

Informe:

Distribución de las praderas de macrófitos bentónicos frente a la playa de Los Urrutias

Juan M. Ruiz (1), M^aDolores Belando, Aranzazu Ramos Segura, Jaime Bernardeau-Esteller, Rocío García-Muñoz.

Grupo de Ecología de Angiospermas Marinas del IEO. Centro Oceanográfico de Murcia. C/ Varadero 1, 30740 San Pedro del Pinatar

(1) Investigador principal.



Fecha: 26 de marzo de 2018.

Distribución de las praderas de macrófitos bentónicos frente a la playa de Los Urrutias.

Antecedentes y objetivo

En febrero de 2018, la Dirección General del Mar Menor y la OISMA, pertenecientes a la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, solicitan al Instituto Español de Oceanografía (IEO) la realización de una caracterización de la presencia y distribución de las praderas de macrófitos bentónicos en un área determinada localizada frente a la playa de Los Urrutias (T.M. de Cartagena). Dicha área (figura 1) corresponde a las actuaciones previstas en la zona dentro del proyecto MEMORIA DESCRIPTIVA DEL ENSAYO DE ASPIRACIÓN EXPERIMENTAL DE SEDIMENTOS Y ARENAS DE LAS PLAYAS DE LOS ALCÁCERES Y LOS URRUTIAS (CARTAGENA), elaborada por la DG del Mar Menor.

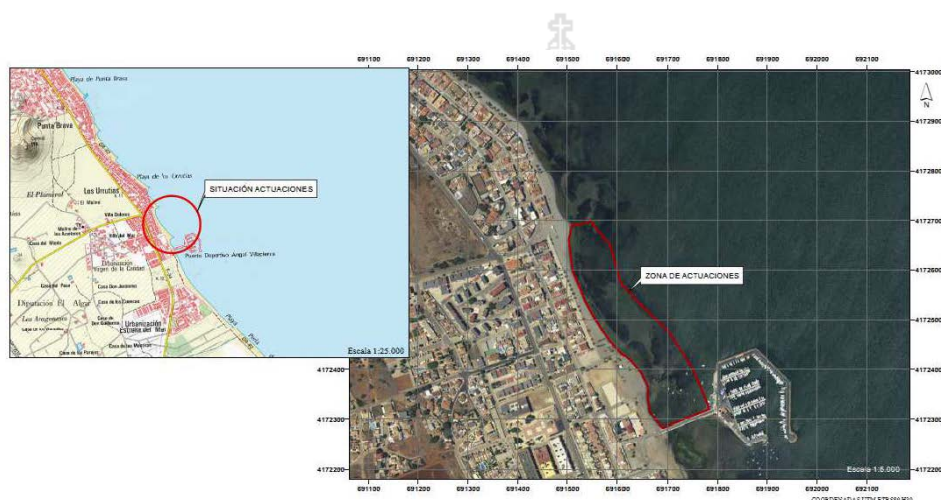


Figura 1. Localización del área de actuación del proyecto de la DG del Mar Menor.

En la mencionada memoria se acusa que en esta zona las playas “han sufrido una fuerte erosión debido al efecto del oleaje durante los temporales, así como por la acción de las aguas de escorrentía superficial.....generándose acumulaciones de arena en las proximidades de la orilla que muchas ocasiones llegan a emerger del agua formando los denominados *secos*.”. A continuación explica que estas arenas han sido extraídas con retroexcavadoras, formando zanjas que se han colmatado de fangos. Por otro lado se comenta que las praderas de la zona, cartografiadas por este mismo equipo del IEO en 2014, han sido enterradas por estos secos y barras de arena (aunque no se aporta una cartografía actualizada que lo justifique). Otro problema adicional en la zona es el enfangamiento en las inmediaciones del puerto deportivo, fenómeno ya descrito en la cartografía del IEO de 2014 y que persiste desde la construcción de la mencionada infraestructura.

Para corregir estas alteraciones sedimentarias, la DG del Mar Menor propone realizar, con carácter experimental, una serie de pruebas empleando **técnicas de aspiración**, como alternativa a la extracción con retroexcavadora como se ha venido haciendo hasta ahora. **El objetivo es comprobar si estas técnicas son viables para retirar las arenas sin destruir las praderas marinas.** Estas pruebas fueron realizadas el 22 de febrero de 2018 en una zona concreta localizada al norte del área de actuación mostrada en la figura 1. En la figura 2 se muestra una imagen de la maquinaria empleada, conocida como equipo *Watermaster*.



Figura 2. Equipo *Watermaster* durante las pruebas de aspiración de sedimentos realizadas en la playa de Los Urrutias.

De acuerdo con lo anterior, los **objetivos específicos** de este informe fueron los siguientes:

- 1.- caracterización de la composición y distribución de las praderas marinas comprendidas en el área de actuación (figura 1), que sirva además de “estado cero” para determinar la evolución del hábitat en años sucesivos.
- 2.- valorar la extensión de las acumulaciones de fangos y las barras de arena y su afección a las praderas de *Cymodocea nodosa*.
- 3.- valorar la compatibilidad del método de aspiración del sedimento con la conservación de las praderas de *C. nodosa*.

Metodología empleada

Se realizaron hasta cuatro visitas a la zona para el cartografiado de las praderas marinas, entre los días 16 y 27 de febrero. Para ello se empleó el método clásico del transecto lineal. En la figura 3 se muestra la posición de los 8 transectos.

Cada transecto, de entre 100 y 120 m de longitud, se encuentra fijado con coordenadas mediante GPS y rumbos obtenidos *in situ* mediante un compás. La prueba de aspiración de sedimentos se realizó en una parte del transecto 8.

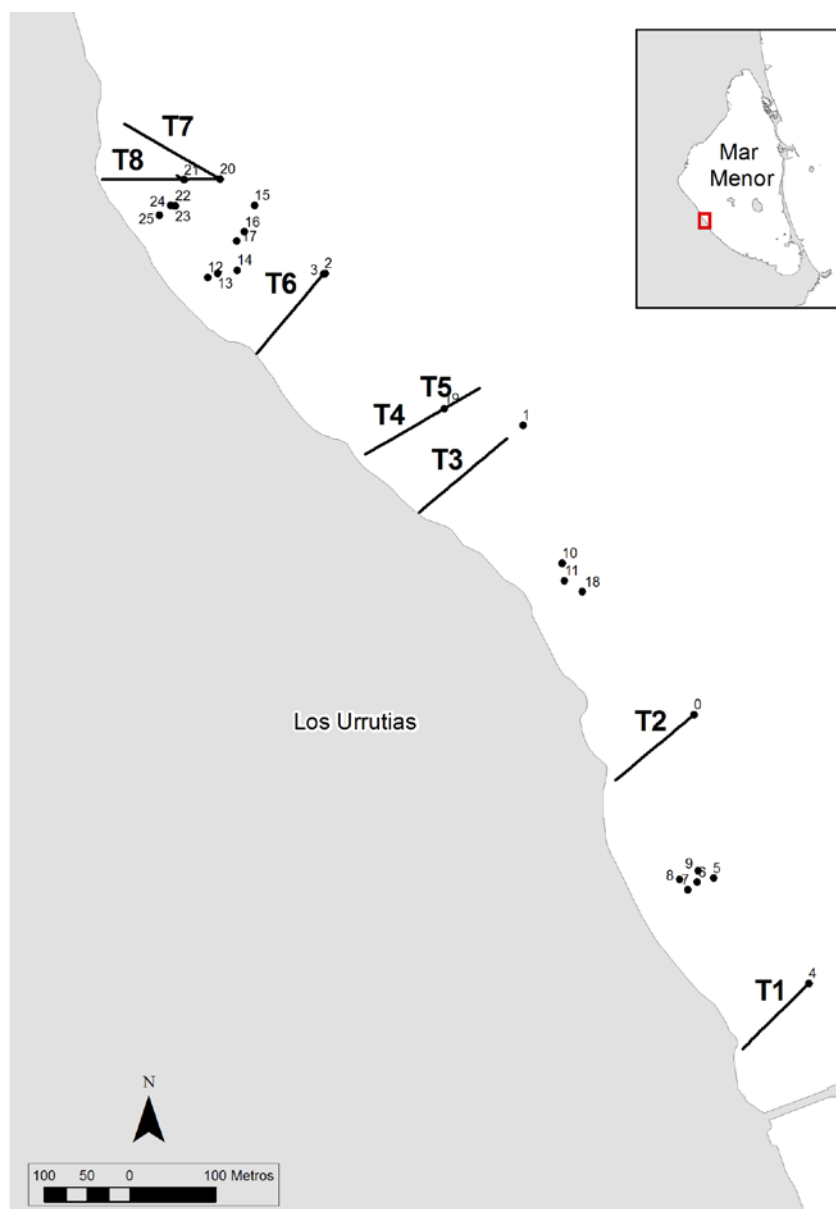


Figura 3. Localización de los transectos realizados para la caracterización de las comunidades de macrófitos bentónicos. Los puntos representan zonas de comprobación adicionales.

Una pareja de buceadores recorría los transectos anotando la distancia y profundidad a la que tenía lugar cada cambio de comunidad y/o tipo de fondo. Los cambios de comunidad eran marcados también mediante GPS de forma que fueran perfectamente georreferenciables en una base de datos SIG, tarea que se realizaba al llegar al laboratorio. La información obtenida en los transectos se representó además en perfiles tridimensionales indicando las variaciones de especies y comunidades en función de la profundidad y la distancia.

Además de estos transectos, se realizaron múltiples observaciones adicionales (y georreferenciadas) que reforzaran la interpretación de las manchas identificadas en las imágenes de satélite (imagen de otoño de 2017) y obtener un mapa en dos dimensiones de la distribución de los tipos de comunidades en todo el área. Debido a que la ortofoto disponible no era actual (otoño de 2017), estas comprobaciones eran fundamentales para la interpolación de la información de los transectos al resto del área.



Figura 4. Buceadores y embarcación del IEO durante la realización de los transectos.

El 5 de marzo se volvió a visitar la zona para documentar fotográficamente la zona en que se realizó la prueba de extracción de sedimentos y comprobar en buenas condiciones de visibilidad los efectos de dicha acción sobre las praderas de *C. nodosa*. Además se contó con dos videos en alta resolución realizados por biólogos de TRAGSA el 26 de febrero, es decir, tan solo 5 días después de la realización de las pruebas de aspiración. Estos vídeos fueron adquiridos previa autorización a la empresa.

Resultados

Los datos obtenidos a lo largo de los transectos se representan en las figuras 5A – 5H. En la figura 6 se muestra el resultado de interpolar la información de los transectos y observaciones adicionales al área total. En todas estas figuras se indica la distribución estimada de las formaciones dunares sumergidas y de los fangos anóxicos como resultado de integrar las observaciones realizadas *in situ* con la imagen de la ortofoto de otoño de 2017. El resultado obtenido es solo una aproximación a la situación real, por varias razones. En primer lugar la información obtenida *in situ* y la de la imagen corresponden a momentos diferentes y, en segundo lugar, no se dispone de información espacial en continuo. Esto puede dar lugar a una subestimación de las superficies de estos tipos de fondos, pero para compensarlo se realizaron comprobaciones adicionales entre transectos situadas de forma estratégica (figura 3), con la intención de minimizar en lo posible tal subestimación.

Por formación dunar sumergida se hace referencia solo a la estructura geológica que forman las arenas a consecuencia de su dinámica de transporte y acumulación. Los datos obtenidos *in situ* permiten su representación en las figuras 5 y 6, independientemente de la comunidad biológica que la cubre. Estas estructuras dunares son comunes en los fondos arenosos someros y su tamaño varía en función del régimen hidrodinámico y los aportes sedimentarios. Las especies de macrófitos como *C. nodosa* y *C. prolifera* se encuentran particularmente adaptadas a colonizar fondos caracterizados por la formación y desplazamiento de este tipo de estructuras sedimentarias. En la playa de Los Urrutias, las formaciones dunares descritas parecen ser algo más prominente que las observadas en otras zonas similares de la costa mar menorense, lo cual probablemente se deba a los aportes masivos de sedimentos para alimentar la playa artificial creada en los años 1985 y 1987.



Izquierda: formaciones dunares submarinas paralelas a costa mostrando diferentes grados de colonización de la vegetación. **Derecha:** zona arenosa asociada a una duna submarina siendo colonizada por *C. nodosa*. Estos rizomas fueron desenterrados para poder fotografiar los rizomas y comprobar su estado, pero se encontraban enterrados bajo varios centímetros de sedimento, como es natural en este tipo de praderas someras.

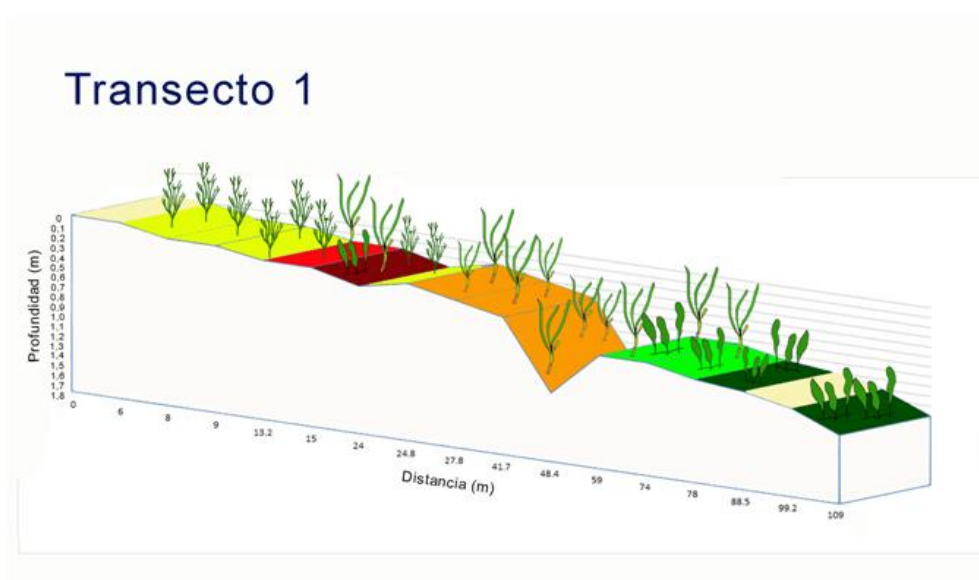


Figura 5A. Zona del transecto T1 adyacente al puerto deportivo de Los Urrutias. A la izquierda de la imagen se aprecia un pequeño seco no recogido en el transecto.

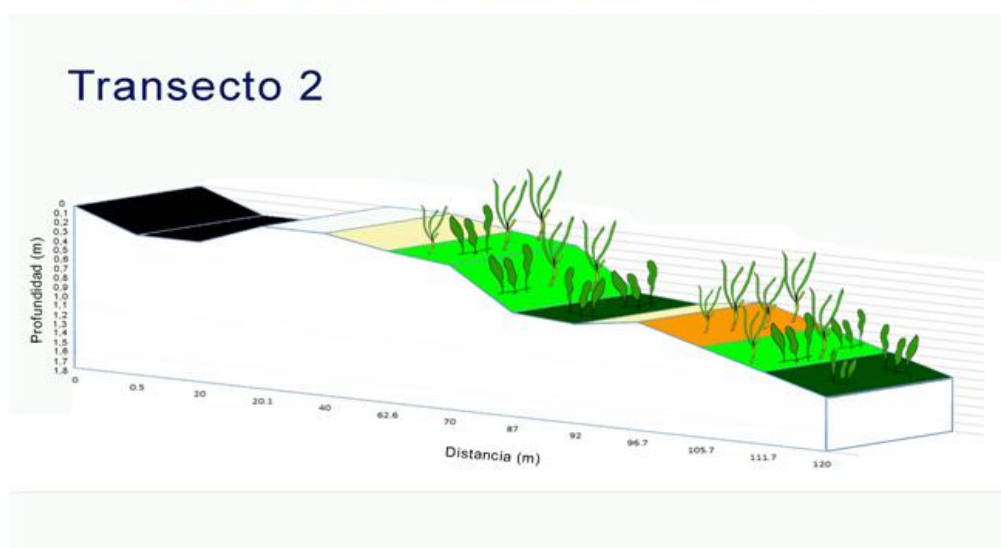


Figura 5B. Zona del transecto T2.



Transecto 3

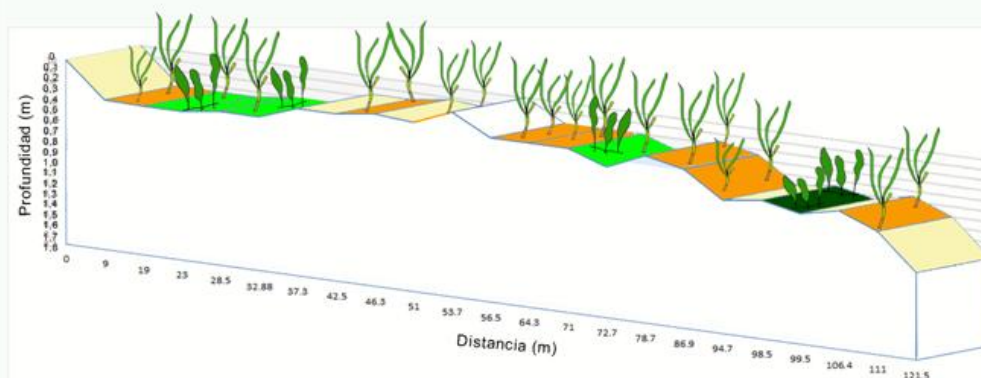


Figura 5C. Zona del transecto T3.



Transecto 4

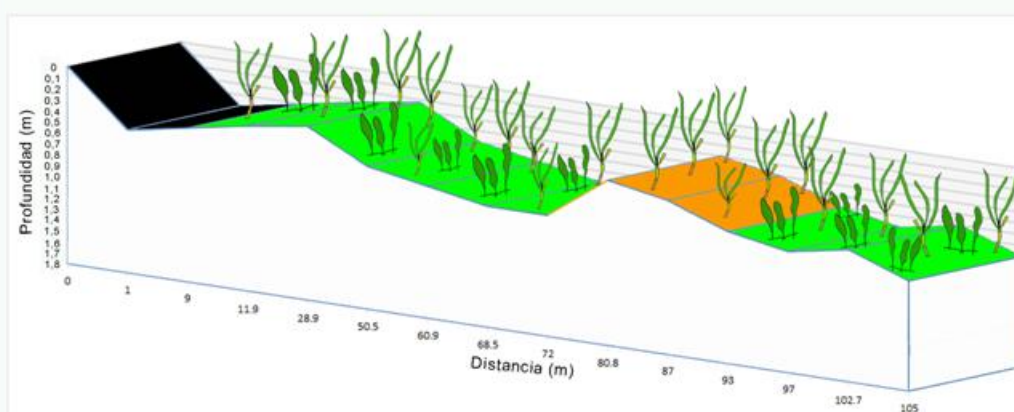


Figura 5D. Zona del transecto 4.



Transecto 5

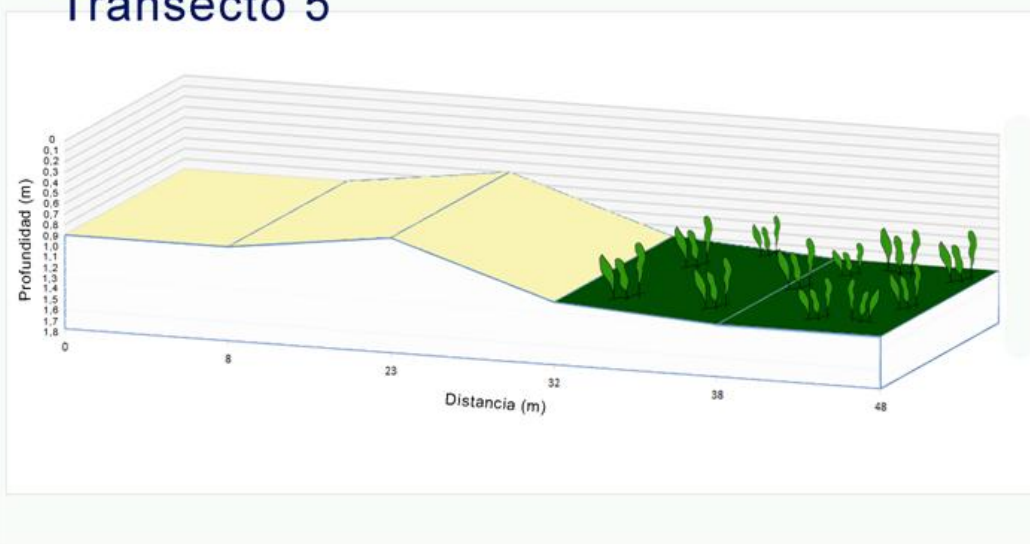


Figura 5E. Zona del transecto T5



Transecto 6

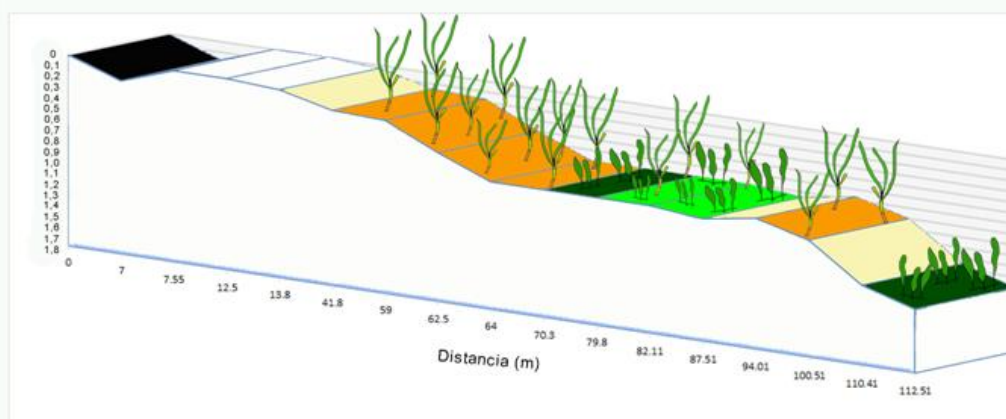


Figura 5F. Zona del transecto 6.



Transecto 7

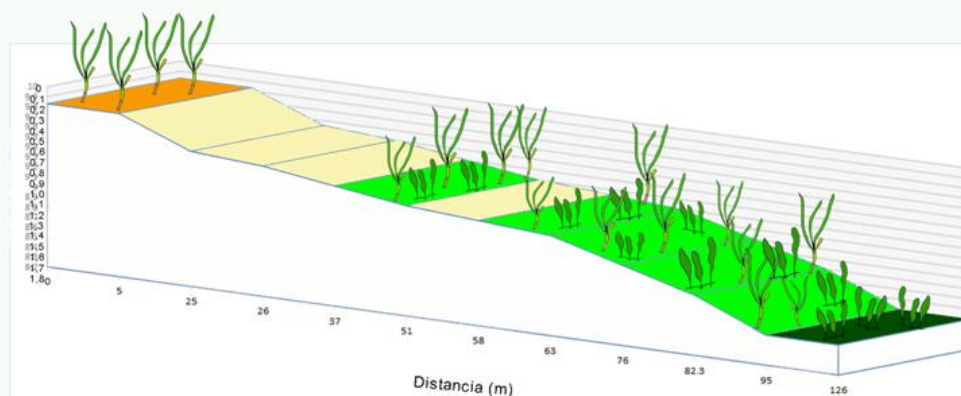


Figura 5G. Zona del transecto 7.



Transecto 8

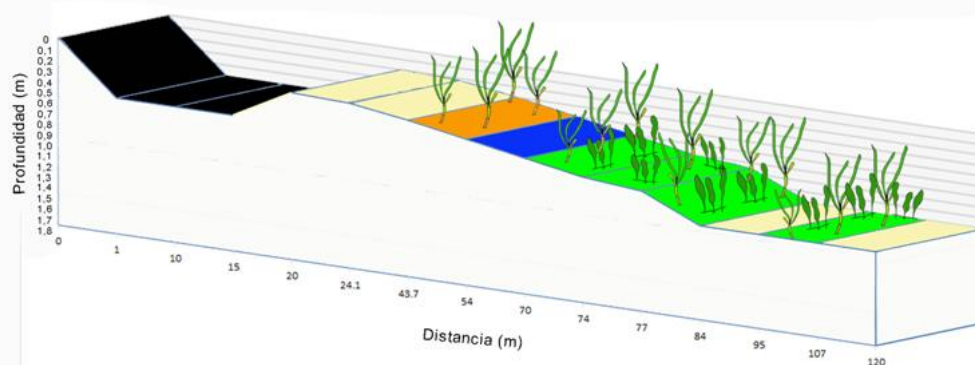


Figura 5H. Zona del transecto 8



Figura 6. Mapa de distribución de las comunidades de macrófitos bentónicos.

Distribución de las comunidades de macrófitos

Se observa un patrón general de zonación de las comunidades de macrófitos característico de las zonas más o menos abiertas de la rivera este del Mar Menor. Esta zonación básica consiste en el predominio de la angiosperma *C. nodosa* en las zonas someras y el predominio del clorófito *C. prolifera* en las zonas más profundas. De hecho, a partir de una profundidad variable entre 0,8 y 1 m de profundidad, y a unos 100 m de distancia de la línea de costa, se encuentra el límite de una pradera monoespecífica de *C. prolifera*, cuyos sedimentos presentan cierto grado de enfangamiento.

Tan solo en la parte más somera del transecto 1 aparece una tercera especie de macrófito, la angiosperma *R. cirrhosa*, propia de zonas expuestas a la emersión y con régimen hidrodinámico restringido, que corresponde precisamente al ambiente en que se ha observado adyacente a las instalaciones náuticas.



El resto del área estudiada se encuentra ocupada por praderas de *C. nodosa* que aparecen formando praderas monoespecíficas o mixtas (sobre todo con *C. prolifera*) (figuras 6 y 7), con densidad y cobertura variable, dependiendo de la profundidad, la zona, la etapa de colonización y de las irregularidades de la topografía submarina, marcada por el régimen de perturbaciones característico de esta zona. Respecto a esto último en todos los transectos estudiados se aprecian formaciones sedimentarias tipo duna, en las que se diferencian zonas de cresta y valle, dispuestas de forma paralela u oblicua respecto a la línea de costa y a diferentes distancias de la misma. Algunas de las que están más próximas a costa llegan a emerger una parte de la zona de cresta (p.e. Transectos 2, 3 y 6). Estas zonas emergidas son de formación reciente, ocupan muy poca extensión en el área estudiada y se encuentran colonizadas por praderas de *C. nodosa* muy densas y vigorosas (como se deduce del crecimiento de los rizomas), llegando a emerger en la zona de la orilla como ocurre en muchas praderas en toda la rivera del Mar Menor en algunas épocas del año (épocas de secas en invierno).

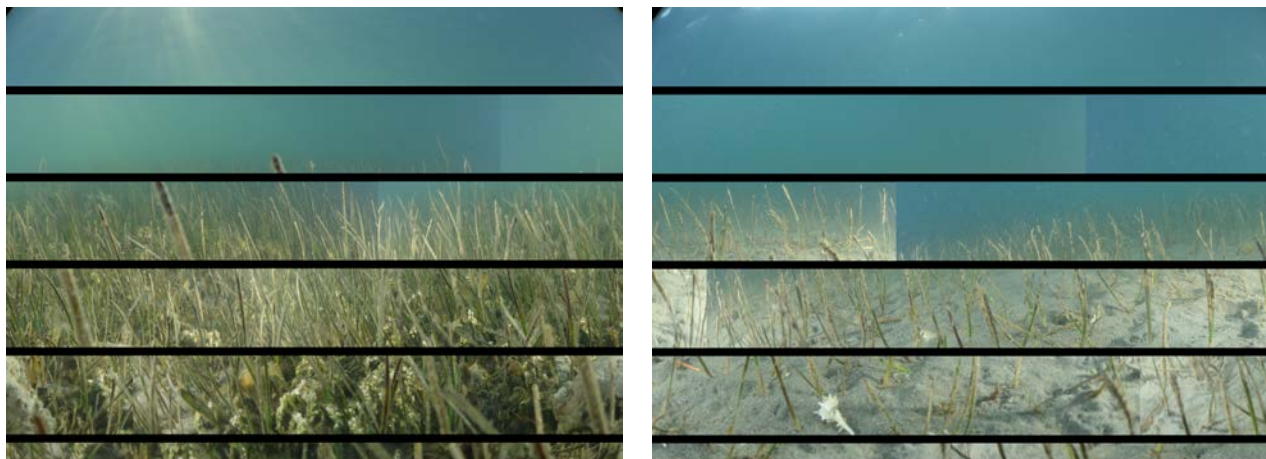


Figura 6. Pradera monoespecífica de *C. nodosa* sobre arena con diferentes grados de densidad de haces.



Figura 7. Pradera mixta muy densa de *C. nodosa* y *C. prolifera*.



Figura 8. Zonas emergidas de arena ("secos") densamente colonizados por *C. nodosa* hasta la orilla, donde los haces llegan incluso a emerger.

La mayor parte de las praderas de *C. nodosa*, tanto monoespecíficas como mixtas, se desarrollan sobre sedimentos arenosos con escaso grado de enfangamiento. Las praderas altamente enfangadas y anóxicas solo se observan en algunos de los transectos (T2, T4, T6 y T8), asociados a una estrecha banda de ancho variable (entre 7 y 20 m) pegada a la misma orilla de la playa, más o menos continua (Figura 6). Estos fangos aparecen colonizados por pradera mixta de *C. nodosa* y pradera monoespecífica de *C. prolifera*.



Figura 8. Pradera de *C. prolifera* colonizando la franja de fangos anóxicos adyacentes a la orilla de la playa (Transecto 8).



Figura 9. Izda.: imagen de la playa de Los Urrutias varios años atrás, cuando todavía existían los espigones de la zona norte. Dcha.: imagen más reciente (otoño 2017) tras la eliminación de los espigones. En la primera imagen no se aprecia la formación de secos, mientras que si se aprecian en la segunda.

Afección de los fangos anóxicos y arenas emergidas (secos) sobre la pradera de *C. nodosa*.

Como se ha comentado, las zonas de arenas emergidas o “secos” son la zona de cresta de formaciones tipo duna submarina. A juzgar por imágenes de satélite de otros años estas estructuras parecen haber existido en la zona en periodos anteriores, probablemente relacionado con aportes masivos de arenas para la creación de una playa artificial. No obstante estas zonas de arenas emergidas son de muy reciente aparición, lo que podría estar relacionado con la eliminación de dos espigones localizados aguas arriba de la zona de estudio (figura 9). La eliminación de los espigones puede haber liberado grandes cantidades de arenas acumuladas y cambiado el patrón hidrodinámico local, obligando a una nueva configuración en la distribución de los sedimentos.

En cualquier caso, la superficie ocupada por estos secos emergidos es bastante reducida y *C. nodosa* muestra una gran capacidad de colonizar estas formaciones dunares, e incluso de resistir su enterramiento, como se observa en la zona estudiada (figura de la página 5 y figura 10) y de acuerdo con la amplia literatura

científica sobre el tema (Terrados 1993; Marbà et al. 1994; Marbà y Duarte 1994, 1995, 1998). Su adaptación a los ambientes sedimentarios es tal que las praderas de *C. nodosa* han sido empleadas como trazadores de la dinámica (migración) de estructuras dunares submarinas muy similares a las presentes en la playa de Los Urrutias. En muchas zonas del área de estudio asociadas a las formaciones dunares se observaban haces (hojas) de *C. nodosa* sobresaliendo del sedimento (p.e. figura 10), quedando enterrada la parte basal del haz y la red de rizomas a la que pertenecen. Esto puede dar la falsa sensación de que los secos están enterrando la pradera hasta el punto de ponerla en riesgo de desaparecer. Todo lo contrario, es una especie que no solo se encuentra perfectamente adaptada al enterramiento (hasta más de 10 y 15 cm), sino que sus rizomas y raíces necesitan mantenerse enterrados ya que, al ser más lábiles y frágiles que los de otras especies conocidas (p.e. *Posidonia oceanica*), si se mantuvieran desenterrados durante un tiempo experimentarían un rápido deterioro y descomposición por acción de los epífitos, microorganismos y mesoherbívoros, tal y como se observa habitualmente en praderas naturales desenterradas por acción de los temporales. Igualmente, *C. nodosa* se encuentra muy bien adaptada a la desecación (Sandoval-Gil et al. 2015), lo que le permite colonizar y persistir zonas muy próximas a las orillas que en épocas de elevada presión atmosférica quedan expuestas al aire, tal y como se ha documentado en la zona de estudio para este informe (figura 8). Se puede afirmar, por tanto, que en base a las observaciones realizadas y el conocimiento científico sobre la biología y ecología de esta especie de angiosperma marina, se descarta por completo la posibilidad de que estas estructuras sedimentarias sean una amenaza para su hábitat potencial y estado de conservación.

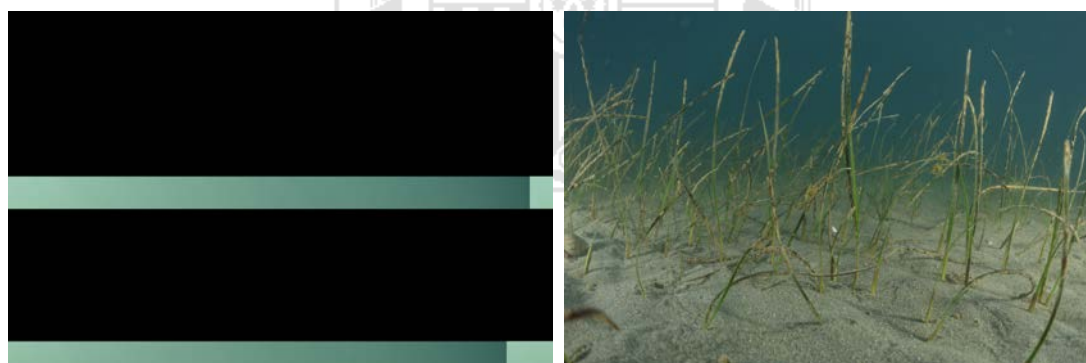


Figura 10. Izda.: Rizoma colonizador de *C. nodosa* sobre un fondo arenoso desnudo asociado a un seco emergido. Dcha.: fondo arenoso alrededor de un seco emergido colonizado por *C. nodosa*. En ambos casos se aprecia el enterramiento de los rizomas y parte de la zona basal de las hojas.

Respecto a los fangos, es posible que la formación de los secos pudiera agravar la situación en algunas zonas de la playa, pero por su localización y extensión, su origen no está relacionado con estas estructuras sedimentarias. Su origen es probablemente anterior y relacionado con tareas de mantenimiento de la playa

artificial para las que se emplea retroexcavadora desde la orilla. Este tipo de operaciones crea una zanja que a continuación se colmata de fango y materia orgánica (restos de algas), alcanzando importantes niveles de anoxia. Basándonos en la zonación observada en los transectos 3 y 7, este tipo de prácticas afectaría a una estrecha franja de pradera monoespecífica de *C. nodosa* característica de las zonas de orilla de muchas playas del Mar Menor.

Afección de las pruebas de aspiración de sedimentos sobre la pradera de *C. nodosa*

Durante las operaciones de aspiración se pudo constatar que la maquinaria empleada causaba la rotura del entramado de rizomas y raíces de la pradera de *C. nodosa*, a juzgar por la presencia de abundantes fragmentos de raíces y rizomas flotando en la superficie del agua (Figura 11). Éstos tienden a flotar debido a las cavidades llenas de aire de sus tejidos (tejido lagunar), particularmente desarrolladas en esta especie.



Figura 11. Rizomas y raíces de *C. nodosa* arrancados del fondo durante las tareas de aspiración de sedimentos.

Tras la realización de los transectos se comprobó que la zona afectada por las pruebas de aspiración se localiza a la altura del transecto 8, entre los metros 54 y 70 desde la línea de costa (Figura 5H). En esta zona el grado de afección a la pradera era bastante variable, encontrándose superficies en las que se observaban rizomas en el fondo y otras en las que los rizomas habían desaparecido por completo (Figura 12).

Como se aprecia en la figura 12, el paso de la máquina de aspiración de sedimentos causó la rotura y seccionamiento de los rizomas, interrumpiendo por completo la integridad clonal y estructura de la pradera de *C. nodosa*. En los casos en los que los rizomas y raíces no habían desaparecido por completo (figura 13), estos se

encontraban intensamente fragmentados y desenterrados. En la imagen de la figura 13 se puede apreciar que los fragmentos de rizoma habían perdido incluso la horizontalidad debido al efecto de su flotabilidad positiva tras perder la matriz de sedimento. Todas estas observaciones coincidían además con las imágenes de vídeo tomadas por biólogos de la empresa TRAGSA cinco días después de la prueba de aspiración, en los mismos sitios en los que fueron tomadas las imágenes de las figuras 12 y 13 (Figura 14).



Figura 12. Límite entre zona dragada (izquierda) y pradera original intacta (derecha). En la zona dragada se observan restos de rizomas y raíces. En el límite se observa el sistema de rizomas y raíces completamente seccionados y descalzados (sin sedimento).



Figura 13. Aspecto de los rizomas y raíces de la pradera descubiertos tras el paso del equipo de aspiración. Destaca su elevado grado de fragmentación, descalzamiento y posición vertical de los fragmentos de rizoma.

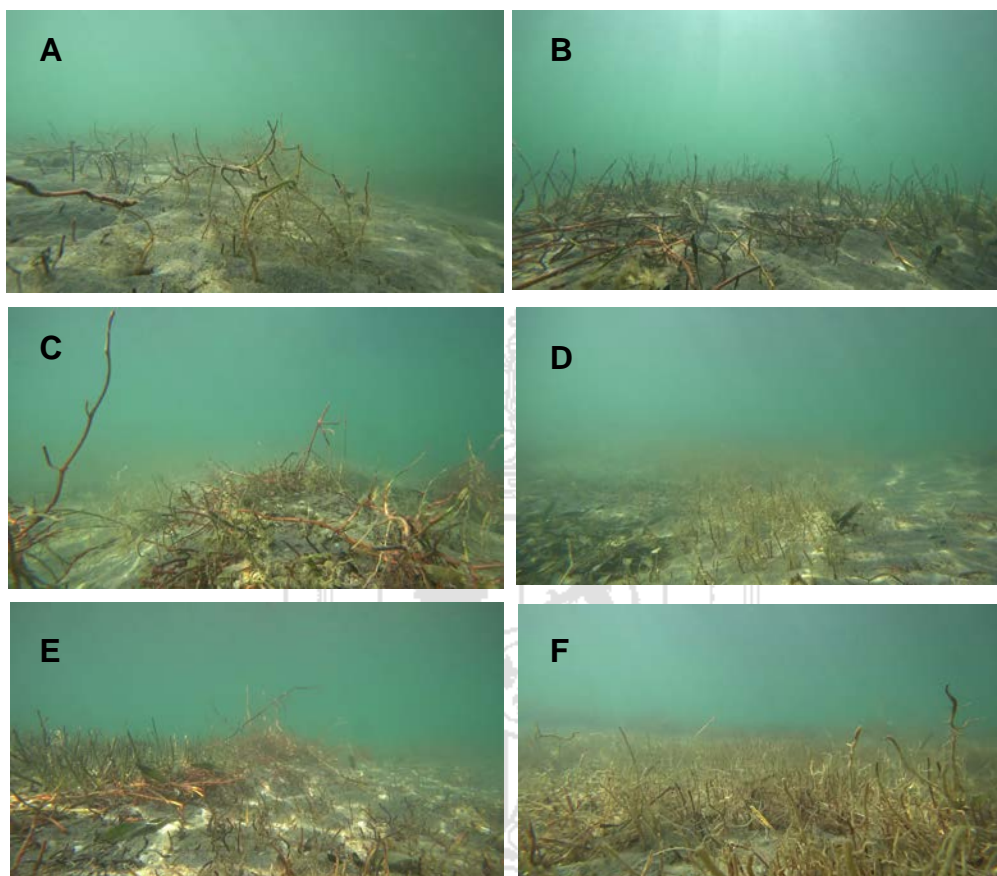


Figura 14. Capturas seleccionadas de los videos realizados por TRAGSA en la zona de actuación el 26 de febrero de 2018. En las imágenes A, B y C se aprecian los rizomas intensamente fragmentados y las raíces descalzadas; en E se muestra el límite de la pradera con la zona de extracción de sedimentos, donde se observa claramente la desaparición del entramado de rizomas y restos de raíces como único vestigio de la pradera existente antes de la actuación. En D y F se muestra un detalle de las zonas de pradera en las que se ha extraído el sedimento, donde se puede comprobar que la mayor parte de los restos de pradera son raíces y algún fragmento aislado de rizoma.

En resumen, en base a estas observaciones consideramos que las acciones de aspiración de sedimentos desarrolladas en Los Urrutias causan el deterioro y/o pérdida de la integridad funcional y estructural del entramado de rizomas y raíces que soporta las praderas de *C. nodosa*, por las siguientes razones:

- 1.- En algunas zonas la desaparición del sistema de rizomas y raíces es casi total.
- 2.- En las zonas en las que se mantiene cierta biomasa de rizomas y raíces, el sistema se encuentra severamente fragmentado, perdiendo así la integridad clonal necesaria para su funcionamiento.
- 3.- En algunas zonas la mayor parte de la biomasa que permanece tras la aspiración de sedimentos está formada por raíces partidas y desenterradas.
- 3.- El grado de desenterramiento del sistema de raíces y rizomas era bastante intenso, lo cual hace inviable su funcionamiento, especialmente en el caso de las raíces, que precisan del entorno físico-químico que provee el sedimento para su funcionamiento.
- 4.- Los tejidos subterráneos, una vez desenterrados, quedan expuestos a procesos de descomposición rápida por microorganismos, epífitos y mesoherbívoros. Los tejidos no fotosintéticos de *C. nodosa* (rizomas y raíces) son mucho más lábiles que los de otras especies conocidas (p.e. *Posidonia oceanica*) y una vez desenterrados se descomponen con facilidad y rapidez.

En consecuencia, este tipo de actuaciones causan un deterioro notable del estado de conservación de la pradera de *C. nodosa*.

Recuperación y seguimiento de la pradera de *C. nodosa*

En base a las observaciones realizadas en la zona de actuación (transecto 8), y el conocimiento científico disponible, la regeneración de la pradera por desarrollo vegetativo a partir de los restos de rizomas y raíces (figuras 12, 13 y 14) es muy poco viable. Al ser organismos clonales, en las praderas marinas el individuo auténtico (*genet*) está formado por una serie de haces (*ramets*) conectados entre sí mediante un rizoma; los ápices de los rizomas contienen los meristemos apicales, que son los que dirigen el crecimiento vegetativo del clon (Terrados et al. 1997a,b; Brun et al. 2007). Además de esto se ha demostrado que estos meristemos apicales son más productivos y envían recursos (carbono y nutrientes) a la población de haces del clon a través de los rizomas y sus ramificaciones (Marbà et al. 2002; Brun et al. 2007). Es cierto que un fragmento de rizoma tiene la potencialidad de regenerar el clon original, pero no siempre, depende de la especie y muchos factores. Lo que también es cierto es que si la continuidad del rizoma dentro de este individuo clonal se interrumpe en múltiples sitios, las funciones anteriores también se interrumpen y puede producirse la pérdida de la integridad funcional del clon entero. Pero además, en muchas zonas la mayoría de los restos observados eran raíces y los fragmentos de rizomas eran escasos y pequeños (figuras 13 y 14). A partir de estas condiciones es casi imposible que una pradera de *C. nodosa* se regenere de forma vegetativa.



La recuperación de la pradera dependerá, por tanto, de dos mecanismos fundamentales:

- a) Crecimiento vegetativo desde los meristemos apicales de las manchas de pradera que rodean la zona de actuación.
- b) Producción de nuevas plantas a partir de germinación de semillas presentes en el sedimento. No existen datos del banco de semillas de esta pradera antes y después de la actuación, por lo que se desconoce el potencial real de este mecanismo.

En base al alcance bastante local del área de pradera afectada es esperable también que dicha recolonización sea viable en un periodo de tiempo bastante razonable, del orden de 1 año, sin que sean necesarias acciones complementarias de restauración.

Los resultados mostrados en este informe servirán de estado cero para evaluar la dinámica de recuperación de la pradera de *C. nodosa*. Para ello se repetirán los transectos con una periodicidad adecuada (cada 3-4 meses) en las mismas posiciones y orientaciones, siendo complementado por una serie de medidas adicionales de su estructura poblacional.

Conclusiones

1. La zona de la playa de Los Urrutias caracterizada en este informe presenta unas comunidades de vegetación bentónica cuya composición y distribución espacial sigue unos patrones parecidos a los de otras zonas de características ambientales similares.
2. Se descarta que la presencia de “secos” asociados a las estructuras sedimentarias dunares y la presencia de los fangos en la orilla supongan una amenaza y merma de la extensión del hábitat de *C. nodosa* y su estado de conservación. Por tanto, actuaciones dirigidas a eliminar estos secos y fangos no se encuentran justificadas en términos de restauración de estos hábitats en el Mar Menor.
3. Los métodos de extracción de sedimentos basados en la aspiración por el equipo *watermaster*, si bien se observan que permanecen restos de rizomas y raíces tras la extracción del sedimento, éstos se encuentran severamente dañados hasta el punto que muy probablemente se ha perdido la integridad funcional y estructural de la red de rizomas de los clones que componen la pradera existente, quedando su estado notablemente deteriorado y con difícil capacidad de recuperación a partir de los restos observados.
4. La recuperación del área de pradera de *C. nodosa* afectada por la experiencia de aspiración de sedimentos es probablemente viable en un periodo de tiempo razonable, debido sobre todo al reducido tamaño del



área afectada y a mecanismos de recolonización vegetativo y sexual. No obstante, dados los efectos mencionados en el punto anterior no se considera ni aconsejable ni viable el empleo de estas técnicas para extraer sedimentos de zonas de praderas de *C. nodosa* a mayor escala.

5. El equipo del IEO realizará un seguimiento periódico de la zona tomando como estado cero la información obtenida en este informe.

Referencias bibliográficas

FG Brun, F Cummaudo, I Olivé, JJ Vergara, JL Pérez-Lloréns. 2007. Clonal extent, apical dominance and networking features in the phalanx angiosperm *Zostera noltii* Hornem. *Marine Biology* 151 (5), 1917-1927

Marbà N., Cebrián J. Enríquez S. & Duarte CM. 1994. Migration of large-scale subaqueous bedforms measuring using seagrasses (*C. nodosa*) as tracers. *Limnology & Oceanography* 39: 126-133.

Marbà N & Duarte CM. 1994. Growth response of the seagrass *C. nodosa* to experimental burial and erosion. *Marine Ecology Progress Series* 107: 307-311.

Marbà N & Duarte CM. 1995. Coupling of seagrass *C. nodosa* patch dynamics to subaqueous dune migration. *Journal of Ecology* 83: 381-389.

Marbà N & Duarte CM. 2001. Rhizome elongation and seagrass clonal growth. *Marine Ecology Progress Series* 174: 269-280.

Marbà N., Hemminga M, Mateo MA, Duarte CM, Terrados J. & Gacia E. 2002. Carbon and nitrogen translocation between seagrass ramets. *Marine Ecology Progress Series* 226: 287-300.

Jose M Sandoval-Gil, Isabel Barrote, João Silva, Irene Olivé, Monya M Costa, Juan M Ruiz, Lázaro Marín-Guirao, Jose L Sánchez-Lizaso, Rui Santos. 2015. Plant water relations of intertidal and subtidal seagrasses. *Marine Ecology* 36: 1294-1310.

Terrados J. 1993. Is light involved in the vertical growth response of seagrasses when buried by sand?. *Marine Ecology Progress Series* 152: 295-299.

Terrados J., Duarte C.M. & Kenworthy W.J. 1997a. Experimental evidence for apical dominance in the seagrass *C. nodosa*. *Marine Ecology Progress Series* 148: 263-268.

Terrados J., Duarte C.M. & Kenworthy W.J. 1997b. Is the apical growth of *C. nodosa* dependent on clonal integration?. *Marine Ecology Progress Series* 158: 103-110.