistema circundante. La fracción subterránea, pese a que se renueva por completo anualmente, reside un largo periodo (años) en el sedimento y, por lo tanto, no se exporta como tal fuera de la comunidad.



Detalle de las hojas en una pradera mixta de *Zostera noltii* con *Cymodocea nodosa*; las hojas más anchas y de color verde más claro corresponden a esta última planta. Cala Higuera, Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (FOTO: J. C. MORENO)



Detalle del rizoma y de las raíces, y del entramado de rizomas, abajo, de *Zostera noltii*. Cala Higuera, Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar, -6 m (FOTOS: J. C. MORENO)





Las praderas de *Zostera noltii* de la costa de Almería comparten su fauna de peces con las praderas de *Posidonia oceanica* próximas, como este grupo de salemas (*Sarpa salpa*). Cala Higuera, Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (FOTO: J. C. MORENO)



Coscinasterias tenuispina es una estrella de mar relativamente frecuente en las praderas de *Zostera noltii* de Cala Higuera, Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (FOTO: J. C. MORENO)

Los efectos visibles de la eutrofización: crecimiento del alga clorofita oportunista *Enteromorpha* sp. sobre una pradera de *Zostera noltii* en el río San Pedro, Parque Natural de la Bahía de Cádiz (FOTO: J. L. PÉREZ LLORÉNS)





Praderas de *Zostera noltii* en el río San Pedro (Parque Natural de la Bahía de Cádiz), mostrando el impacto –pisadas y montones de sedimento removido– que produce la actividad de los mariscadores (FOTO: J. L. PÉREZ LLORÉNS)

LA COMUNIDAD DE *ZOSTERA NOLTII*

No existe mucha información sobre la diversidad de la flora y de la fauna de las praderas de *Zostera noltii*, y es prácticamente nula en las costas andaluzas. Debido a las condiciones de salinidad variable y el tipo de fondos en los que suele vivir esta fanerógama, la diversidad es menor que en las praderas de *Zostera marina*. La riqueza específica y, por lo tanto, la diversidad, suelen seguir un patrón de variación estacional.

Como ocurre con las praderas de otras fanerógamas, las praderas de *Zostera noltii* constituyen una zona de refugio, reproducción y cría de muchas especies, algunas de ellas de interés comercial. Las zonas en las que se encuentran (estuarios, bahías semicerradas y marismas) son también muy utilizadas para el cultivo de diversas especies, sobre todo moluscos y peces.

Entre las especies de algas presentes en las praderas de *Zostera noltii* cuya presencia se ha comprobado en la costa andaluza, cabe destacar la bacilariofita *Cocconeis* sp., la rodofita *Gracilaria gracilis* y las clorofitas *Caulerpa prolifera*, que puede formar praderas relativamente extensas en las bahías de Cádiz y Algeciras (véase capítulo correspondiente), y *Enteromorpha* sp. y *Ulva* sp., estas dos últimas indicadoras de condiciones eutróficas.

Entre las especies de fauna más abundantes que aparecen en estas praderas cabe citar la anémona de mar (*Anemonia sulcata*), los moluscos gasterópodos *Hydrobia ulvae* y *Bittium reticulatum*, que suelen encontrarse sobre las hojas y rizomas, y *Cyclope neritea* y *Nassarius reticulatus*, que se entierran en el sedimento, al igual que muchos bivalvos, como el berberecho (*Cerastoderma edule*), *Abra alba*, *Loripes lacteus* y *Paphia au-*

rea, y numerosos anélidos poliquetos (*Arenicola marina*, *Heidiste diversicolor*, *Notomastus* sp., *Euclymene oerstedii*, *Tharyx marioni*). Entre las hojas se encuentran también numerosas especies de pequeños crustáceos (anfípodos e isópodos), y algunos decápodos, como la quisquilla (*Palaemon serratus*) y el cangrejo de mar común (*Carcinus maenas*). Entre los peces, aparecen diversos góbidos, algunos lábridos, y varias especies de interés comercial, como el salmonete (*Mullus surmuletus*), los sargos (*Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*), la herrera (*Lithognathus mormyrus*), el pargo (*Pagrus pagrus*) y la dorada (*Sparus aurata*).

Las praderas situadas en mar abierto, como las de Almería, comparten con las praderas próximas de *Posidonia oceanica* o *Cymodocea nodosa* un gran número de especies, como las estrellas de mar *Coscinasterias tenuispina* y las del género *Astropecten*, que viven sobre la arena, y, claro está, muchos peces, como las salemas o salpas (*Sarpa salpa*) y diversos lábridos.

ESTADO ACTUAL DE CONSERVACIÓN Y AMENAZAS

Gran parte de las praderas de *Zostera noltii* del litoral andaluz presentan claros síntomas de regresión. Las causas, principalmente originadas por el hombre, son la disminución de la luz que llega a las praderas por el aumento de la turbidez o por la proliferación de algas a consecuencia de la eutrofización, o el daño directo producido fundamentalmente por el marisqueo incontrolado en extensas zonas intermareales, como ocurre en la bahía de Cádiz.

Un caso muy concreto de regresión, debida a una combinación de causas naturales y humanas, fue el observado en las praderas del estuario del río Palmones. A consecuencia de las graves y reiteradas inundaciones sufridas en la zona durante los meses de octubre y diciembre de 1989, la cobertura de *Zostera noltii*, que a principios y mediados de los años 80 era prácticamente del 80-100% en las zonas intermareales y submareales someras, se vio drásticamente reducida a menos del 10%. Esta disminución de la cobertura ocurrió a distintas escalas temporales. A corto plazo, y debido a la crecida de las aguas del río Palmones, cantidades ingentes de plantas fueron arrancadas y transportadas hacia la desembocadura; al mismo tiempo, grandes cantidades de limo fueron arrastradas río abajo, depositándose y sepultando a aquellos individuos y poblaciones que habían resistido el fuerte hidrodinamismo gene-

rado por la corriente del río. A medio plazo, se produjo prácticamente una pérdida casi total de las poblaciones, ya que el estuario quedó inundado durante varias semanas, lo que provocó una disminución de la salinidad y de la disponibilidad de luz. Además, debido a la construcción (1985-1986) y posterior entrada en funcionamiento (1988) de la presa de Charco Redondo en el curso medio del río Palmones, cambió totalmente el régimen hidrodinámico del estuario, provocando un enriquecimiento paulatino en la concentración de ciertos nutrientes limitantes para el crecimiento vegetal, como el fosfato y el amonio (eutrofización). Bajo estas condiciones se favoreció la proliferación de algas verdes de los géneros *Ulva* y *Enteromorpha*, caracterizadas por su elevada tasa de crecimiento y que son típicas de los lugares eutróficos con escasa renovación del agua.