



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Gandia

Cartografía de praderas de *Cymodocea nodosa* del sector
sur del Golfo de Valencia

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Evaluación y Seguimiento Ambiental de
Ecosistemas Marinos y Costeros

AUTOR/A: Maimi Checa, Meritxell

Tutor/a: Rodilla Alamá, Miguel

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a mi familia; a mis padres por creer en mí y apoyarme en la decisión de realizar este máster; a mi pareja Denis, por estar a mi lado en todo momento, ayudándome en todo lo que podía para que tuviera todo mi tiempo y energía para finalizar este estudio; y a mi hermano y cuñado, por existir.

Agradezco enormemente a mi tutor Miguel Rodilla, por la oportunidad de realizar este trabajo apasionante y poder colaborar con él, su pasión por la investigación me ha hecho disfrutar y aprender en cada una de las salidas que hemos realizado.

A Blanca Feliu, por su disposición, amabilidad y compañerismo.

A mis compañeros Lucía y Carles, con los que he compartido inmersiones y aprendizajes.

A Silvia, Manu, Lluís, Ángel, y todas las personas que, de una forma u otra, me han ayudado a realizar este trabajo.

RESUMEN

Las fanerógamas marinas son ampliamente conocidas por sus múltiples servicios ecosistémicos, pero la información existente sobre su abundancia y distribución en el sector sur del Golfo de Valencia es escasa y está desactualizada. Los temporales que afectan a esta zona, especialmente el temporal Gloria, han dejado rastro de su impacto sobre las praderas de *Cymodocea nodosa* en las playas de esta costa, por lo que es necesaria una evaluación de la situación de las praderas de esta especie.

En este trabajo comparamos la densidad y distribución de las praderas de *Cymodocea nodosa* del sector sur del Golfo de Valencia con los datos cartográficos existentes del año 2007. Como resultado obtuvimos que muchas de las praderas cartografiadas en 2007 han desaparecido y que las praderas que existen actualmente tienen una baja densidad de haces/m². Además, la cartografía de 2007 no concuerda con la distribución actual de esta fanerógama, por lo que es necesaria su actualización.

Palabras clave: *Cymodocea nodosa*, temporales marinos, praderas, fanerógama, cartografía, cambio climático.

ABSTRACT

Seagrasses are widely known for their multiple ecosystem services, but existing information on their abundance and distribution in the southern sector of the Gulf of Valencia is scarce and out of date. The storms that affect this area, especially the Gloria storm, have left traces of their impact on the *Cymodocea nodosa* meadows on the beaches of this coast, so an evaluation of the situation of the meadows of this species is necessary.

In this work we compare the density and distribution of *Cymodocea nodosa* meadows in the southern sector of the Gulf of Valencia with existing cartographic data from 2007. As a result, we obtained that many of the meadows mapped in 2007 have disappeared and that the meadows that currently exist they have a low density of beams/m². In addition, the 2007 cartography does not agree with the current distribution of this seagrass, so it is necessary to update it.

Keywords: *Cymodocea nodosa*, marine storms, meadows, seagrass, cartography, climate change.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	7
3. MATERIAL Y MÉTODOS	7
4. RESULTADOS	11
❖ Zona A – Perelló y Les Palmeres:	11
❖ Zona B – Daimuz:	12
❖ Zona C – Guardamar de la Safor:	13
❖ Zona B-C – Transecto con aquaplano:	15
❖ Zona D – Urbanización Riuet dels Gorcs:	16
❖ Zona E – Urbanización Bassetes:	17
❖ Zona F – Playa de Santa Ana:	18
5. DISCUSIÓN.....	21
6. CONCLUSIONES	24
7. BIBLIOGRAFÍA.....	25

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas marinos y costeros se encuentran entre los más productivos del planeta, por su diversidad genética, de especies y de ecosistemas; además, proporcionan productos y servicios esenciales para el bienestar humano. Entre los diferentes hábitats que encontramos en el ecosistema marino, las praderas de fanerógamas marinas son particularmente importantes por sus funciones ecológicas y servicios ecosistémicos, como su papel en la dinámica de la red alimentaria, las interacciones del paisaje marino y el potencial de resiliencia ecológica (Cullen & Unsworth, 2013).

Pese a su gran importancia, estos hábitats están actualmente sujetos a tasas de pérdida iguales y, a menudo, superiores a las de las selvas tropicales y los arrecifes de coral, con estimaciones que sugieren tasas de pérdida global sin precedentes de alrededor del 7% anual (Cullen & Unsworth, 2013). La distribución en el espacio de las diferentes comunidades es una herramienta básica para la gestión y conservación del patrimonio natural (Reviriego *et al.* 1996; Bianchi, 2007).

Las fanerógamas marinas más comunes en el mar Mediterráneo son *Posidonia oceanica* (L.) Delile, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers. y, en áreas poco profundas restringidas, *Zostera noltii* Hornem. Las praderas de *C. nodosa* son las segundas en extensión (por detrás de la *Posidonia oceanica*), y se puede encontrar mezclada con *Zostera noltii*, y frecuentemente con el alga verde *Caulerpa prolifera* (Buia & Mazzella, 1991).

La *Cymodocea nodosa* se halla a lo largo de toda la costa valenciana, recubriendo la mayor parte de los fondos arenosos (Ruiz *et al.*, 2015), ya que es propia de la franja infralitoral y tiende a colonizar áreas costeras con sustratos blandos, arenosos o arenoso-fangosos, llegando a una profundidad de 30 metros (Reyes *et al.*, 2000).

Se encuentra protegida en el LESRPE (Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial) (Ruiz *et al.*, 2015) y son un elemento biológico clave para la evaluación del estado ecológico de las aguas costeras en el marco de la Directiva Marco Europea del Agua (WFD, 2000/60/EC) (Ballesteros *et al.*, 2007).

En el Atlas de Praderas Marinas de España, se describe a la *Cymodocea nodosa* como una angiosperma marina que, al igual que el resto de angiospermas marinas, pertenece a

la clase de monocotiledóneas y al orden Alismatales, donde también existen especies terrestres, pero abundan las plantas acuáticas. Las angiospermas marinas se agrupan en cuatro familias: Posidoniaceae, Cymodoceaceae, Zosteraceae y Hydrocharitaceae (esta última engloba principalmente especies de agua dulce e incluye 3 géneros marinos) (Ruiz *et al.*, 2015); la *C. nodosa* pertenece a la familia Cymodoceaceae.

Esta especie de afinidad tropical encuentra su límite de distribución septentrional en el Mediterráneo. Su nombre científico proviene de *Cimódoce*, una de las ninfas del mar en la mitología griega, y *nodosa* hace referencia a la presencia de nudos en sus rizomas (Ruiz *et al.*, 2015).

Es una planta superior herbácea perenne que presenta tallo, raíces, hojas y flores. El tallo es herbáceo, de color rosado o anaranjado, con un sistema de rizomas horizontales largos enterrados en el sedimento (Martínez Samper, 2011).



Figura 1. 1. Rizoma y haces de *Cymodocea nodosa*.

Las hojas se agrupan en haces situados en los extremos de los rizomas. Cada haz puede tener un número variable de hojas, dependiendo de la época del año (Guidetti *et al.*, 2002). Son hojas alargadas y estrechas, en formato de cinta, en nuestro caso hemos observado ejemplares con hojas de longitud de hasta 25 cm.

Son plantas dioicas (las flores masculinas y las femeninas se encuentran en haces diferentes). En general, la floración tiene lugar en primavera y los frutos tardan unos dos meses en madurar, por lo que son abundantes en julio y agosto. La reproducción sexual tiene un papel limitado en la capacidad de colonización y dispersión de esta especie, limitación que queda parcialmente compensada por la capacidad de elongación de sus rizomas plagiótopos (Ruiz *et al.*, 2015). Esta reproducción asexual es determinante a la hora de considerar una replantación de la especie a partir de esquejes de esta, evitando la replantación por germinación.

El hábitat formado por esta planta proporciona una serie de beneficios al ecosistema litoral, algunos de ellos son: la atenuación del hidrodinamismo marino, lo que determina

una disminución de sus efectos erosivos; consolidación y estabilización de los sedimentos, gracias al entramado de rizomas que forma, y a la vez que enriquecen estos sedimentos con materia orgánica; también proporcionan hábitat a una mayor cantidad de especies que en los fondos blandos libres; en las praderas de fanerógamas marinas se asienta una rica biocenosis, que tiene una importancia fundamental en las cadenas tróficas del sistema litoral (González, 1995); aumentan la disponibilidad de O₂ por la realización de la fotosíntesis, además de constituir grandes sumideros de carbono; realizan un reciclaje de nutrientes, por lo que aumentan la calidad del agua, reduciendo su turbidez (Tuya, 2013).

Su hábitat potencial es variado, condicionado por varios factores. Estudios sobre variables ambientales relevantes que definen la distribución de *C. nodosa* (e.g Chefaoui *et al.*, 2016) definen la temperatura superficial del mar (TSM) y la salinidad como factores determinantes. La profundidad es otro factor determinante para su crecimiento, *C. nodosa* desarrolla una mayor proporción de hojas en relación con los rizomas y las raíces a mayor profundidad que otras fanerógamas del Mediterráneo, lo que favorece el equilibrio entre la fotosíntesis y la respiración en los brotes (Olesen *et al.*, 2002).

Es una especie con una amplia tolerancia ambiental, dotada de una elevada plasticidad morfológica y fisiológica, capaz de colonizar un área en relativamente poco tiempo en un amplio espectro de condiciones ambientales (Ruiz *et al.*, 2015).

En las costas españolas se encuentra tanto en ambientes submareales estuáricos con salinidades muy variables, como en lagunas costeras hipersalinas (así ocurre en el Mar Menor) (Terrados & Ros, 1992) o en mar abierto, desde los 0 m hasta una profundidad máxima que puede variar entre 15 y 36 m de profundidad, dependiendo del área geográfica (Ruiz *et al.*, 2015).

Coloniza normalmente fondos arenosos, pero se encuentran también en fangos anóxicos, roca, mata muerta de *P. oceanica* y lechos de *maërl*. *C. nodosa* es capaz también de colonizar ambientes con una intensa dinámica sedimentaria e hidrodinámica, como costas muy expuestas o desembocaduras de ríos y cauces temporales (Ruiz *et al.*, 2015).

Estudios recientes han demostrado la existencia de adaptaciones fisiológicas específicas que permiten a esta especie desarrollarse en estos ambientes tan extremos (Sandoval-Gil *et al.*, 2012)

No obstante, existen una serie de estudios que evidencian los factores antrópicos como los realmente determinantes en la distribución de esta planta submarina, como son las obras marítimas, cambios en la dinámica sedimentaria (enterramiento), aumento de la turbidez del agua y reducción lumínica, eutrofización por jaulas de engorde o vertidos de aguas residuales, fondeos de embarcaciones (Tuya, 2013), marisqueo (Rubio Astorga, 2017).

En cuanto a factores ambientales cabe destacar los cambios globales, calentamiento del agua, introducción de especies exóticas y aumento en la frecuencia de temporales (Tuya, 2013). Ligado a los cambios globales, el hidrodinamismo es considerado como uno de los factores de mayor afección al crecimiento de esta planta. El elevado hidrodinamismo provoca el enterramiento de los rizomas y en ocasiones de las hojas, así como la rotura de estas últimas (Delbono *et al.*, 2003). Las praderas de *C. nodosa* se ven afectadas de forma cíclica por los temporales que, en playas abiertas, y cuando se producen alturas de ola superiores a 3'9 m, pueden provocar el desenraizamiento de gran parte de sus poblamientos (el periodo de retorno de altura ola de 4'5 m es de 10 años, y de 2 años para alturas de ola de 3'8 m). Esta situación tiene un periodo de probabilidad de unos 10 años, plazo en el cual se recupera la mayor parte de sus praderas. Sin embargo, en los últimos años esta situación se ha dado en intervalos de tiempo menores (marzo de 2011, abril de 2013, cuando se alcanzaron alturas de ola de 3,98 y 3,96 m respectivamente), por lo que las praderas de *C. nodosa* no han podido recuperar sus habituales niveles de cobertura y densidad, sobre todo en fondos menores de 15 m, donde la energía del oleaje afecta a su sistema de raíces. Así, una mayor frecuentación de los temporales en el Mediterráneo, a consecuencia del cambio climático, podría afectar muy negativamente a las praderas de esta angiosperma (Ruiz *et al.*, 2015).

La *Cymodocea nodosa*, al igual que el resto de fanerógamas marinas, juega un papel fundamental en la manutención de los ecosistemas marinos y costeros. Sus múltiples servicios ecosistémicos la convierten en un factor decisivo en la carrera contra el cambio climático y el efecto invernadero.

Es por esto, que resulta esencial brindar esta especie con una buena gestión, conservación y restauración en circunstancias de deterioro de las praderas. Para ello, el seguimiento de las praderas es vital para conseguir alcanzar los objetivos de gestión y conservación.

Para realizar el seguimiento de las praderas, hemos basado nuestra búsqueda en la Ecocartografía del litoral de las provincias de Alicante y Valencia. Esta cartografía fue realizada durante los años 2006 y 2007 por las empresas HIDTMA e Iberinsa, y fue incluida en el Plan de Ecocartografías del litoral español, llevado a cabo por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar.

En esta Ecocartografía existe una capa de praderas de *Cymodocea nodosa* donde observamos únicamente una escasa extensión de praderas en la zona sur del Golfo de Valencia (Figura 1. 2), lo cual llama la atención ya que, al observar la Ecocartografía de Alicante y de Castellón, existe una mayor densidad de machas.

La cartografía existente en nuestra zona de estudio no se renueva desde 2007, por lo que consideramos necesaria su actualización para así poder marcar unos objetivos claros de gestión.

Sector sur del Golfo de Valencia



 Praderas de *Cymodocea nodosa* cartografiadas en 2007



Meritxell Maimi Checa
Septiembre 2022

Figura 1. 2. Mapa del sector sur del Golfo de Valencia con la cartografía de *Cymodocea nodosa* de 2007. Capa de Ecocartografía del litoral de Valencia y Alicante del Plan General de Ecocartografías del litoral español.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es comprobar la distribución y abundancia de *Cymodocea nodosa* en los fondos de hasta 20 m de profundidad del sector sur del Golfo de Valencia.

Para ello, definimos los siguientes objetivos específicos:

- Establecer las áreas ocupadas por *Cymodocea nodosa* desde el Puerto de Valencia hasta el Cabo de San Antonio basándonos en la cartografía de 2007.
- Estimar densidades de haces.
- Comparar la distribución y densidad de haces actual con la cartografía de 2007.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de estudio de este trabajo se centra en diferentes puntos de la zona sur de la provincia de Valencia. Esta zona se caracteriza por su alto potencial turístico centrado en la costa y su aprovechamiento pesquero. Ambos sectores económicos pueden influenciar en el crecimiento y mantenimiento de las praderas de *C. nodosa*, ya sea por el fondeo de embarcaciones o por las obras realizadas en la costa y dirigidas al sector turístico.

Además de factores antrópicos, esta planta está altamente condicionada por el hidrodinamismo, el cual puede venir determinado por los temporales. El clima de esta zona es mediterráneo, con elevada estacionalidad de la lluvia a lo que se une una gran variabilidad interanual (Pérez Cueva, 1994). Estudios realizados en el pasado siglo, ya evidenciaban un cambio en las precipitaciones anuales en la Comunitat Valenciana (Bonvehí *et al.*, 1998), en los que observaron un descenso de las precipitaciones en el área central de la Comunitat Valenciana, concretamente en las zonas costeras de esta área, con un aumento de la concentración de las lluvias en la época de invierno, suponiendo temporales de gran capacidad erosiva (González Hidalgo, 1996).

En los últimos años hemos asistido a eventos extremos de precipitación en el Mediterráneo debido fundamentalmente al efecto que han provocado profundas depresiones aisladas en niveles altos (danas) al aproximarse al sur y este de la Península (Oria Iriarte, 2021). Es cierto que las precipitaciones extremas y las consecuentes

inundaciones en cauces y torrentes son fenómenos intrínsecamente ligados al mundo mediterráneo, sobre todo en otoño (Llasat *et al.*, 2010), y que la precipitación total en el Mediterráneo ha disminuido de 1951 a 2010 (IPCC, 2013). Sin embargo, la distribución espacial de precipitaciones extremas, las que causan un mayor impacto, presenta una gran variabilidad. De hecho, ya desde la década de los 90 se apunta a que el cambio climático está ligado a los incrementos de la precipitación extrema a escala diaria, debido al calentamiento del aire y al consiguiente aumento de la capacidad del aire para contener vapor de agua (IPCC, 1995).

Uno de los temporales más virulentos y que han dejado más impactos negativos en nuestra zona de estudio recientemente ha sido el temporal Gloria. Gloria ha sido la borrasca mayor cantidad de precipitación sobre el conjunto del Mediterráneo español si se consideran acumulaciones durante 3 días seguidos, además dejó récords diversos, como el de altura de ola significativa en el Mediterráneo occidental (Oria Iriarte, 2021) con una altura de ola que llegó a los 7'6 metros frente a las costas del Delta de l'Ebre (Uscuplic, 2021). El impacto de Gloria en los tramos de costa del sur de Cullera a Gandia y entre el puerto de Valencia y el Cap de Cullera ha dejado registros de altura de ola nunca vistos en la playa del Saler (Valencia), superando los 7 metros de altura (Pascual *et al.*, 2021).

A pesar de la gran capacidad de adaptación de esta planta a fenómenos extremos, estos cambios en el hidrodinamismo debidos al incremento en los temporales de esta zona (Pascual *et al.* 2021), han afectado de forma sustancial a la manutención de las praderas de *Cymodocea nodosa* en nuestra zona de estudio. Tanto es así, que hay evidencias de un deterioro en las praderas posterior al suceso del temporal Gloria. En las siguientes imágenes podemos observar los restos de *Cymodocea nodosa*, acompañando restos de peces (Figura 3. 2) y restos de una piscifactoría (Figura 3. 1), que llegaron a la playa del Perelló a causa del temporal Gloria (La Vanguardia Redacción Valencia, 2020). Esto nos da una idea de la capacidad destructiva que suponen estos temporales para las praderas de esta planta.



Figura 3. 2. Restos de *Cymodocea nodosa* junto con otros restos de especies piscívoras en la playa del Perelló. Imágenes de Laura Pastor Soler, en el periódico de La Vanguardia.



Figura 3. 1. Restos de *Cymodocea nodosa* junto a estructura de piscifactoría arrastrada por el temporal Gloria en la playa del Perelló. Imágenes de Laura Pastor Soler, en el periódico de La Vanguardia.

Para la búsqueda de las praderas de *Cymodocea* presentes en la zona de estudio, nos basamos principalmente en la cartografía existente sobre esta planta. Nos referimos a la cartografía de 2007 realizada por la UTE, en la cual observamos diferentes parches de *Cymodocea* a lo largo de nuestra zona de estudio. Actualmente, se sospecha que algunas de estas zonas con praderas de *C. nodosa* han desaparecido, por lo que fuimos a comprobar la presencia o no de dichas praderas.

Para determinar la presencia o no de *Cymodocea* utilizamos técnicas de observación directa bajo el agua, como son el buceo con botella y la fotografía subacuática.

Primero fijamos una serie de puntos en el GPS acorde a la cartografía de 2007. Una vez marcados dichos puntos, pasamos a la observación del fondo, para ello nos desplazamos con una embarcación neumática de 7'5 m de eslora con un motor fueraborda Mercury 150 CV de 4 tiempos. Ya en los puntos marcados, realizamos inmersiones con escafandra autónoma, bajamos 2 personas por inmersión, realizando un total de 17 inmersiones. Uno de los transectos fue realizado con un aquaplano, un buzo quedaba sujeto al aquaplano que estaba enganchado a la embarcación con un cabo de 10m de largo, de esta forma, la embarcación avanzaba a baja velocidad mientras arrastraba el buzo, que realizaba una observación directa del fondo en busca de *Cymodocea*.

Realizamos 16 transectos longitudinales de entre 2 y 5 m de ancho y extensiones que van de los 30 a los 1710 metros; y 4 transectos circulares, 2 de 50 m y 2 de 20 m de radio; prospectando un total de 19457'5 m² (1'94575 ≈ 2 hectáreas).

Para determinar la presencia y densidad de *C. nodosa*, en cada inmersión llevamos 1 cámara GoPro con carcasa sumergible con las que filmamos y fotografiamos la densidad de la fanerógama en la zona estudiada y la fauna asociada, y un cuadrado de 40 cm de lado (Figura 3. 3) para contar el número de haces que había en un cuadrado y poder obtener así la densidad de haces por m^2 .



Figura 3. 3. Cuadrado de 40cm de lado utilizado para calcular la densidad de haces.

Tomamos muestras del sedimento utilizando un corer, para poder determinar la granulometría. De esta forma, obtuvimos muestras de sedimento de cada transecto en el que encontramos pradera de *Cymodocea nodosa*, teniendo un total de 6 muestras de sedimento.

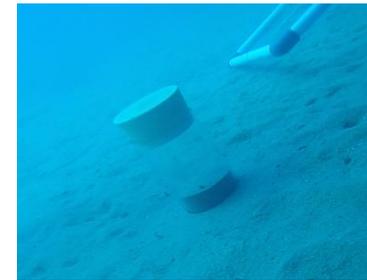


Figura 3. 4. Corer utilizado para obtener las muestras de sedimento.



Figura 3. 5. Proceso de obtención de granulometrías de las muestras recogidas.

Para obtener la granulometría, realizamos un análisis mecánico de sedimentos (Buchanan, 1984). Para ello, dejamos las muestras secar durante 2 semanas (Figura 3. 5. A). Una vez secadas, pesamos 25 g de cada muestra (Figura 3. 5. B) y, con la ayuda de una tamizadora (Figura 3. 5. C), las tamizamos a través de 6 tamices de las siguientes medidas de luz (Figura 3. 5. D): 2 mm, 1 mm, 0'5 mm, 0'25 mm, 0'125 mm y 0'063 mm, que son las diferentes medidas de tamaño de grano de arena, siendo entre 2 a 1 mm arena muy gruesa, de 1 a 0'5 mm arena gruesa, de 0'5 a 0'25 mm arena mediana, de 0'25 a 0'125 arena fina y de 0'125 a 0'063 mm arena muy fina, por

debajo de esto se consideran limos y arcillas (Wentworth, 1922).

4. RESULTADOS

De las 18 inmersiones realizadas hallamos *Cymodocea nodosa* únicamente en 6 de ellas. A continuación, realizaré un análisis de las 18 inmersiones de norte a sur de la costa, comparándolas con la cartografía existente de 2007. Para ello, utilizaré la herramienta de generación de mapas de QGis.

❖ Zona A – Perelló y Les Palmeres:

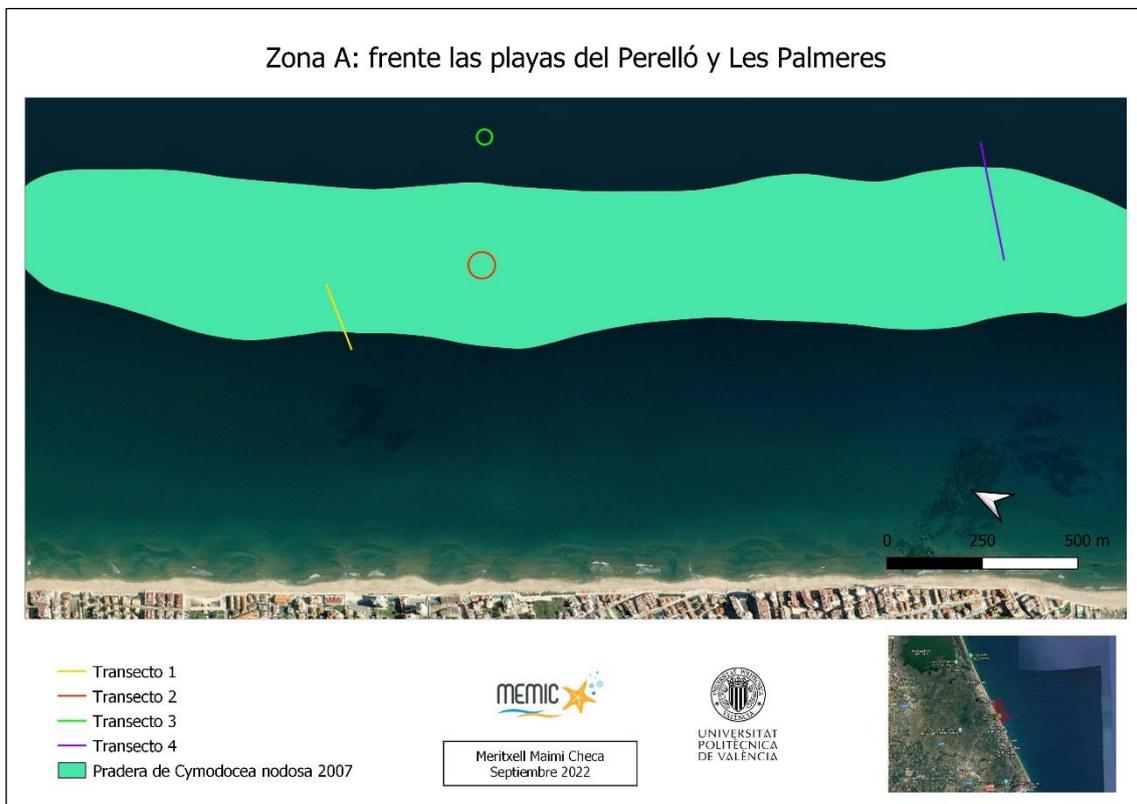


Figura 4. 1. Mapa de la Zona A situada entre el Perelló y Les Palmeres.

Zona	Transecto	Profundidad (m)	Longitud (m)	Área (m ²)	Densidad media (haces/m ²)
A	1	8	181	905	0
	2	10	220	1100	0
	3	16	128	640	0
	4	12	313	1565	0
A. TOTAL =				4210 m²	

Tabla 4. 1. Características de los transectos realizados en la Zona A.

En esta zona realizamos 4 transectos, dos lineales y dos circulares (Figura 4. 1), prospectando un total de 4210m² (Tabla 4. 1). A pesar de encontrarse sobre un área donde se cartografió una pradera de *Cymodocea nodosa* en 2007, únicamente encontramos 4 haces, 1 en el Transecto 2 y 3 en el Transecto 4.

❖ Zona B – Daimuz:



Figura 4. 2. Mapa de la Zona B situada frente a Daimuz.

En los Transectos 5 y 6, situados sobre la antigua pradera de *Cymodocea* (Figura 4. 2), se realizó una prospección de 5670m² y no se observó ningún haz de la fanerógama (Tabla 4. 2). Quisimos comprobar si la ausencia de la planta en esta zona se debía a la baja profundidad (10 – 12 m), por lo que realizamos el Transecto 7 a una mayor profundidad (17'2 m), aunque tampoco encontramos ningún haz.

Zona	Transecto	Profundidad (m)	Longitud (m)	Área (m ²)	Densidad media (haces/m ²)
B	5	10	468	2340	0
	6	12	399	1995	0
	7	17.2	267	1335	0
A. TOTAL =				5670 m ²	

Tabla 4. 2. Características de los transectos realizados en la Zona B.

❖ Zona C – Guardamar de la Safor:



Figura 4. 3. Mapa de la Zona C situada frente a Guardamar de la Safor.

Realizamos dos transectos frente a las costas de Guardamar de la Safor (Figura 4.3). Según la cartografía de 2007, en esta zona no había constancia de *Cymodocea nodosa*. En el Transecto 8, de 231 m de longitud y a una profundidad de 10 m, no vimos ningún haz, por lo que fuimos a una mayor profundidad, a 16'6 m donde, nada más bajar,



Figura 4. 4. Pradera de *Cymodocea nodosa* en el Transecto 9.

podimos encontrar *Cymodocea*. Realizamos un transecto de 35'2 m de longitud (Transecto 9), y pudimos observar una pradera con una densidad de 47'9 haces/m², con una cobertura del 40% del transecto (Tabla 4. 3). Tomamos una muestra del sedimento.

Zona	Transecto	Profundidad (m)	Longitud (m)	Área (m ²)	Densidad media (haces/m ²)	Desviación estándar	Cobertura
C	8	10	231	1155	0	0	0
	9	16.6	35.2	176	47.917	21.890	40%
A. TOTAL =				1331 m ²	C. TOTAL =		40%

Tabla 4. 3. Características de los transectos realizados en la Zona C y datos de la pradera encontrada.

❖ Zona B-C – Transecto con acuaplano:



Figura 4. 5. Mapa entre las zonas B y C, transecto con acuaplano frente las playas de Daimuz y Guardamar de la Safor.

Entre las zonas B y C realizamos un transecto con acuaplano, con el objetivo de observar todo el fondo a 10 m de profundidad frente la costa entre Daimuz y Guardamar de la Safor (Figura 4. 5), así pudimos comprobar que no existe ningún rastro de praderas en dicha zona. El transecto tiene una longitud total de 1710 m, el ancho fueron 2m, ya que al ir un único buzo y a mayor velocidad no había tanta amplitud de visión. Por lo tanto, esta prospección ocupó un total de 3420m² (Tabla 4. 4).

Zona	Profundidad (m)	Longitud (m)	Área (m ²)	Densidad media (haces/m ²)
A - B	10	1710	3420	0
A. TOTAL =			3420 m²	

Tabla 4. 4. Características del transecto con acuaplano realizado entre las zonas B y C.

❖ Zona D – Urbanización Riuet dels Gorcs:

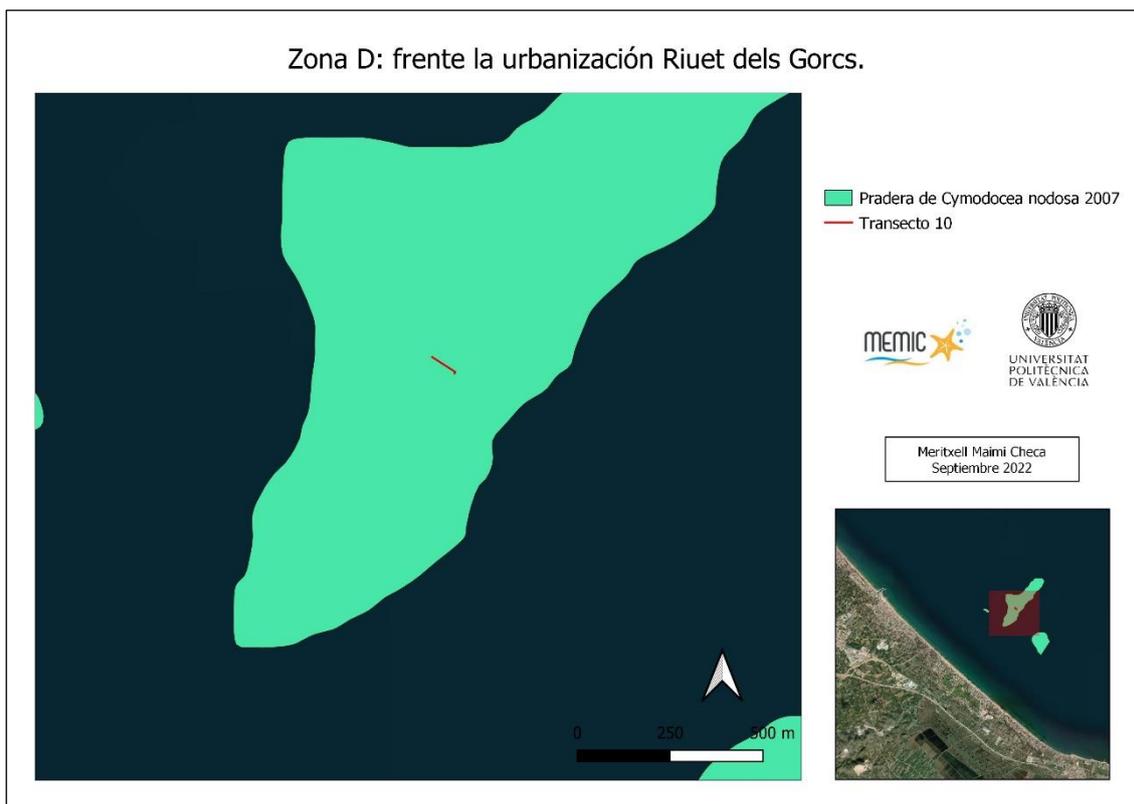


Figura 4. 6. Mapa de la Zona D situada frente a la urbanización Riuet dels Gorcs en Oliva.

En esta zona realizamos una única prospección de 395 m² sobre una antigua zona de pradera frente a la urbanización Riuet dels Gorcs (Oliva) (Figura 4. 6).

Durante el transecto contabilizamos un total 9 haces de *Cymodocea*. Estos suponen una cobertura de 0'632% del total, la baja cobertura y la amplia zona de fondo arenoso, consideramos estos 9 haces como despreciables (Tabla 4. 5).

Zona	Transecto	Profundidad (m)	Longitud (m)	Área (m ²)	Densidad media (haces/m ²)
D	10	19.1	79	395	-
A. TOTAL =				395 m ²	

Tabla 4. 5. Características del transecto realizado en la Zona D.

❖ Zona E – Urbanización Bassetes:

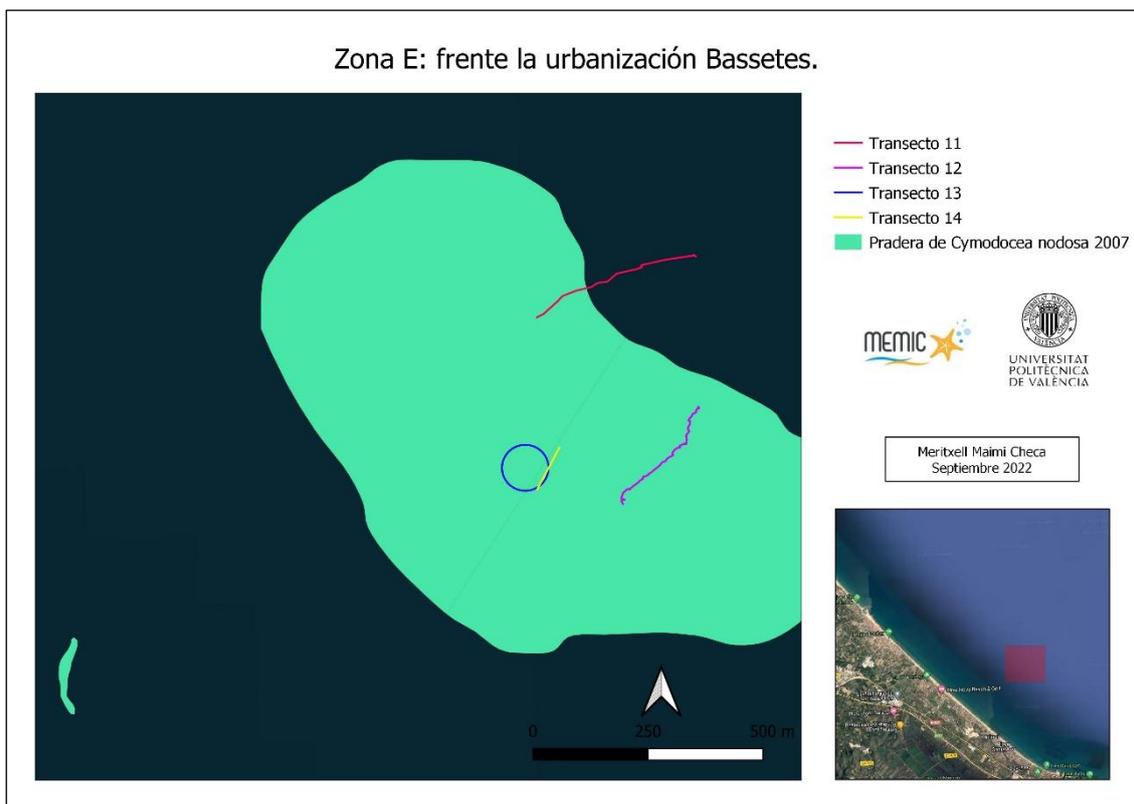


Figura 4. 7. Mapa de la Zona E situada frente a la urbanización Bassetes en Oliva.

En esta ocasión fuimos frente a las playas de la urbanización Bassetes en Oliva. Todos los transectos realizados en esta zona resultaron tener *Cymodocea*, coincidiendo con la antigua área donde ya se encontraba la pradera, y extendiéndose más allá de esta, como es el caso del Transecto 11. En ninguno de los transectos que realizamos en esta zona conseguimos distinguir el final de la pradera, por lo que la delimitación de la antigua área de pradera es actualmente mayor.

En esta zona tomamos muestras de sedimento en los transectos 11, 12 y 13.

Zona	Transecto	Profundidad (m)	Longitud (m)	Área (m ²)	Densidad media (haces/m ²)	Desviación estándar	Cobertura
E	11	19.8	360	1800	118.750	65.699	73%
	12	18.5	399	1995	98.611	13.898	67%
	13	18	317	1585	79.688	27.498	58%
	14	17.5	103	515	150.000	49.608	63%
TOTAL =				5895 m²	C. TOTAL =		65%

Tabla 4. 6. Características de los transectos realizados en la Zona E y datos de la pradera encontrada.

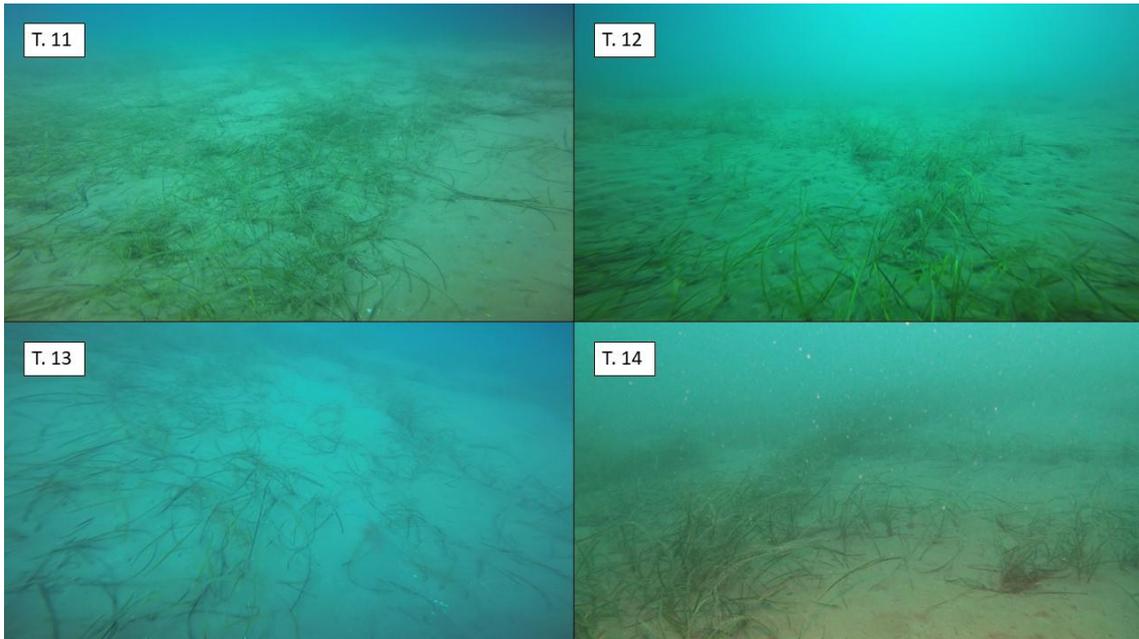


Figura 4. 8. Imágenes de la pradera en el transecto 11 (T. 11), 12 (T. 12), 13 (T. 13) y 14 (T.14).

❖ Zona F – Playa de Santa Ana:



Figura 4. 9. Mapa de la Zona F situada frente a la playa de Santa Ana en Oliva.

De los 3 transectos realizados en esta zona, encontramos *Cymodocea* únicamente en el 15 y en el 16. Creemos que el Transecto 17 no poseía pradera debido a su baja profundidad.

Tuvimos la ocasión de encontrar una puesta de sepia en algunos haces del Transecto 15 (Figura 4. 10).

En esta zona tomamos muestra de sedimento de los transectos 15 y 16.

Zona	Transecto	Profundidad (m)	Longitud (m)	Área (m ²)	Densidad media (haces/m ²)	Desviación estándar	Cobertura
F	15	19.2	159	795	69.792	23.524	48%
	16	19.3	150	750	127.778	30.316	56%
	17	17.2	82.3	411.5	-	-	-
TOTAL =				1956.5 m ²	C. TOTAL =		52%

Tabla 4. 7. Características de los transectos realizados en la Zona F y datos de la pradera encontrada.

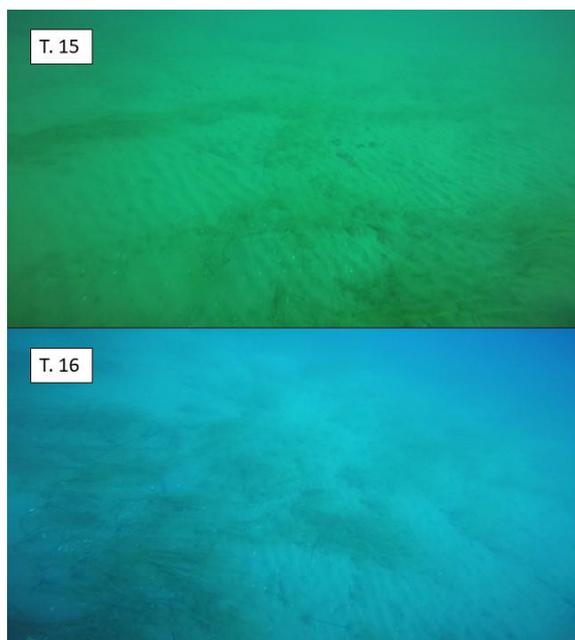


Figura 4. 11. Imágenes de la pradera en el transecto 15 (T. 15) y 16 (T.16).



Figura 4. 10. Puesta de sepia sobre haz de *Cymodocea nodosa*.

Tal y como hemos comentado antes, normalmente esta planta se encuentra colonizando fondos arenosos (Ruiz *et al.*, 2015). Hay diferentes estudios que corroboran el tipo de granulometría en la que se encuentra la *Cymodocea nodosa*, y todos coinciden en que esta fanerógama marina se encuentra en fondos de arenas finas o muy finas (Barsanti *et al.*, 2003; Belando *et al.*, 2021; Brambati *et al.*, 1988; González *et al.*, 2007; Molin & Bruno, 2013; Rubio, 2017).

Realizando la granulometría comprobaremos que la *Cymodocea nodosa* se encuentra en la Biocenosis de las Arenas Finas terrígenas Bien Calibradas (AFBC). La biocenosis AFGC ocupa sobre todo enormes extensiones en el fondo de grandes bahías entre 2 y 25 m de profundidad (Augier, 2010), lo cual es el caso de nuestra zona de estudio.

Transecto	2mm - 1mm	1mm - 0.5mm	0.5mm - 0.25mm	0.25mm - 0.125mm	0.125mm - 0.063mm	0.063mm - 0mm	desviación estándar
9	0.6%	2.2%	3.9%	10.1%	79.2%	3.7%	0.042
11	0.5%	1.5%	1.1%	0.6%	85.7%	9.2%	0.488
12	1.2%	2.7%	2.8%	1.8%	88.7%	2.4%	0.057
13	0.9%	1.9%	3.8%	3.9%	85.1%	4.3%	0.021
15	1.2%	2.4%	6.2%	75.2%	14.1%	0.1%	0.154
16	3.3%	6.8%	5.8%	48.6%	35.2%	0.1%	0.036

Tabla 4. 8. Resultados de las granulometrías encontradas en las muestras de suelo de los transectos 9, 11, 12, 13, 15 y 16.

Tal y como observamos en la tabla, los transectos donde encontramos *Cymodocea nodosa* contaban con fondos de arena fina (entre 0'25mm y 0'125mm) y muy fina (entre 0'125mm y 0.063mm).

Los transectos 9 (correspondiente a la zona C, frente a Guardamar de la Safor), 11, 12 y 13 (de la zona F, frente a la urbanización Bassetes, Oliva), cuentan con fondos de arena muy fina. En el transecto 11 de esta zona se ha obtenido una porción de casi el 10% de limos y arcillas, lo que no indica que los fondos de esta zona eran realmente finos. Además, durante el análisis de las muestras, la muestra proveniente del transecto 12 desprendía un olor notable a materia orgánica cuando lo removías.

Comparando con los transectos de la zona F, los transectos 15 y 16, correspondientes a la zona F (frente a la playa Santa Ana, Oliva), contaban con una mayor proporción de arenas finas. El transecto 16 contaba con una mayor mezcla de arena fina y muy fina, a diferencia del transecto 15, que contaba en su mayoría con arena fina.

En el apartado anterior de presencia y densidad, observamos que la cobertura de *Cymodocea nodosa* en la zona F es menor que en la zona E. Podríamos plantear la hipótesis de que la mayor presencia de esta planta en la zona E se deba a un sedimento más fino y con más materia orgánica que el de la zona F, lo cual puede condicionar el crecimiento de la planta.

5. DISCUSIÓN

La ausencia de *C. nodosa* se puede deber a varios factores, pero creemos que el temporal Gloria ha podido afectar mayormente a las praderas que fueron cartografiadas a una menor profundidad (entre 10 y 16m). Tal y como citamos en el apartado 3 de material y métodos, se encontraron muchos restos de esta planta en las playas del Perelló después del temporal (Figura 3. 1 y 3. 2), por lo que asumimos que la pérdida de la pradera cartografiada en 2007 en la zona A (frente al Perelló y Les Palmeres) se debe a dicho temporal. Observando los resultados de nuestros transectos, existen otras zonas en las que en 2007 se cartografiaron praderas de *Cymodocea* pero que actualmente ya no están, y creemos que puede deberse también al temporal Gloria, es el caso de la zona B y el tramo de menor profundidad (más cercano a costa) de la zona F.

En el caso de la Zona D, en 2007 cartografiaron una pradera de gran extensión, pero en el transecto realizado en dicha zona a una profundidad de 19'1m se encontraron restos muy escasos de la fanerógama, por lo que cabe la posibilidad que gran parte de la extensión de pradera cartografiada ya no exista. No sabemos si el temporal Gloria pudo ser el responsable de tal desaparición, ya que pensamos que la profundidad a la que prospectamos era bastante alta como para que el fondo se viera afectado por este. Los motivos por los que ha desaparecido esta pradera pueden ser varios, como la pesca de arrastre o el enterramiento de la pradera por cambios de la dinámica sedimentaria (por obras marítimas).

Por otra parte, en la Zona E ocurre totalmente lo contrario, realizamos un transecto que comenzaba dentro de la antigua pradera cartografiada y lo acabamos fuera de los límites de dicha cartografía, y todavía ahí seguía existiendo pradera. Al final del transecto 11 (Figura 4. 7) no conseguíamos distinguir el final de la pradera, por lo que cabe pensar que la extensión de dicha pradera es mucho mayor que la cartografiada en 2007.

A diferencia de los casos anteriores, en el transecto 9 de la zona C (Figura 4. 3) prospectamos una zona en la que no hay presencia de *Cymodocea* en la cartografía de 2007 y el resultado que obtuvimos del estudio fue una pradera del 40% de cobertura (Tabla 4. 3) a una profundidad de 16'6m frente las costas de Guardamar de la Safor. Pensamos que la cartografía de 2007 puede tener algunos errores, zonas en las que existen praderas, pero no han sido cartografiadas.

Finalmente, el resultado de todas las discordancias de los casos estudiados, resultan en errores en la toma de decisiones de gestión de estas áreas. Un ejemplo de esto es el cambio de ubicación de la zona de varada en las aguas de la zona de servicio del Puerto de Gandía realizado en el mes de agosto de 2022 (Consejo de Administración de la Autoridad Portuaria de Valencia, 2022). En este anuncio se modifica la zona de varada, ubicada sobre una pradera de *Cymodocea nodosa* que aparece en la ecocartografía de 2007 (Figura 5. 1), a una zona ubicada un poco más al sur de la anterior, evitando así la pradera (Figura 5. 2). Esta modificación, con fines positivos para la gestión y preservación de las praderas de fanerógamas de nuestra costa, resulta ser innecesaria ya que, si la cartografía de las praderas se hubiera actualizado, habrían podido observar que esa pradera, al menos en la actualidad, no existe.

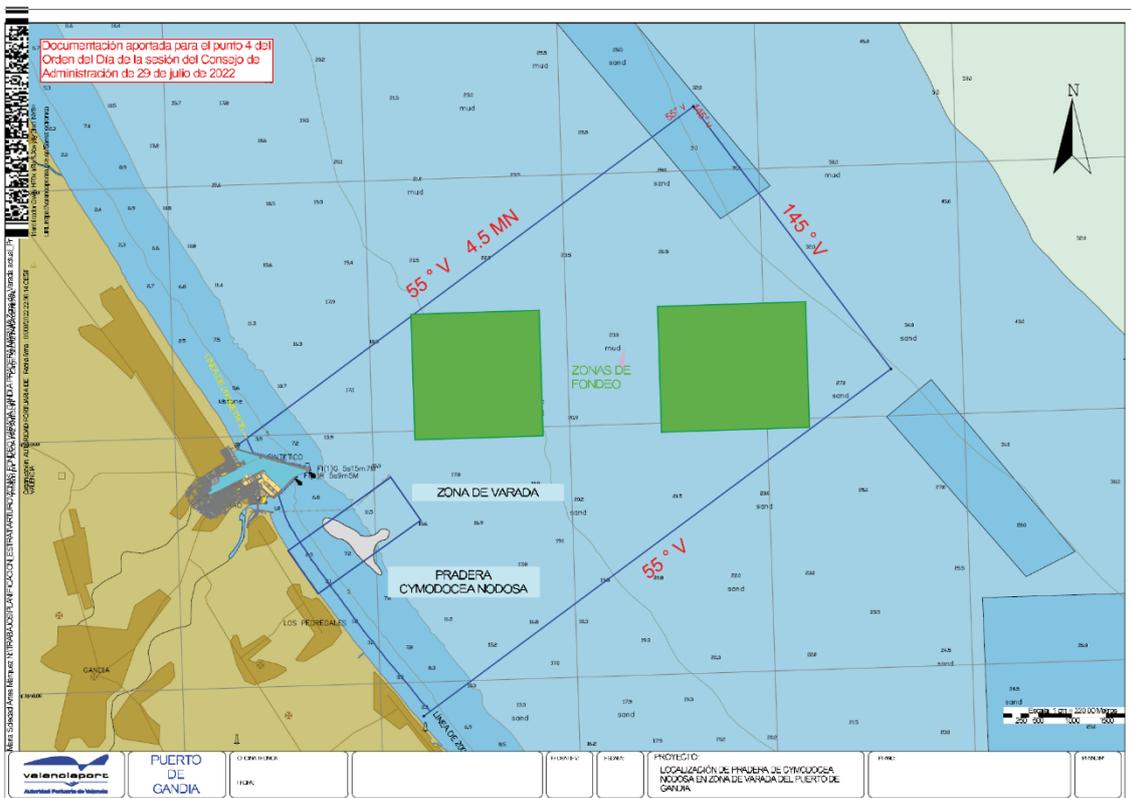


Figura 5. 1. Mapa con la demarcación de la antigua zona de varada sobre una pradera de *Cymodocea nodosa* al sur del puerto de Gandía. Fuente: Boletín Oficial de la Provincia de Valencia nº159.

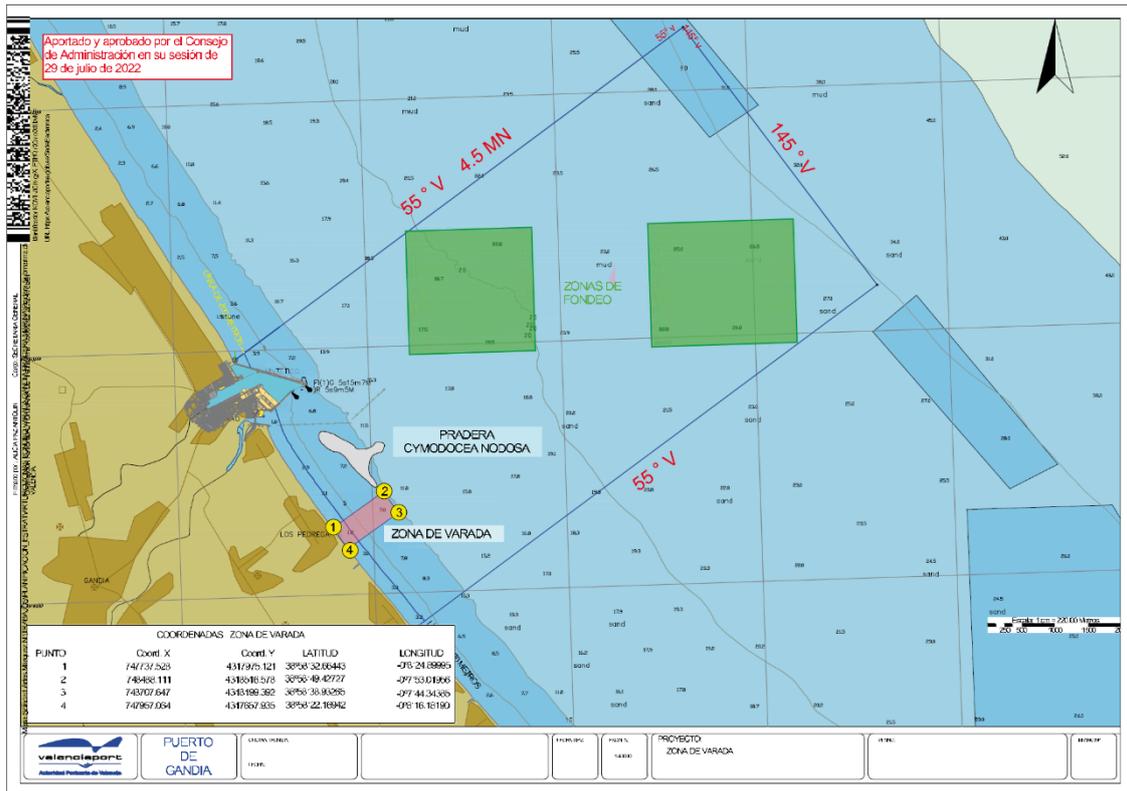


Figura 5. 2. Mapa con la nueva demarcación de la zona de varada evitando la pradera de *Cymodocea nodosa* al sur del puerto de Gandia. Fuente: Boletín Oficial de la Provincia de Valencia nº159.

Otros estudios relacionados con la densidad de las praderas de *Cymodocea nodosa*, establecen densidades mucho mayores a las obtenidas en nuestro estudio. Las praderas de Menorca, en las cuales se han podido registrar densidades que superan los 2000 haces/m² (Fábregas, 2007); en Tabarca con densidades de hasta 1800 haces/m²; o en la playa de la Albufereta (Alicante), con máximas de 1008 haces/m² y mínimas de 632 haces/m² (Gran García, 2018). Frente a nuestros transectos, con densidades de haces que van entre los 47 y los 150 haces/m², lo que podríamos considerar densidades bajas.

Por esta razón, es recomendable realizar una replantación, no en zonas donde ya no se encuentra esta planta, sino en praderas asentadas con baja densidad, como son las praderas de los transectos 11 al 16. Una forma eficaz y eficiente de realizar estas replantaciones sería recogiendo los restos de pradera que llegan a las costas después de las tormentas y utilizarlos para realizar las replantaciones con los propios restos, ya que la capacidad de reproducción asexual que tiene es alta, y su crecimiento en red ayudaría a asentar todavía más la pradera ya existente y aumentar su densidad, haciendo que esta sea más resistente a los temporales venideros.

Además de las replantaciones, es necesario asegurar un seguimiento del estado de las praderas y actualizar eventualmente (p. ej. cada 2 años) la cartografía. Así podremos comprender mejor cómo los temporales afectan al crecimiento y manutención de las praderas, además de asegurar una gestión adecuada del uso de nuestra costa, que asegure la buena preservación de las praderas y el buen funcionamiento de las actividades antrópicas, así podemos evitar casos como el mencionado anteriormente sobre la modificación de la zona de varada del puerto de Gandía.

6. CONCLUSIONES

Como conclusión, vemos necesaria la actualización de la cartografía por las discordancias que hemos observado durante nuestro estudio, que se pueden dividir en tres:

- Zonas en las que en la cartografía de 2007 figuraba una pradera de *Cymodocea nodosa* pero actualmente ya no existen dichas praderas.
- Zonas en las que la cartografía de 2007 figuraba un límite de las praderas de la fanerógama pero actualmente es diferente al ser mayor o menor.
- Zonas en las que la cartografía de 2007 no contemplaba la presencia de ninguna pradera pero que hemos podido comprobar la existencia de tal.

Es notable que las praderas de *Cymodocea nodosa* que se encuentran en nuestra zona de estudio están deterioradas. Tal y como se ha estudiado, el aumento de tormentas y temporales es un hecho que lleva ocurriendo durante las últimas décadas (IPCC, 1995), la consecución de fenómenos extremos amenaza numerosos hábitats y especies, entre ellos la *Cymodocea nodosa*. Para asegurar una buena preservación de nuestras praderas es necesaria la actualización eventual de los datos cartográficos y realizar labores de replantación en las praderas actuales.

El buen trabajo de todos los sectores responsables de las zonas de costa provocará una buena coordinación para la gestión óptima de los hábitats de interés para la preservación, y evitará errores en las tomas de decisión administrativas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Augier, H. (2010). Guide des fonds marins de Méditerranée.
- Ballesteros, E., Torras, X., Pinedo, S., García, M., Mangialajo, L., & De Torres, M. (2007). A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine pollution bulletin*, 55(1-6), 172-180.
- Barsanti, M., Peirano, A., Sgorbini, S., Cocito, S., Bianchi, C. N., & Morri, C. (2003). Rilevamento dei prati di *Cymodocea nodosa* mediante Side Scan Sonar, ROV ed immersioni subacquee: area costiera-marina tra Chiavari e Sestri Levante. *Studi per la creazione di strumenti di gestione costiera: Golfo del Tigullio. ENEA, Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia—Ministero Ambiente e Tutela del Territorio*, 141-155.
- Belando, M. D., Bernardeau-Esteller, J., Paradinas, I., Ramos-Segura, A., García-Muñoz, R., García-Moreno, P., ... & Ruiz, J. M. (2021). Long-term coexistence between the macroalga *Caulerpa prolifera* and the seagrass *Cymodocea nodosa* in a Mediterranean lagoon. *Aquatic Botany*, 173, 103415.
- Bianchi, C. N. (2007). From bionomic mapping to territorial cartography, or from knowledge to management of marine protected areas. *Biologia Marina Mediterranea*, 14(2), 22-51.
- Bonvehí, J. R., Sánchez-Montahud, J. R., Hidalgo, J. C. G., Segarra, J. C., & de Luis Arrillaga, M. (1998). Estudio espacial y temporal de las tendencias de la lluvia en la Comunidad Valenciana (1961-1990). *Cuadernos de investigación geográfica/Geographical Research Letters*, (24), 7-24.
- Brambati A., Ciabatti M., Fanzutti G.P., Marabini F., Marocco R., 1988. Carta sedimentologica dell'Adriatico Settentrionale. *CNR, P.F. Oceanografia e Fondi marini*. Scala 1:250.000. Istituto Geografico De Agostini, Novara.
- Buchanan, J. B., 1984. Sediment análisis. In Holme, N. A. & A. D. McIntyre (eds), *Methods for the Study of Marine Benthos*, 2nd edn. *Blackwell Scientific Publications, Oxford*: 41 – 64.
- Buia, M. C., & Mazzella, L. (1991). Reproductive phenology of the Mediterranean seagrasses *Posidonia oceanica* (L.) Delile, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers., and *Zostera noltii* Hornem. *Aquatic Botany*, 40(4), 343-362.
- Chefaoui, R. M., Assis, J., Duarte, C. M., & Serrão, E. A. (2016). Large-scale prediction of seagrass distribution integrating landscape metrics and environmental factors: the case of *Cymodocea nodosa* (Mediterranean–Atlantic). *Estuaries and Coasts*, 39(1), 123-137.

- Consejo de Administración de la Autoridad Portuaria de Valencia, 29 de julio de 2022, Anuncio de la Autoridad Portuaria de València sobre cambio de ubicación de la zona de varada en las aguas de la zona de servicio del Puerto de Gandia. *Boletín Oficial de la Provincia de Valencia*, 159, 19 de agosto de 2022.
https://bop.dival.es/bop/drvisapi.dll?MIval=DI_VerEdictoVis&idEdicto=3585013&mildiom a=C
- Cullen-Unsworth, L., & Unsworth, R. (2013). Seagrass meadows, ecosystem services, and sustainability. *Environment: Science and policy for sustainable development*, 55(3), 14-28.
- Delbono, I., Bianchi, C. N., Morri, C., & Peirano, A. (2003). Influenza della tessitura dei sedimenti e dei fenomeni erosivi nella distribuzione del prato di *Cymodocea nodosa* nel tratto di litorale compreso fra Chiavari e Sestri Levante. *Studi per la creazione di strumenti di gestione costiera: Golfo del Tigullio. ENEA, Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia—Ministero Ambiente e Tutela del Territorio*, 121-129.
- Fàbregas, C. P. (2007). Estudio del estado de conservación de la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson en Menorca.
- González, A. R., Maestre, M. J., Sánchez-Moyano, E., & García-Gómez, J. C. (2007). Comunidades de moluscos de las praderas de fanerogamas marinas (*Zostera marina* y *Cymodocea nodosa*) del sur de la Península Iberica. *Bollettino Malacologico*, 43(1/8), 13.
- González-Hidalgo, J. C. (1996). *Los índices de agresividad de la lluvia y su aplicación en la valoración de la erosión del suelo* (p. 37). Sociedad Española de Geomorfología.
- González, J. T. (1995). Las comunidades de fanerógamas marinas en el mediterráneo occidental. In *La gestión de los espacios marinos en el Mediterráneo Occidental: actas de la VII Aula de Ecología: Almería, 9-20 de diciembre, 1992* (pp. 29-37). Instituto de Estudios Almerienses.
- Gran García, A. (2018). Estudio de la reproducción en praderas de *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson mediante la producción de semillas.
- Guidetti, P., Lorenti, M., Buia, M. C., & Mazzella, L. (2002). Temporal dynamics and biomass partitioning in three Adriatic seagrass species: *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*. *Marine Ecology*, 23(1), 51-67.
- IPCC (1995). Intergovernmental panel on climate change-IPCC 1995. *Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report*.
- La Vanguardia Redacción Valencia (2020). Impactantes imágenes del paso de la borrasca "Gloria" por las playas de Valencia. *La Vanguardia*.
<https://www.lavanguardia.com/participacion/las-fotos-de-los->

lectores/20200122/473072751118/desperfectos-catastrofe-medioambiental-borrasca-temporal-gloria-valencia.html

- Llasat, M. C., Llasat-Botija, M., Prat, M. A., Porcu, F., Price, C., Mugnai, A., ... & Nicolaidis, K. (2010). High-impact floods and flash floods in Mediterranean countries: the FLASH preliminary database. *Advances in Geosciences*, 23, 47-55.
- Martínez Samper, J. (2011). *Análisis espacio-temporal de las praderas de Cymodocea nodosa (Ucria) Ascherson en la isla de Gran Canaria* (Master's thesis).
- Molin, E., & Bruno, S. (2013). Presenza di prateria di Cymodocea nodosa (Ucria) Ascherson lungo il litorale del Lido di Venezia: Risultati preliminari. *Boll. Mus. Civ Nat. Venezia*, 64, 7-19.
- Olesen, B., Enríquez, S., Duarte, C. M., & Sand-Jensen, K. (2002). Depth-acclimation of photosynthesis, morphology and demography of Posidonia oceanica and Cymodocea nodosa in the Spanish Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 236, 89-97.
- Oria Iriarte, P. (2021). ¿Ha sido Gloria la mayor borrasca mediterránea de los últimos tiempos?
- Pascual, J. E. P., Rabadán, C. C., & Vázquez, J. P. (2021). Anàlisi dels canvis morfològics del cordó dunar i les platges de la devesa del Saler a conseqüència del temporal Glòria. In *A Vicenç M. Rosselló, geògraf, als seus 90 anys* (pp. 393-418). Universitat de València.
- Pérez Cueva, A. J. (1994). Atlas climático de la Comunidad Valenciana. *Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, Valencia*.
- Reviriego, B., Moranta, J., & Coll, J. (1996). Cartografia bionòmica dels fons marins adjacents a les illes del Toro i d'es Malgrat (SW de Mallorca, illes balears). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 187-203.
- Reyes, J., Ocaña, O., Sansón, M. y Brito, A. (2000). Descripción de comunidades bentónicas infralitorales en la Reserva Marina de La Graciosa e islotes del Norte de Lanzarote (islas Canarias). *Vieraea*, 28: 137-154.
- Rubio Astorga, I. (2017). Patrones de distribución de las comunidades de invertebrados bentónicos asociados a praderas de Cymodocea nodosa.
- Ruiz, J. M., Guillén, J. E., Ramos Segura, A., & Otero, M. M. (2015). *Atlas de las praderas marinas de España*. Madrid: Instituto Español de Oceanografía.
- Sandoval Gil, J. M. (2012). Respuestas ecofisiológicas de angiospermas marinas mediterráneas (Posidonia oceanica y Cymodocea nodosa) frente a condiciones de estrés hipersalino.

- Terrados, J., & Ros, J. D. (1992). Growth and primary production of *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson in a Mediterranean coastal lagoon: the Mar Menor (SE Spain). *Aquatic Botany*, 43(1), 63-74.
- Tuya, F. (2013). Praderas de la fanerógama *Cymodocea nodosa* en Canarias: importancia, tendencias e impactos.
- Uscuplic Saravanja, M. (2021). *El temporal Gloria: caracterització i impactes costaners* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The journal of geology*, 30(5), 377-392.