

ANEXO AL SUBPROGRAMA HB5

DESCRIPCIÓN GENERAL

Las praderas de angiospermas marinas son hábitats altamente productivos y complejos, que juegan un papel ecológico clave para el funcionamiento del ecosistema marino costero, y que son particularmente vulnerables a los cambios del medio marino inducidos por la actividad humana. Por estas razones, y por su amplia distribución en las costas españolas, han sido incluidos en Directivas ya existentes (Marco del Agua y Hábitat), son considerados como hábitats *predominantes* o *especiales* dentro de la Ley de 41/2010 de protección del medio marino y, en consecuencia, han sido incluidos como elemento de evaluación del BEA en la DMEM.

Como ya se estableció en el documento 2, buena parte de la información aportada por los PS existentes de este hábitat será aprovechable para la DMEM, y esta circunstancia es un punto crucial del planteamiento de este subprograma. Para ello será necesario establecer mecanismos operativos y eficientes de coordinación y de trabajo conjunto entre el MAGRAMA, IEO y las CCAA, de forma que la disponibilidad de información sea abierta y transparente y que su busque la complementariedad entre datos y recursos por parte de las diferentes administraciones implicadas (DMEM, DMA, DH, redes POSIMED, Universidades, IEIO, CSIC, etc.). Con esta idea se ha creado el *Grupo de expertos en seguimientos de hábitats de praderas de angiospermas marinas de España*, formado por expertos científicos y técnicos en el tema procedentes de diferentes CCAA y ámbitos institucionales. El grupo ha sido constituido el 2-3 de julio de 2014 específicamente para el diseño del programa de seguimiento de este subprograma y está formado por los siguientes miembros:

Juan M. Ruiz Fernández (Coord.) IEO-CO Murcia

Jaime Bernardeau Esteller, Tragsatec.

Marta Pérez Valmitjana, Universidad de Barcelona

Javier Romero Martinengo, Universidad de Barcelona

Teresa Alcoverro i Pedrola, CEAB-CSIC

Marta Manzanera, Agencia Catalana del Agua

María Rosario Allue Pulluelo, D.G. de Pesca i Afers Marítims

Nuria Marbà, IMEDEA-CSIC

Jose Luis Sánchez Lizaso, Universidad de Alicante

Yolanda Fernández Torquemada, Universidad de Alicante

Juan Guillén, Institut de Ecología Litoral

Elena Díaz Almela, Coordinadora técnica del proyecto LIFE POSIDONIA

María Soledad Vivas Navarro, Agencia de Medio Ambiente y Agua, Junta de Andalucía

Ignacio Hernández, Universidad de Cádiz

Fernando Tuya, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Fernando Espino, DG de Protección de la Naturaleza

Rogelio Bertil Herrera Pérez, DG de Protección de la Naturaleza

El tamaño y composición de este grupo está abierto a nuevas incorporaciones en el futuro y su funcionamiento consistirá en reuniones-taller sobre mecanismos de articulación de la propia DMEM y su coordinación y complementariedad con el resto de directivas y programas de seguimiento, aprovechando que sus miembros han participado o están actualmente involucrados en la implementación y desarrollo de los diferentes tipos de PSs existentes.

En definitiva, el aprovechamiento de la información aportada por los PSs existentes dependerá del tipo de

programa, el indicador en sí, la calidad de la información, la especie estructurante e incluso las diferentes regiones dentro de una misma demarcación. En este subprograma se identifica en cada caso la información que potencialmente se puede aprovechar de los diferentes PSs para responder a los indicadores de la DMEM, pero en cualquier caso una parte de la información no va a estar disponible y será necesario obtenerla de novo, en particular para determinados indicadores que se incorporan por primera vez a un PS de estas características, como los indicadores relacionados con los criterios 1.4 y 1.5 (distribución y extensión de los hábitats), descriptores demográficos, abundancia de algas invasoras, especies clave o las praderas de especies que han quedado prácticamente fuera del ámbito de los PS existentes como *C. nodosa*.

En resumen, el objetivo general del subprograma es recabar la información necesaria para evaluar el estado de las praderas de angiospermas marinas respecto al BEA a nivel de Demarcación Marina, en cada una de las cinco demarcaciones marinas españolas, de acuerdo con los criterios de la Decisión, los indicadores seleccionados para este hábitat (Documento 1), los criterios establecidos en documento DIKE_0-2014-03 (Working Group DIKE), y la información disponible a través de los PS existentes (Documento 2). Para ello se ha desarrollado un programa de seguimiento del tipo ESTADO/PRESIÓN-IMPACTO (*State monitoring linked to pressures*, Cochrane et al. 2010), es decir, el estado de la biodiversidad en hábitats bajo presión, comparado con aquellos que no están bajo tal presión. Para ello el PS de angiospermas marinas se ha basado en la medición de una serie de parámetros (o descriptores) correspondientes a aspectos o propiedades de las angiospermas marinas, que son característicos de los diferentes niveles de organización en que se estructuran los componentes y funciones de estos hábitats (y su comunidad asociada), y que se sabe que responden a las presiones e impactos de las presiones antrópicas. Entendemos por presión el grado de influencia de determinada actividad humana sobre el hábitat, comunidad o ecosistema; el impacto se refiere a las alteraciones de las propiedades y atributos de los hábitats que se producen a partir de determinado grado de influencia o presión. En el caso de las angiospermas marinas, la importancia o significación de un impacto debe evaluarse no solo en base a la importancia de las alteraciones causadas, sino también en base a su resiliencia y capacidad de recuperación.

El subprograma “HB-5_angiospermas” se compone de 4 subprogramas correspondientes a cada una de las demarcaciones, definidos por los siguientes códigos identificativos:

- ABIES-SUD-HB-5_angiospermas
- MWEES-ESAL-HB-5_angiospermas
- MWEES-LEBA-HB-5_angiospermas
- AMAES-CAN-HB-5_angiospermas

ELEMENTOS OBJETO DE SEGUIMIENTO Y ÁMBITO ESPACIAL

Dentro de cada subprograma los elementos principales monitorizados (Anexo III DMEM) son características del hábitat predominante y de la comunidad asociada de las principales especies de angiospermas marinas presentes las DEM españolas: *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* y *Zostera noltei*. También se incluyen algunas poblaciones del género *Ruppia* spp, *R. cirrhosa* y *R. maritima*, que aparecen en ambientes marinos costeros muy singulares (aguas confinadas, lagunas costeras) junto con poblaciones de las especies principales antes mencionadas. Todas estas especies tienen unas características biológicas y ecológicas muy diferentes entre sí, lo que implica que la variabilidad natural espacio-temporal de sus propiedades o atributos es muy diferente entre sí, lo que a su vez condiciona que la metodología, indicadores, criterios, muestreo, escala, etc. a aplicar variará en función de cada especie y sus variaciones regionales. No se incluye la especie *Halophila decipiens*, propia de aguas Canarias debido a que su

comportamiento extremadamente variable hace difícil su estudio y la interpretación de sus variaciones espacio-temporales en relación a las perturbaciones tanto antrópicas como naturales.

La cobertura espacial del subprograma vendrá determinada por las áreas de distribución geográfica de cada especie de angiosperma. En las Demarcaciones Atlánticas (Atlántico Norte y Sur), las angiospermas marinas (principalmente *Zostera noltei* y *Zostera marina*) ocupan zonas sedimentarias intermareales e infralitorales de las rías hasta 5 metros de profundidad. En la Demarcación Noratlántica esta distribución coincide con aguas de transición, y por tanto de competencia exclusiva de la DMA, razón por la cual dicha demarcación no ha sido incluida en este subprograma. En la demarcación Sudatlántica se encuentran bien representadas praderas intermareales y submareales de las especies de *Zostera* antes mencionadas, pero también praderas submareales de *C. nodosa*. En este caso, las praderas ocupan tanto aguas de transición como aguas costeras y, por tanto, de competencia de la DMEM. En las demarcaciones Mediterráneas (Levantino-Balear y Alborán) y Canaria, las angiospermas marinas (*P. oceanica*, *C. nodosa*) ocupan predominantemente zonas infralitorales (sedimentarias y rocosas) hasta una profundidad máxima de 25 a 40 metros de profundidad (según la especie y región geográfica).

En la Demarcación Levantino-Balear se incluyen los ambientes infralitorales de lagunas costeras, principalmente las del Delta del Ebro y el Mar Menor. Aunque el Delta del Ebro se encuentra calificado como agua de transición por la DMA, en realidad, y de acuerdo con el criterio del grupo de expertos en angiospermas marinas antes mencionado, sus comunidades bentónicas son de naturaleza marina y son idénticas a las otros ambiente marinos lagunares o confinados como el Mar Menor o las bahías de Fornells, Sanitja o Addaia en Menorca. En estos ambientes la influencia de aguas continentales es casi nula (Mar Menor) o muy limitada, o al menos nada tiene que ver con las aguas de transición características de zonas de desembocaduras de ríos o rías de las demarcaciones atlánticas. Es en estos ambientes costeros confinados, pero predominantemente marinos, donde se encuentran algunas poblaciones de *Ruppia* spp.

OBJETIVOS AMBIENTALES, CRITERIOS E INDICADORES A LOS QUE DARÁ RESPUESTA ESTE SUBPROGRAMA Y SU RELACIÓN CON EL BEA

La selección de indicadores (y parámetros) necesarios para la determinación del BEA de los hábitats de angiospermas marinas está en función de los objetivos ambientales fijados en la Evaluación Inicial de la DMEM. El subprograma HB5 ha sido diseñado para el cumplimiento de los objetivos de estado A.3.5., A.3.6. y C.2.2 y el objetivo de presión A.1.1, que son los más directamente relacionados con los hábitats bentónicos en los Descriptores 1 y 6 (Tabla 1).

Tabla 1. Subprograma HB.5- Hábitats de angiospermas marinas. Relación entre objetivos ambientales, criterios y subcriterios de evaluación del BEA.

Criterios	Clase de indicador o subcriterio	Objetivos ambientales relacionados		
1.4- Distribución de hábitats	1.4.1 Área de distribución		A.3.5	
	1.4.2 Patrón de distribución		A.3.5	
1.5- Extensión de los hábitats	1.5.1. Extensión del hábitat		A.3.5	
1.6- Condición del hábitat	1.6.1. Condición de las especies típicas y comunidades			A.3.6

	1.6.3. Condiciones físicas, hidrológicas y químicas del hábitat.			A.3.6
6.1- Daños físicos en relación con las características del sustrato	6.1.1. Tipo, abundancia, biomasa y extensión del sustrato biogénico		A.3.5	
	6.1.2. Extensión de los fondos marinos afectados de forma significativa por las actividades humanas	A.1.1 C.2.2.		
6.2. Estado de la comunidad bentónica	6.2.1. Presencia de especies particularmente sensibles y/o tolerantes		A.3.6	
	6.2.2. Índices multimétricos		A.3.6	

El **fundamento general** que relaciona estos criterios (y sus indicadores asociados) con el BEA de los hábitats de angiospermas marinas se basa en la demostrada vulnerabilidad de estos hábitats (tanto la especie asociada como diferentes componentes de su comunidad) al impacto de la actividad humana en el medio marino y su habilidad para reflejar los cambios del medio (propiedad de bioindicadores). La actividad humana es capaz de modificar los atributos (parámetros) que determinan cuantitativa o cualitativamente la distribución (**criterio 1.4**), extensión (**criterio 1.5**) y estado de salud o conservación de las praderas de angiospermas marinas y sus especies típicas y comunidades (**criterios 1.6, 6.1 y 6.2**). Los indicadores asociados a los criterios relacionados son, por tanto, los seleccionados para el cumplimiento de los objetivos ambientales A.3.5 y A.3.6, cuyo enunciado es el siguiente:

Objetivo ambiental A.3.5: Mantener tendencias positivas o estables en el área de distribución de los hábitats biogénicos y/o hábitats protegidos y hábitats singulares.
Tipo de objetivo: estado
Descriptor con los que se relaciona: D1, D6
Indicador asociado: tendencias en el área de distribución de hábitats

Objetivo ambiental A.3.6: Mantener los parámetros y tendencias de los descriptores de estado o condición de las comunidades bentónicas (y sus diferentes facies y asociaciones) dentro de valores que garanticen su perdurabilidad y funcionamiento, así como el mantenimiento de sus especies características, especies clave y singulares.
Tipo de objetivo: estado
Descriptor con los que se relaciona: D1, D6
Indicador asociado: indicadores empleados para evaluar el estado o condición de la comunidad bentónica, o de sus especies características y especies clave, y sus tendencias a largo plazo, en hábitats seleccionados para el seguimiento

La medida (intensidad y tendencia) en que dichos parámetros responden a la influencia de la presión antrópica dependerá principalmente de la especie, pero también del tipo de atributo, el nivel jerárquico que ocupa en el ecosistema (bioquímico, fisiológico, morfológico, "individuo", población, unidad paisajística o comunidad), las características de la actividad, la intensidad y frecuencia de la presión asociada, la región en que se encuentra, las interacciones con factores ambientales clave (p.e. temperatura o sedimentación), variación ambiental local, sinergias con los efectos de otras presiones antrópicas, etc. Por otro lado, y de forma más indirecta, la medida en que determinada actividad humana que se sabe que potencialmente

puede afectar a la extensión de un hábitat, su patrón de distribución, y su estado de salud y conservación, se encuentra muy relacionado con el área de influencia de dicha actividad (**criterio 1.6.3**), aspecto relacionado con el objetivo ambiental de presión A.1.1 y el objetivo operacional C.2.2.

Objetivo ambiental A.1.1:

Reducir la intensidad y área de influencia de las presiones antropogénicas significativas sobre los hábitats bentónicos, con especial atención a los hábitats biogénicos y/o protegidos que representan puntos calientes de biodiversidad y son clave para asegurar los servicios y funciones del medio marino: praderas de fanerógamas marinas, hábitats de roca infralitoral y circalitoral, fondos de *maërl*, comunidades profundas de corales de aguas frías, comunidades dominadas por pennatuláceos, agregaciones de esponjas circalitorales y profundas y jardines de coral. En particular evitar la pesca con artes y aparejos de fondo sobre los hábitats y paisajes submarinos más sensibles, como los montes submarinos, comunidades de coralígeno y *maërl* y praderas de fanerógamas; evitar o reducir el fondeo sobre los hábitats de roca infralitoral y circalitoral y praderas de fanerógamas marinas; evitar o reducir la construcción de infraestructuras que puedan afectar a hábitats de roca infralitoral y circalitoral y praderas de fanerógamas marinas; evitar/reducir los efectos directos e indirectos de los dragados sobre los hábitats bentónicos vulnerables; y evitar los efectos adversos de la explotación de recursos marinos no renovables sobre los hábitats biogénicos y/o protegidos.

Tipo de objetivo: presión

Descriptor con los que se relaciona: D1, D6

Indicador asociado: superficie (o cualquier tipo de indicador apropiado) de hábitats biogénicos y/o hábitats protegidos potencialmente afectados por actividades humanas y sus tendencias

Objetivo ambiental C.2.2:

Garantizar que las alteraciones físicas localizadas y permanentes causadas por actividades humanas no amenacen la perdurabilidad y funcionamiento de los hábitats biogénicos y/o protegidos, ni comprometan el logro o mantenimiento del BEA para estos hábitats.

Tipo de objetivo: estado

Descriptor con los que se relaciona: D1, D4, D6, D7

Indicador asociado: afección de hábitats

Para el cumplimiento de estos objetivos ambientales (OAs), y paralelamente a la obtención de los indicadores asociados a los mencionados criterios, es necesario el cumplimiento de otros objetivos ambientales relacionados con una serie de aspectos transversales que son cruciales para el diseño y desarrollo posterior del PS relacionado, así como la interpretación del BEA y la efectividad de la aplicación de medidas:

OA C.1.3. *Garantizar la participación social a través de iniciativas de difusión, sensibilización, educación ambiental, voluntariado e implicación de sectores relacionados.* En este contexto es fundamental el apoyo y consolidación de redes de seguimiento de praderas de angiospermas marinas, como las redes POSIMED para *P. oceanica* o la red FAMAR para *C. nodosa*.

OA C.1.4. Lograr una coordinación adecuada de las administraciones públicas e instituciones relacionadas con el seguimiento y conservación de las praderas de angiospermas marinas. Este aspecto es fundamental para disponer e integrar la información procedente de diferentes programas y para que estos tiendan a la complementariedad más que al solapamiento. Para ello es fundamental:

- El mantenimiento de un grupo de expertos en seguimiento de praderas de angiospermas marinas formado por especialistas científicos y técnicos de las diferentes administraciones implicadas en las diferentes CCAAs.
- Trabajo conjunto y coordinado entre administración central (MAGRAMA) y autonómica (CCAAs) articulado en base a las directrices del grupo de expertos.

OA C.3.1. Mejorar el acceso a la información disponible sobre el medio marino. Este aspecto es crucial ya que, como se ha detectado en las fases anteriores de la DMEM, existe cierta dificultad para disponer de los

datos brutos obtenidos en los PSs de algunas Directivas Europeas, siendo estos datos básicos para la determinación del BEA de los diferentes indicadores, tal y como se explica en los apartados siguientes.

OA C.3.3. Mejorar el conocimiento de la distribución de las praderas de angiospermas marinas en España. Tal y como se ha demostrado en el Atlas de praderas marinas de España (en realización), la información cartográfica disponible de este hábitat, si bien es una de la más abundante respecto al resto de hábitat bentónicos, es todavía bastante imprecisa e incompleta. Será fundamental durante los primeros años del PS disponer de una cartografía de este hábitat con cobertura total y con la precisión adecuada. Esta información será básica para la consecución de otros OA como el A.1.1 y C.2.2 (criterio 6.1.2. Extensión de los fondos marinos afectados de forma significativa por las actividades humanas)

OAs C.3.5. y C.3.6. Mejorar el conocimiento de la ecología de los hábitats, su funcionamiento, biodiversidad, su capacidad de respuesta a perturbaciones antrópicas, incluyendo el cambio climático y su capacidad de adaptación a futuros escenarios de cambio global. En lo que respecta a los objetivos concretos de la DMEM, a corto plazo es necesario desarrollar un método de integración de los indicadores seleccionados para el cálculo del BEA y comprobar el cumplimiento de los OAs.

Con vistas a la determinación del BEA de las praderas marinas, para cada uno de los indicadores seleccionados es necesario diferenciar y definir los siguientes conceptos:

Condición de referencia: corresponde al valor del indicador, o rango de los mismos, obtenido en una situación ideal, prístina, en la que el hábitat ha mantenido su condición natural. Esta situación ideal es prácticamente inexistente para la mayoría de los hábitats bentónicos, incluidas las praderas de angiospermas marinas. Tan solo muy pocos sitios podrían decirse que se han mantenido casi intactos, al menos de forma aparente, ya que desconocemos la perspectiva histórica del ecosistema; pero además estos sitios pueden no representar condiciones de referencia de las praderas en todo su ámbito de distribución geográfico ya que, para muchos parámetros pueden existir variaciones regionales importantes. Esta condición de referencia, por tanto, solo puede establecerse de forma teórica, por ejemplo, a partir del mejor valor del indicador obtenido en una muestra representativa de localidades o en una serie temporal larga (más de 10 años). Por tanto, el BEA debe establecerse en base a otros criterios ya que si nos basamos en esta condición de referencia el BEA sería muy difícil de cumplir en la mayoría de los casos.

Buen Estado Ambiental (BEA): de forma más realista, el BEA debe basarse en los valores de los indicadores medidos en praderas de las localidades mejor conservadas, normalmente en áreas marinas protegidas, pero en general en áreas con muy escasa influencia antrópica o en las que dicha influencia no es suficiente para causar una alteración de la estructura y funciones de las praderas. El **umbral entre BEA y no BEA** debe establecerse en base a los rangos de variabilidad espacial y temporal de los indicadores en estas localidades o **estaciones BEA**.

Objetivo Ambiental: una vez establecido que una pradera no cumple el BEA, se debe decidir, para cada indicador, cual es su trayectoria deseable para revertir o minimizar la desviación de su estado respecto al BEA. No obstante, según la especie de angiosperma marina, esta reversión puede no ser posible para determinados indicadores, al menos a una escala temporal razonable. Un ejemplo claro son las praderas de *P. oceanica* en el Mediterráneo, para las cuales las pérdidas de hábitat parcial (reducción de su abundancia) o total (reducción de su área) son en muchos casos irreversibles a corto plazo. Por tanto, en estos casos, el objetivo ambiental del indicador no puede ser recuperar la cantidad de hábitat perdido, sino que, al menos la regresión del hábitat no continúe o que su distribución y abundancia se mantenga estable en el tiempo o incluso muestre síntomas de progresión. Por ejemplo, en praderas alteradas por la pesca de arrastre en las que se ha comprobado que se ha perdido una extensión considerable de hábitat (p.e. Levante peninsular), estudios específicos han demostrado que tras la instalación de arrecifes artificiales anti-arrastre y el cese efectivo de la pesca ilegal, las praderas cesan su dinámica regresiva (Ruiz et al. 2013) o incluso muestra tendencias levemente progresivas (González-Correa et al 2005).

INDICADORES Y PARÁMETROS SELECCIONADOS

1. Indicadores relacionados con la distribución y extensión del hábitat: seguimiento de límites.

De acuerdo con la tabla 1 se refiere a los indicadores asociados a los criterios 1.4.1, 1.4.2 y 1.5.1. Para responder a estos tres grupos de indicadores sería necesario disponer de cartografías bionómicas precisas de las praderas de angiospermas marinas, lo cual, como se analizó en la Evaluación Inicial solo se dispone para unas pocas regiones y con una precisión y detalle muy variables. Actualmente se encuentra en elaboración el Atlas de las praderas marinas de España, que si bien es la mejor recopilación de información cartográfica de este hábitat en España, el conjunto adolece de las carencias mencionadas, lo que impide que pueda ser utilizado en la DMEM como nivel de referencia de futuras cartografías. Por otro lado sería necesario repetir periódicamente las cartografías del hábitat para todas las Demarcaciones Marinas, lo cual es inviable económica y logísticamente. Esto no significa que, como se ha explicado en el contexto del Objetivo Operativo C.3.3, una de las principales responsabilidades dentro de la DMEM sea completar la información cartográfica del hábitat a nivel nacional, ya que es una información básica para el diseño y planificación de acciones de gestión, programas de seguimiento e investigación científica.

Alternativamente, se propone el empleo de un *proxy* de la distribución y extensión de las praderas más viable, práctico y repetible, basado en la **evolución (tendencia) de límites de distribución** (y su tendencia) a escala local en las estaciones que componen la red de seguimiento. Los límites de las praderas de esta y otras especies de angiospermas marinas son particularmente vulnerables a los impactos del hombre, tanto en la línea de costa (p.e. obras costeras, fondeaderos) como en aguas abiertas (vertidos, pesca de arrastre, etc.) y, por tanto, son zonas críticas en las que se producen cambios en su abundancia, distribución y extensión. De hecho, el seguimiento de los límites profundos (inferior) de *P. oceanica* ha sido propuesto dentro de uno de los Indicadores Comunes para el Mediterráneo en la EcAp (EO1.1; *habitat distributional range*). A pesar de ello, y de la concentración cada vez mayor de presiones en las zonas de límites de pradera (p.e. vertidos desde emisarios y piscifactorías y dragados muy próximos a los límites profundos de *P. oceanica*), los PS existentes apenas cubren estas zonas. Por otro lado, los PS existentes suelen adoptar parámetros indicadores del estado de salud o conservación del hábitat en uno o varios puntos de la pradera, pero se desconoce si los cambios en dicho estado implican además cambios en la distribución y extensión de dicha pradera.

Los cambios en los límites de distribución pueden producirse de forma brusca, debido a impactos intensos que implican la desaparición o destrucción inmediata de las praderas (p.e. ganancia de terrenos al mar, construcción de una dársena portuaria) o gradual, que implica una fase previa y progresiva de pérdida de abundancia (reducción de la densidad de haces, cobertura). Esto supone que para detectar cambios en la distribución y extensión de las praderas, el seguimiento de límites debería emplear métodos diferentes y complementarios, aunque el método a emplear dependerá en definitiva de las posibilidades y comportamientos de cada especie (ver métodos).

El seguimiento de la evolución de límites de praderas de angiospermas marinas proporcionará datos relativos a los siguientes indicadores:

- **Cambios en el rango batimétrico** (HB-RangBat)
- **Tasa de cambio de distribución en praderas de angiospermas** (HB-CamP)
- **Cambios en el rango de distribución geográfica** (HB-RangGeo), en el caso de que se trate de límites de praderas situadas en los extremos del rango de distribución geográfico, como es el caso de las manchas de *P. oceanica* presentes en la provincia de Málaga (Estepona) y en las Islas Chafarinas. El seguimiento de estas localizaciones extremas del hábitat puede aportar información especialmente relevante, ya que son

precisamente estas zonas las que en teoría serán más sensibles a los efectos de cambios globales del clima, uno de cuyos efectos más discutidos es, precisamente, el cambio en el área de distribución de las especies (Collier et al. 2011; Matthew et al., en prensa).

2. Indicadores relacionados con la condición o estado del hábitat

Aquí se incluyen los indicadores asociados a los criterios de estado 1.6.1, 1.6.3, 6.1.1 y al criterio basado en presión 6.1.2

Criterio 1.6.1. Condición de las especies y comunidades típicas

Se corresponde con los indicadores comunes:

- EO1.2 (*Condition of the habitat's typical species and communities*), en el que se han considerado las variaciones espacio-temporales de los descriptores estructurales de las angiospermas marinas y los índices multimétricos de la DMA para este hábitat,
- EO1.5 (*Population demographic characteristics*), que incluye la tasa de supervivencia.

El término **condición o estado** de un hábitat es muy amplio, pero en definitiva se refiere a lo que en la literatura especializada (y en otras Directivas) se denomina “estado de salud” de la pradera, en alusión al mantenimiento de su integridad estructural y funcional. Los parámetros (métricas o descriptores) habitualmente empleados para medir esta condición de las praderas suelen estar basados en propiedades o trazas de la planta medidas a los diferentes niveles de organización jerárquica característicos de estos hábitat complejos, pero el tipo de parámetros empleados y su método de medición también puede diferir entre especies. Aquí se incluye la condición de la **especie estructurante del hábitat**, por un lado, y la condición de la **comunidad asociada** por otro.

Desde el punto de vista de la **especie estructurante**, su condición o estado se refiere principalmente a parámetros relacionados con la estructura del hábitat y su dinámica poblacional:

1. **Densidad de haces**
2. **% Cobertura** (de 4 clases de tipo de sustrato: pradera viva, mata muerta, roca y sedimento)
3. **Crecimiento poblacional neto**
4. **Biometría hojas y haces**
5. **Superficie de tejido foliar necrosado**

Todos los parámetros excepto el 3 (crecimiento neto poblacional) son medidos habitualmente en las estaciones de los PSs existentes. Los parámetros 1 y 2 son obtenidos por todos los PSs, mientras que 4 y 5 son descriptores habituales para el cálculo de los índices multimétricos de la DMA. No todos los parámetros listados son aplicables a todas las especies de angiospermas marinas (ver métodos). Estos parámetros permiten responder a los indicadores de la DMEM:

HB-EST: cuantificación de la especie estructurante,

HB-Demp: crecimiento demográfico neto de *P. oceanica*

Desde el punto de vista de la **comunidad asociada**, los parámetros son los siguientes:

6. **Carga o densidad de la comunidad epífita.**
7. **Composición cualitativa de la comunidad epífita** (asignar a una de estas 4 clases dominantes: a. crustosas/calcareas, b. cespitosa, c. filamentosas y d. fauna).
8. **Abundancia de macroalgas oportunistas** (Nativas e invasoras: Caulerpáceas, Ulváceas, Lophocladia, etc.)
9. **Abundancia y talla de *Pinna nobilis*** (en *P. oceanica* y *C. nodosa*)
10. **Abundancia y/o actividad de macroherbívoros (erizos de mar)**
11. **Composición y abundancia de peces** (en *C. nodosa*)

12. Composición y abundancia de macroinvertebrados epibentónicos (en *C. nodosa*)

Los parámetros 6, 7 y 11 son descriptores habituales para el cálculo de los índices multimétricos de la DMA. El parámetro 9 (macroalgas invasoras) es obtenido en alguna de las redes POSIMED. El resto de parámetros no es medido actualmente en ningún PS de angiospermas marinas. La abundancia de *P. nobilis* es medida adecuadamente en muy pocos PSs, pero se contempla su medición en el subprograma de especies bentónicas listadas o amenazadas (BENT).

No todos los parámetros listados son aplicables a todas las especies de angiospermas marinas (ver métodos). Estos parámetros se relacionan con los indicadores de la DMEM:

HB-TSC: composición de especies típicas,

HB-OP: Abundancia de organismos oportunistas en praderas de angiospermas

HB-RIQ: Riqueza de especies (solo para macroinvertebrados epibentónicos)

PC-abu: Abundancia/Peso de poblaciones de peces demersales características

1.6.3. Condiciones físicas, hidrológicas y químicas del hábitat.

Se debe aprovechar la plataforma creada por los programas de seguimiento de la DMEM para obtener información básica sobre factores clave de los hábitats de angiospermas marinas, cuya medición sea viable y compatible con los muestreos en las estaciones de seguimiento y que permita la interpretación de las variaciones espaciotemporales de los indicadores y parámetros, y el BEA resultante. Algunos de estos factores son:

a) Temperatura. Existe ya evidencia que las comunidades bentónicas marinas (incluidas las praderas de angiospermas marinas) están siendo afectados por el calentamiento del agua asociado al cambio climático (Coma et al. 2009, Lejeune et al. 2010, Jordà et al 2012, Kersting et al 2013). El cambio climático es un aspecto transversal que puede afectar a todos los niveles de observación del ecosistema marino bentónico (especies, poblaciones, hábitats, paisajes, etc.) y, por tanto, es urgente la implementación de redes de control de factores básicos como la temperatura que nos permita interpretar los cambios observados a escalas locales, regionales o nacionales en el contexto del cambio global. Se obtiene a partir de sensores sumergibles de registro continuo de temperatura durante periodos de 1 año, instalados a diferentes profundidades entre el límite superior e inferior de las praderas.

b) Tipo de sedimento (mediante análisis granulométrico) y **contenido en materia orgánica (%)**. Se obtiene mediante análisis de muestras de sedimentos en laboratorio.

c) Grado de enterramiento de los haces (sólo en *P. oceanica*, Ruiz et al. 2010)

d) Concentraciones de nutrientes y contaminantes: datos obtenidos para los descriptores D5 (Eutrofización), D7 (alteraciones hidrodinámicas) y D8 (Contaminación).

Otros parámetros relacionados con factores ambientales clave pueden ser obtenidos para la localidad concreta en que se encuentra la pradera objeto de seguimiento, bien a través del análisis de imágenes de satélite (sensor MODIS, disponible en la web de la NASA oceanscolor.gsfc.nasa.gov/) o bien desde portales de Internet especializados (AEMET, Puertos del Estado, etc):

e) Clorofila a

f) Irradiancia PAR superficial

g) Temperatura superficial

h) Hidrodinámica (parámetros asociados al oleaje)

Todos estos parámetros son contemplados en el indicador condiciones ambientales de hábitats de

angiospermas marinas **HB-CondAmbP**, aunque en realidad estos factores no intervienen en el cálculo del BEA, sino más bien en su interpretación. El análisis de estos factores a escala regional (dentro y entre Demarcaciones Marinas) permitirá identificar la existencia de posibles gradientes ambientales que pudieran estar acoplados a variaciones regionales del estado de las praderas y que, por tanto, deberían ser tenidos en cuenta para estratificar el proceso de integración de datos para el cálculo del BEA de cada demarcación. Este aspecto puede ser especialmente relevante en demarcaciones marinas grandes como la Levantino-Balear o la Canaria.

Criterio 6.1- Daños físicos en relación con las características del sustrato

El enunciado del Descriptor 6 es que *la integridad del fondo está a un nivel que asegura que la estructura y funciones del ecosistema están garantizadas y el ecosistema bentónico en particular, no está adversamente afectado*. Se suele relacionar con las alteraciones físicas o mecánicas de la integridad de las praderas causadas por aquellas actividades humanas que erosionan u ocupan el fondo como ciertas infraestructuras (fondeaderos, obras costeras) o la pesca de arrastre (UNEP/MAP-Barcelona Convention, 2012).

Subcriterio 6.1.1. Tipo, abundancia, biomasa y extensión del sustrato biogénico

Los indicadores relacionados con este subcriterio son los mismos que los ya mencionados en relación a la extensión y distribución del hábitat (HB-RangBat y HB-CamP) y en relación a la condición de la especie estructurante (HB-EST y HB-DemP). Los parámetros asociados a estos indicadores son los adecuados para cuantificar la integridad de la estructura de las praderas marinas en relación a las actividades mencionadas.

Subcriterio 6.1.2. Extensión de los fondos marinos afectados de forma significativa por las actividades humanas

De forma alternativa (o complementaria) se puede estimar la superficie de las praderas cuya integridad estructural ha sido **potencialmente alterada** por la actividad humana (indicador **HB-ÁreaAfec**: Área del hábitat afectado de forma significativa por las actividades humanas) mediante la superposición del área de influencia de la actividad sobre la distribución del hábitat, si es que ésta es conocida. La aplicación de esta aproximación implica:

- a) que el conocimiento de la distribución de las praderas marinas en las CCAAs españolas debe ser completado, y
- b) Que deberá obtenerse información fiable sobre las siguientes actividades y sus áreas de influencia a escala local o regional:
 - a. Pesca de arrastre
 - b. Fondeaderos
 - c. Infraestructuras costeras
 - d. Emisarios submarinos

Respecto al segundo punto se podrán aplicar los parámetros de los indicadores de Actividad y Presión **ACT-5.2** (Afección del fondeo), **ACT-6.4**. (Afección del fondeo no regulado) y **AH-AreaInfr** (extensión de la zona afectada por infraestructuras).

El objetivo ambiental en este caso es que la distribución de estas actividades (y su área de afección al hábitat), se limite, minimice o incluso se reduzca. En el caso de los fondeos no regulados, por ejemplo, el objetivo es sustituirlos por fondeaderos regulados según planes de gestión específicos y la instalación de fondeaderos ecológicos de bajo impacto.

Esta aproximación podría ser empleada también para estimar el área de praderas potencialmente alteradas por vertidos de aguas residuales urbanas, instalaciones de acuicultura, vertidos industriales y de plantas desalinizadoras, siempre y cuando sean conocidas las coordenadas de los puntos de vertido y sus caudales máximos.

En praderas de *P. oceanica* afectadas por la pesca de arrastre y el fondeo no regulado se puede observar un

incremento de la **proporción de mata muerta** (o rizomas muertos) debido a la erosión mecánica de la cobertura vegetal (definida por los parámetros %Cobertura y Densidad de haces). Como se vio en la evaluación inicial, algunas cartografías precisas aportan información sobre este parámetro. En estas cartografías se observan algunas extensiones de mata muerta localizadas en los fondos adyacentes al límite inferior de las praderas y la mayoría de ellas están claramente asociadas a zonas antiguamente arrastradas (ahora protegidas por arrecifes artificiales). Así, sería posible cuantificar de alguna forma las áreas en las que la integridad del fondo ha sido profundamente alterada por la pesca de arrastre, pero las regiones que disponen de cartografía de esta precisión son muy escasas y hay regiones que no disponen siquiera de cartografías. Alternativamente, este parámetro se medirá localmente dentro del indicador **HB-EST** en las estaciones de seguimiento ubicadas específicamente en praderas de *P. oceanica* afectadas por las actividades mencionadas, principalmente fondeaderos no regulados en las praderas someras y praderas afectadas por la pesca de arrastre en praderas profundas. Si bien es cierto que la presión de la pesca de arrastre sobre las praderas ha sido casi eliminada en muchas zonas (gracias a la instalación de arrecifes artificiales, la intensificación de la inspección pesquera y la drástica reducción de la flota pesquera), el seguimiento de estas áreas a largo plazo es importante y deben ser consideradas en el PS. Por una parte son áreas en las que el hábitat puede potencialmente recuperarse y, por otro lado, su estado alterado las hace particularmente vulnerables a los efectos de otras perturbaciones inducidas por el hombre como la contaminación por vertidos o el cambio climático.

Criterio 6.2. Estado de la comunidad bentónica

Subcriterio 6.2.2. Índices multimétricos

Se resumen aquí las conclusiones del grupo de expertos sobre seguimiento de praderas marinas (Madrid, 2-3 julio 2014) respecto a la aplicación de este subcriterio de la DMEM a los hábitats de angiospermas marinas.

En el caso de los hábitats de angiospermas marinas no se han desarrollado índices multimétricos basados en la composición de sus comunidades asociadas. La medición de los parámetros relacionados con la composición y estructura de la comunidad asociada es inusual y poco viable en programas de seguimiento de praderas de angiospermas marinas, en particular en las de mayor complejidad como es el caso de *P. oceanica* en las Demarcaciones mediterráneas. En esta y demás especies, las métricas habitualmente empleadas para la valoración de su estado de salud corresponden a atributos o trazas propias de la planta (bioquímica, fisiológica, haces, pradera) y, como mucho, a la abundancia de algunas especies o grupos típicos/clave (*p.e.* epífitos). Esta aproximación multivariante si ha sido aplicada en otras directivas como la DMA, para la cual se han desarrollado una serie de índices multimétricos para valorar el estado ecológico de las masas de agua. Estos índices son el POMI para *P. oceanica* (Romero et al. 2007), CYMOX para *C. nodosa* (Oliva et al. 2012) y ZoNI para *Z. noltei* (García-Marín et al. 2013).

El empleo del valor final de estos índices (EQR) para la estimación del BEA no procede ya que son índices que están concebidos y diseñados para valorar el estado de la masa de agua no el del hábitat. No obstante, varios de los parámetros empleados en su construcción son los mismos que los seleccionados para el cálculo de los indicadores de la DMEM. Por tanto, parte de los datos brutos obtenidos en praderas evaluadas por la DMA serán válidos para responder a parte de los indicadores de la DMEM. Para ello es necesaria una buena coordinación entre MAGRAMA y CCAAs y que exista una transparencia absoluta en lo que se refiere a la disponibilidad de dichos datos.

La fase inicial del PS (primer ciclo de 6 años) se dedicará a la construcción, ajuste y calibración de un índice multimétrico, basado en todos los parámetros seleccionados, que permita determinar de alguna forma (cualitativa o cuantitativa) el BEA del hábitat angiospermas marinas.

VINCULACIÓN CON LOS PS EXISTENTES

PS de *P. oceanica*

No existe un PS de *P. oceanica* que responda a todos los indicadores y que permita determinar el BEA a nivel de cada una de las Demarcaciones Marinas. Como se explica en el documento correspondiente (Documento 2), en las demarcaciones mediterráneas existen numerosos y variados PSs del hábitat *P. oceanica*, (PS refs. 46, 86b, 146, 222), aunque algunos de ellos han sido interrumpidos o son realizados de forma parcial e irregular. Los PS relacionados con la DMA aportarán información para responder a los indicadores del criterio 1.6, pero no a los criterios 1.4, 1.5 y 6.1, principalmente porque para la medición de los índices multimétricos las estaciones de muestreo se encuentran dentro de un rango estrecho de profundidades intermedias (10-15 m) y no incluye el muestreo de límites, ni zonas alteradas por fondeaderos o pesca de arrastre o infraestructuras con efectos erosivos sobre el fondo. Por otro lado, hay que mencionar que las diferentes redes DMA, no todas cumplen con los criterios DMA que siguen el resto de comunidades autónomas y habría que estudiar si sus datos (o parte de ellos) pueden ser adoptados por la DMEM. Por ello sería necesario y conveniente para la DMEM abrir una línea de trabajo con las comunidades autónomas, con expertos científicos y técnicos, con el fin de alcanzar una mayor homogeneidad de las características de los PS DMA en cada región dentro de las demarcaciones mediterráneas.

Por otro lado, los PS de las redes POSIMED (www.posimed.org) establecen series temporales de más de 10 años en numerosas localidades que, sobre todo, aportan información sobre los parámetros del indicador HB-EST, es decir, descriptores cuantitativos de la abundancia de la especie estructurante (densidad de haces y % Cobertura). En algunas regiones si se contempla el marcaje y seguimiento de praderas de límites superiores e inferiores de distribución de *P. oceanica* (refs. 11, 130) que podrían ser aprovechadas para responder a los criterios 1.4, 1.5 y 6.1, pero no en todo el ámbito espacial de las demarcaciones. Solo las redes de Murcia, Andalucía y Baleares (PS refs. 219, 122, 222) contemplan la medición de parámetros demográficos (HB-DemP) en parcelas permanentes para la obtención de valores fiables de las tendencias a nivel poblacional. Algunas de ellas contemplan también el muestreo de elementos o especies clave/típicas/vulnerables como los macroherbívoros (erizos), holoturias, *Pinna nobilis* o abundancia de algas invasoras (PS refs. 219, 22, 222). Por tanto, para muchos de los indicadores no se cubre todo el ámbito espacial de las demarcaciones mediterráneas y es necesario completarlo para la determinación del BEA de las demarcaciones mediterráneas.

En algunas regiones de las demarcaciones mediterráneas, los PS desarrollados en algunas áreas marinas protegidas (62b, 156, 189, 146, 130) cubren parte de los criterios e indicadores de la DMEM y son buenos candidatos para integrarlos en el PS de la DMEM, aunque sería necesario completarlos con otros indicadores de la DMEM y su ámbito espacial es muy reducido. Estos PS son muy importantes ya que aportan información muy válida para determinar los niveles de referencia de los parámetros e indicadores.

PS de *C. nodosa*

Tan solo se conoce un PS de esta especie en el Delta del Ebro relacionado con la DMA (Oliva et al 2012), 3 estaciones de la DMA en Almería (86b) y la red FAMAR en la bahía de Cádiz (223). Estos PS aportan información válida a la DMEM para el indicador HB-EST, pero no aportan información para los criterios 1.4 y 1.5 de la DMEM relativos a distribución y extensión de las praderas. Por otro lado tan solo cubren una pequeña parte del ámbito de distribución de las praderas de la especie en las demarcaciones españolas peninsulares y de Baleares (Levantino-Balear, Alborán y Sudatlántica).

No existe un PS de seguimiento de praderas de *C. nodosa* en Canarias (Seadales), de las importantes extensiones del hábitat en el archipiélago, donde juegan un papel ecológico tan relevante como las praderas de *P. oceanica* en el Mediterráneo. De hecho, gran parte de las ZEC de Canarias han sido

declaradas por la presencia de este hábitat, y sin embargo hasta ahora no se habían puesto en marcha los seguimientos del hábitat, de acuerdo con los correspondientes planes de gestión. En el momento de redactar este documento, el IEO, por encargo del MAGRAMA, y conjuntamente con las autoridades ambientales y expertos de Canarias, ha diseñado un PS de los Sebadales de las áreas ZEC que permitiría dar respuesta a todos los indicadores de la DMEM, cubriendo casi todo el ámbito espacial de la Demarcación Canaria. Por tanto, si este PS se mantiene en el tiempo y se completa, podrá adoptarse para cubrir las necesidades de la DMEM.

PS de *Z. noltei*

En las demarcaciones mediterráneas no existe ningún PS dedicado al seguimiento de las praderas de *Z. noltei*. En las demarcaciones atlánticas han sido identificados dos PS de esta especie, ambos desarrollados en el ámbito de la DMA y cuya inclusión en los PS de la DMEM se considera adecuada. En la demarcación nordatlántica (41) el seguimiento se restringe a la comunidad autónoma del País Vasco, donde presenta una adecuada cobertura espacial del hábitat y se usan parámetros que responden satisfactoriamente a los indicadores de extensión y distribución. Este programa aporta algún parámetro de abundancia (cobertura), pero insuficiente para determinar el indicador de condición del hábitat. En la demarcación Sudatlántica (86b), el seguimiento de la DMA permite la valoración de indicadores de condición del hábitat aunque su continuidad en el tiempo no parece estar asegurada.

En la demarcación canaria tan solo se conoce una población de *Z. noltei* en la localidad de Arrecife (Lanzarote). Esta población se encuentra en una zona altamente antropizada y con un alto riesgo de extinción, por tanto debe ser incluida en el PS de la DMEM. Existe actualmente un plan de conservación para esta población que aportará la información necesaria para la estimación del BEA.

PS de *Z. marina*

Según la información disponible no existen PS de esta especie en ninguna demarcación.

H. decipiens

No existe un PS dedicado al seguimiento de esta especie en la demarcación Canaria. Aún así, se trata de una especie pionera y de comportamiento muy fluctuante espacial y temporalmente que hace muy difícil e inviable establecer un PS basado en esta especie.

R. cirrhosa* y *R. maritima

Según la información disponible no existe ningún PS dedicado al seguimiento de las poblaciones costeras de esta especie.

METODOLOGÍA

Objetivo del muestreo:

determinación de los parámetros seleccionados para cada especie de angiospermas marinas en una red de estaciones representativa de cada DM. Para cada especie y región o DM se aprovecharán los datos brutos de los PS existentes, el muestreo de la DMEM centrará sus esfuerzos en aquellos parámetros no aportados por los PSs existentes.

Un aspecto importante a determinar será la forma en que se van a integrar los resultados obtenidos por los diferentes indicadores para obtener un solo valor a partir del cual decidir si el hábitat cumple o no el BEA. Para ello es fundamental que el diseño, planificación y desarrollo de estos muestreos sea llevado a cabo por grupos de expertos con experiencia en este campo, al menos en el primer ciclo de 6 años del PS de la DMEM.

Para alcanzar este objetivo son necesarios mecanismos de coordinación entre grupos de expertos, MAGRAMA y CCAAs. El subprograma deberá financiar reuniones de coordinación para tal fin.

Métodos generales de muestreo

La determinación de los parámetros seleccionados para el PS se basará principalmente en métodos de muestreo *in situ* mediante buceo con escafandra autónoma, en el caso de praderas infralitorales, o a pie, en el caso de praderas intermareales. En el caso de praderas infralitorales, se empleará video arrastrado desde embarcación a lo largo de transectos perpendiculares a costa para el posicionamiento de límites de pradera. También se realizará trabajo de laboratorio para aquellos parámetros cuya determinación requiere la recolección de la muestra.

Los métodos de muestreo empleados para la determinación de los parámetros se basan en metodologías estándar específicas de praderas de angiospermas marinas publicadas por expertos nacionales e internacionales en diversos medios: Borum et al. 2004 (http://www.seagrasses.org/european_seagrass_high.pdf), Boudouresque et al. 2006 (<http://hdl.handle.net/10508/495>), Romero et al 2007, Fernández-Torquemada et al. 2008, Díaz y Marbà 2009, Ruiz et al. 2010 (<http://hdl.handle.net/10508/495>), Oliva et al. 2012 y García-Marín et al. 2013.

Diseño de muestreo.

El tipo de PS es de ESTADO/IMPACTO (*State monitoring linked to pressures*, Cochrane et al. 2010), es decir, basado en el análisis comparativo del estado y evolución de praderas bajo la influencia de presiones antrópicas comparado con aquellas no sometidas a tal presión, localizadas en zonas protegidas, bien conservadas con muy escasa influencia de la actividad humana.

De acuerdo con los parámetros seleccionados, la estación de muestreo no es puntual como en otros PSs, sino que puede abarcar un área de pradera de una localidad determinada entre sus límites de distribución superiores (o someros) e inferiores (o profundos). Para cada especie, en cada región o CCAA se ha seleccionado un número representativo de estaciones de muestreo con praderas en buen estado de conservación, en las que la variabilidad espacio-temporal de los parámetros se puede considerar representativa del BEA para cada uno de ellos. Por otro lado se han seleccionado un número de praderas sometidas a diferentes tipos y grados de presión antrópica. La selección del número de localidades de seguimiento para cada especie y región ha sido realizada por el grupo de expertos sobre seguimiento de praderas marinas, en el que se encuentran representados expertos científicos y técnicos de todas las CCAAs. Un criterio básico para la selección de las estaciones de seguimiento ha sido la existencia de estaciones de muestreo de PSs existentes, particularmente aquellas que para determinados parámetros dispone de series temporales. De esta forma se consigue la complementariedad entre PSs y se evitan los solapamientos.

La frecuencia de muestreo de cada estación de seguimiento es de 2 años, de forma que en cada ciclo de 6 años cada una de ellas haya sido visitada en 3 ocasiones. Debido a la influencia de la estacionalidad en muchos de los parámetros seleccionados, la época de muestreo debe ser fijada para cada especie y región. A continuación se expone, para cada especie, las características básicas del programa de seguimiento, incluyendo la selección de parámetros y métodos que es aplicable en cada caso, de acuerdo con el conocimiento de la ecología de cada especie y el criterio de experto.

Programa de seguimiento de *P. oceanica*:

Se han seleccionado un total de 38 estaciones de muestreo en las praderas de *P. oceanica* de las demarcaciones mediterráneas (Levantino-Balear y Estrecho-Alborán): 7 en Cataluña, 10 en Islas Baleares, 8 en la Comunidad Valenciana, 4 en la Región de Murcia, 8 en Andalucía y 1 en Islas Chafarinas. Dos de las estaciones de la comunidad andaluza localizadas en Málaga y la pradera de Islas Chafarinas coinciden con el extremo occidental de distribución de la especie en el Mediterráneo, por lo que se les prestará especial atención para detectar posibles tendencias de cambio a nivel de distribución geográfica.

Los parámetros y métodos seleccionados son:

1. **Posicionamiento y seguimiento de límites de distribución:**

- a. **Marcaje directo del límite:** se realizará mediante marcaje del límite de la pradera (o perímetro de manchas en caso de praderas muy fragmentadas) con piquetas metálicas (mínimo 6 piquetas distanciadas 10 m entre sí).
- b. **Instalación de parcelas permanentes:** mínimo 4 cuadrados 50x50 cm fijos al fondo) en las zonas adyacentes al límite para la determinación del **crecimiento poblacional neto**. Este método permitirá detectar cambios netos en la abundancia que pueden preceder a los cambios de la posición y/o profundidad de los límites, cuando dichos cambios tienen lugar de forma gradual. Los cambios en el número de plantas medidos mediante estos métodos son además bastante precisos, de forma que reflejarán con fiabilidad los cambios en la estructura de la pradera relacionados con la evolución temporal sin interferencia de la heterogeneidad espacial de la estructura de la pradera a pequeña escala. Estos métodos solo se aplican en praderas de *P. oceanica* debido a que la dinámica de sus poblaciones es menos variable espacial y temporalmente que en el caso de las otras especies.
- c. En el caso de los límites superiores o someros se podrá complementar mediante el empleo de **fotografías aéreas** (ortofotos, satélite, etc.). En las estaciones localizadas en los extremos de distribución geográfica se realizarán cartografías locales del hábitat más detalladas.
- d. Complementariamente se realizarán **transectos de video submarino remolcado** desde embarcación, perpendiculares a costa, que abarquen el límite superior e inferior de las praderas en las localidades seleccionadas para el seguimiento, de forma que permita el posicionamiento preciso de dichos límites.

2. **Estructura de la pradera: densidad de haces y cobertura**

3. **Biometría de hojas y haces individuales**

4. **Tipo y abundancia de epífitos**

5. **Abundancia de macroherbívoros: densidad de erizos** (individuos/m²). La abundancia de erizos puede aumentar en respuesta a contaminación orgánica o disminuir en respuesta a otros tipos de contaminación. En algunas regiones (p.e. sureste peninsular y Baleares) los erizos apenas están presentes en las praderas y, por tanto, pueden no ser un parámetro adecuado en todas las regiones y, por tanto, su medición es opcional.

6. **Abundancia semicuantitativa de macrófitos oportunistas e invasores.**

7. **Instalación de sensores sumergibles de temperatura.**

8. **Análisis de sedimentos (tipo y materia orgánica).**

9. **Grado de enterramiento de haces.**

Para la determinación de los parámetros relacionados con los puntos 2-5 se emplearán los datos brutos disponibles por otros PSs que tengan estaciones de seguimiento en la misma localidad de la estación de seguimiento. En caso de que esta información no se encuentre disponible se recogerán 3 muestras de 10 haces seleccionados al azar. En el laboratorio se separarán los epífitos de las hojas para determinar la carga de epífitos (mg PS/cm²) y parámetros relacionados con el tamaño y estado de las hojas y haces (longitud y anchura hojas, longitud pecíolos, superficie de tejido necrosado y presencia de marcas de macroherbívoros).

Los muestreos se realizarán preferentemente en otoño para minimizar errores en la medición del porcentaje de cobertura y facilitar la medición de éste y otros parámetros (densidad de haces, tipos de sustrato). También en esta época del año es posible registrar los eventos de reproducción sexual en esta especie mediante el recuento del número de inflorescencias en los cuadrados empleados para la densidad de haces (también en los cuadrados permanentes).

Seguimiento de praderas de *C. nodosa*

La distribución de *C. nodosa* incluye todas las provincias de las demarcaciones Levantino-Balear, Alborán (excepto Málaga y Granada) y Sudatlántico, incluidas Isla Columbretes, las lagunas del delta del Ebro, el Mar Menor e Islas Chafarinas, y la Demarcación Canaria. En total se muestrearán un mínimo de 35 praderas, cuya distribución por DMs será la siguiente:

D. Levantino-Balear:

Cataluña: 4

C. Valenciana: 3

Murcia: 6

Almería: 1

Is. Chafarinas: 1

D. Estrecho-Alborán: 2

D. Sudatlántica: 2

D. Canaria: 16 (4 estaciones x 4 islas)

Debido a la elevada variabilidad espacial y temporal de la distribución y extensión de las praderas de esta especie, en este caso no se utilizarán métodos basados en el marcaje de límites y cuadrados permanentes para la medición de los parámetros relacionados con cambios en distribución y extensión como en el caso de las praderas de *P. oceanica*. El posicionamiento de límites se realizará únicamente mediante transectos de video submarinos arrastrado de la forma explicada para las praderas de *P. oceanica*.

Los parámetros y métodos seleccionados para el seguimiento de las praderas de esta especie, son los siguientes:

1. **Posicionamiento y seguimiento de límites de distribución**
2. **Estructura de la pradera: cobertura.** En praderas Mediterráneas el parámetro densidad de haces no parece responder a gradientes ambientales naturales y antrópicos como en el caso de *P. oceanica*. Sin embargo si parece funcionar en praderas de *C. nodosa* en Canarias. Por tanto, el empleo de este descriptor de mantiene como opcional según criterios regionales.
3. **Biometría de hojas y haces individuales**
4. **Biomasa foliar, rizoma y raíces.**
5. **Tipo y abundancia de epífitos**
6. **Censos de peces y macroinvertebrados epibentónicos.** Aplicación opcional según criterio de experto.
7. **Abundancia semicuantitativa de macrófitos oportunistas e invasores.**
8. **Instalación de sensores sumergibles de temperatura.**
9. **Análisis de sedimentos (tipo y materia orgánica).**

Para la determinación de los parámetros relacionados con los puntos 2-5 se emplearán los datos brutos disponibles por otros PSs que tengan estaciones de seguimiento en la misma localidad de la estación de seguimiento. Sin embargo, en el caso de *C. nodosa* esto tan solo ocurre en una localidad de la Demarcación Sudatlántica. En el resto de estaciones los datos deberán ser aportados exclusivamente por la DMEM. En Canarias el seguimiento de las zonas ZEC podrá aportar todos los datos para el cálculo de los indicadores de la DMEM, siempre y cuando dicho seguimiento continúe durante el periodo de seguimiento.

Para la obtención de los parámetros relacionados con los puntos 3 y 4, en cada pradera se extraerán 3 muestras de biomasa completas (hojas+raíces+rizomas) mediante *corers* cilíndricos. En el laboratorio se separarán las diferentes fracciones de biomasa, se separarán los epífitos y se realizarán las mediciones de los parámetros relacionados con la biometría y estado de las hojas y haces (longitud total y anchura hojas, tejidos necrosados, etc.).

Los censos de peces se incluyen debido a que en determinadas regiones (p.e. Canarias) se realizan de forma

habitual en seguimientos de praderas. De acuerdo con el criterio de los expertos, la realización de estos censos es más viable que en las praderas de *P. oceanica*, donde muchas especies no son visibles al muestreador al estar escondidas en la densa cobertura vegetal (p.e. Escorpaenidos). Los muestreos se realizarán preferentemente durante los meses de verano, que es cuando las praderas de esta especie alcanzan su biomasa máxima, aunque en Canarias son preferible los meses de finales de verano-principios de otoño, ya que el ciclo de producción se encuentra retrasado en relación a las praderas del resto de DMs.

Seguimiento de praderas de *Z. noltei* y *Z. marina*

En base a información actualizada por el grupo de expertos (*Atlas de las praderas marinas de España*, en preparación) se contempla en el PS el seguimiento de:

- 21 poblaciones de *Z. noltei* localizadas en las Demarcaciones Levantino-Balear y Estrecho-Alboran. El muestreo de estas poblaciones es únicamente cualitativo (presencia/ausencia). Se incluyen también aquí el seguimiento de las escasas poblaciones de *Z. marina* presentes en la demarcación.
- 4 poblaciones intermareales localizadas en las Demarcaciones Alborán-Estrecho (Río Palmones), Sudatlántica (Río Piedra y Bahía de Cádiz) y Canarias (Arrecife, Lanzarote). El muestreo de estas praderas es cuantitativo y se emplearán los mismos métodos y parámetros descritos para *C. nodosa*, excepto para el seguimiento de los límites de pradera, que se realizará a pie con marcaje del perímetro de las manchas mediante GPS (Garmendia et al. 2013). La mayor parte de estas praderas están siendo muestreadas para la DMA, por lo que parte de los parámetros serán obtenidos a partir de los datos brutos disponibles por este programa.
- Las poblaciones de estas especies en la Demarcación Noratlántica se encuentran todas en aguas de transición y, por tanto, deben ser objeto de seguimiento por la DMA.

Seguimiento *Ruppia* sp

Se propone el seguimiento de algunas praderas extensas de *Ruppia* sp que se desarrollan en ambientes de aguas marinas costeras, junto con praderas de otras especies de angiospermas marinas como *C. nodosa* (p.e. El Estacio en el Mar Menor o la bahía de Fornells en Menorca). El seguimiento de estas praderas se limitará a determinar cambios en su distribución y extensión mediante posicionamiento GPS a pie o en embarcación, con el apoyo de fotografía aérea en zonas muy someras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boudouresque CF, Bernard G, Bonhome P. 2006. Preservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE Publ., France, 1-202: 197 pp. <http://hdl.handle.net/10508/495>

Borum J, Duarte CM, Krause-Jensen D, Greve TM. 2004. European seagrasses: an introduction to monitoring and management. http://www.seagrasses.org/european_seagrass_high.pdf

Collier K, Uthicke S, Waycott M (2011) Thermal tolerance of two seagrass species at contrasting light levels: implications for future distribution in the Great Barrier Reef. *Limnol Oceanogr* 56: 2200-2210.

Coma et al (2009) Global warming-enhanced stratification... *PNAS* 106(15): 6176–6181.

Díaz E, Marbá N. 2009. 1120 *Posidonia oceanica*. Praderas de *Posidonia oceanica* (*). En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España.

Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 129 p.

Fernández-Torquemada Y, Díaz-Valdés M, Colilla F, Luna B, Sánchez-Lizaso JL, Ramos-Esplá A. 2008. Descriptors from *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows in coastal waters of Valencia, Spain, in the context of the EU Water Framework Directive. *Journal of Marine Science* 65: 1492-1497.

García-Marín, P., Cabaço S., Hernández I, Vergara J, Silva J, Santos R. 2013. Multi-metric index based on the seagrass *Zostera noltii* (ZoNI) for ecological quality assessment of coastal and estuarine systems in SW Iberian Peninsula. *Marine Pollution Bulletin* 68: 46-54.

Garmendia, J.M., Valle, M., Borja, Á., Chust, G., Franco, J., 2013. Cartografía de *Zostera noltii* en la costa vasca: cambios recientes en su distribución (2008-2012). *Revista de Investigación Marina, AZTI-Tecnalia*, 20(1): 677-698.

Jordà G et al (2012). Mediterranean seagrass vulnerable... *Nature Clim Change* 2: 821–824.

Jordà G et al (2013) Climate warming and Mediterranean... *Nature Clim Change* 3(1): 3-4.

Kersting et al C (2013) Long-term responses of the endemic... *PLoS ONE* 8(8): e70820

Lejeusne et al (2010) Climate change effects... *Trends Ecol Evol* 25: 250-260

Matthew W. Fraser, Gary. A Kendrick, John Statton, Renae K. Hovey, Andrea Zavala Perez, Diana I. Walter. In Press. Extreme climate events lower resilience of foundation seagrass at edge of biogeographical range. *Journal of Ecology*.

Marbà N, Duarte CM (2010) Mediterranean warming triggers... *Glob Change Biol* 16: 2366-2375.

Obrador Sala, B. 2009. Environmental shaping and carbon cycling in a macrophyte-dominated Mediterranean coastal lagoon. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, 207 pp.

Oliva S, Mascaró O, Llagostera I, Pérez M, Romero J. 2012. Selection of metrics based on the seagrass *Cymodocea nodosa* and development of a biotic index (CYMOX) for assessing ecological status of coastal and transitional waters. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 114:7-17

Ruiz JM, Barberá C, Marín L. 2010. Las praderas de *Posidonia oceanica* en Murcia. Red de seguimiento y voluntariado ambiental. Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Murcia, Murcia, 57 pp. <http://hdl.handle.net/10508/495>

Romero J, Martínez-Crego B, Alcoverro T, Pérez M. 2007. A multivariate index based on the seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal waters under the Water Framework Directive (WFD). *Marine Pollution Bulletin* 55: 196–204