



Las praderas de Posidonia en Murcia

RED DE SEGUIMIENTO Y VOLUNTARIADO AMBIENTAL



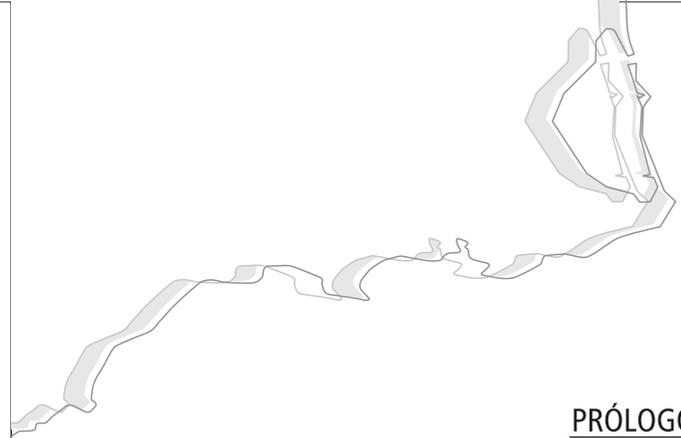
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA,
AGUA Y MEDIO AMBIENTE
Dirección General de Ganadería y Pesca
Servicio de Pesca y Acuicultura



INSTITUTO ESPAÑOL DE
OCEANOGRAFÍA



Voluntariado Ambiental



PRÓLOGO

Durante las últimas décadas los científicos han estudiado con especial interés los bosques submarinos de *Posidonia oceanica* debido a los numerosos y valiosos beneficios que presta al ecosistema marino, pero también por su progresiva degradación a medida que el desarrollo costero avanza. La Red de Seguimiento de las Praderas de *Posidonia oceanica* de la Región de Murcia es nuestra contribución para afrontar y esclarecer de forma objetiva esta inquietante situación. El proyecto se inició en el año 2004 por iniciativa del Servicio de Pesca y Acuicultura de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y del Instituto Español de Oceanografía. Colaboran, además, la Federación de Actividades Subacuáticas de la Región de Murcia, la Universidad de Murcia y el programa de Voluntariado Ambiental VOLCAM de la Caja de Ahorros del Mediterráneo. El objetivo principal del proyecto es obtener conocimiento científico sobre la evolución a largo plazo de las praderas de Posidonia y sus implicaciones en la gestión de los recursos marinos. Pero otro objetivo que nos preocupa, y que consideramos fundamental para el futuro de la conservación de los ecosistemas marinos, es la concienciación de la sociedad sobre estos temas. Para lograrlo nada mejor que implicar al ciudadano en las tareas de seguimiento científico, y la respuesta ha sido más que tajante: cerca de 200 buceadores voluntarios han colaborado ya en el proyecto. La presente publicación está precisamente dirigida a este colectivo de buceadores voluntarios, a los cuales les estamos sinceramente agradecidos por su interés y esfuerzo.

EDITA:
Centro Oceanográfico de Murcia.
Instituto Español de Oceanografía.

PATROCINAN:
Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.
VOLCAM

COLABORAN:
Federación de Actividades Subacuáticas de la Región de Murcia.
Universidad de Murcia.

DIRECCIÓN TÉCNICA Y CIENTÍFICA:
Juan M. Ruiz

AUTORES:
Juan M. Ruiz
Carmen Barberá
Lázaro Marín
Rocío García

FOTOGRAFÍAS:
Alberto Jordán
Jesús Vera
Juan M. Ruiz

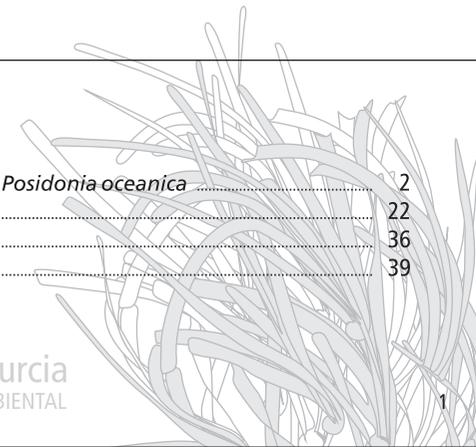
FOTOGRAFÍA DE PORTADA:
Juan M. Ruiz

DISEÑO, MAQUETACIÓN E IMPRESIÓN:
Romgrafic, S.L.

DEPÓSITO LEGAL:
A- xxxx-2006

ÍNDICE

1. Aspectos Generales sobre Biología y Ecología de <i>Posidonia oceanica</i>	2
2. Red de Seguimiento de <i>Posidonia oceanica</i>	22
3. Voluntariado Ambiental	36
4. Medidas de Conservación	39





1. ASPECTOS GENERALES SOBRE BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE *POSIDONIA OCEANICA*

Origen y evolución

Posidonia oceanica no es un alga, sino una fanerógama marina, es decir, una planta vascular superior con tejidos diferenciados en hojas, rizomas, raíces, flores y frutos. Las algas son más primitivas, y a partir de ellas evolucionaron las plantas terrestres. Las fanerógamas marinas evolucionaron a partir de un grupo de plantas terrestres que regresaron al medio marino durante el Cretácico (140 a 65 m.a.). Esta vuelta al mar es similar a la que experimentaron otros grupos conocidos de seres vivos, como los cetáceos. Para ello las fanerógamas marinas tuvieron que desarrollar adaptaciones específicas para vivir completamente sumergidas, tolerar la salinidad, vivir en un medio turbulento y realizar polinización submarina. Una vez conseguido, las fanerógamas marinas se han expandido por todos los mares, excepto en el Ártico, ocupando grandes extensiones denominadas praderas submarinas. Además de estas adaptaciones, muchas de las estructuras y funciones heredadas de sus ancestros terrestres les han sido muy ventajosas para llevar a cabo esta exitosa colonización en los fondos sedimentarios marinos. Así, por ejemplo, las hojas son los órganos de la planta encargados de realizar la fotosíntesis y las raíces anclan la planta al sedimento y, además, tanto las hojas como las raíces pueden extraer nutrientes o sales minerales del agua y de los sedimentos, respectivamente, lo que ha representado una ventaja evolutiva respecto a las algas, que por lo general sólo emplean los nutrientes del agua. En la actualidad existen aproximadamente unas 60 especies de muy diversas formas y tamaños. De éstas, nueve pertenecen al género *Posidonia*, que presenta una distribución bipolar muy característica que sugiere un origen evolutivo común desde el primitivo Mar de Thetys: ocho especies se concentran en las costas australianas y *Posidonia oceanica* en el Mediterráneo, de donde es endémica. En el Mediterráneo existen otras especies de menor tamaño y menos abundantes: *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii*, *Zostera marina* y *Halophila stipulacea*, esta última introducida en el Mediterráneo Oriental desde el Mar Rojo, a través del Canal de Suez.

Especies de fanerógamas marinas características del Mediterráneo Occidental: 1) *Posidonia oceanica*, 2) *Cymodocea nodosa* y 3) *Zostera noltii*. Tanto *P. oceanica* como *C. nodosa* se encuentran bien representadas en la Región de Murcia, donde forman extensas praderas, mientras que *Z. noltii* es muy escasa y tan sólo se puede observar en algunos rincones bien resguardados de nuestro litoral, como Calarreona, Calabardina, la Isla de Adentro, Isla Plana y La Azohía. *Posidonia oceanica* no aparece en el Mar Menor, donde abundan *C. nodosa* y *Z. noltii*, mejor adaptadas a las variaciones extremas de luz, temperatura y salinidad características de este ambiente lagunar. _FOTOS: J.M. RUIZ

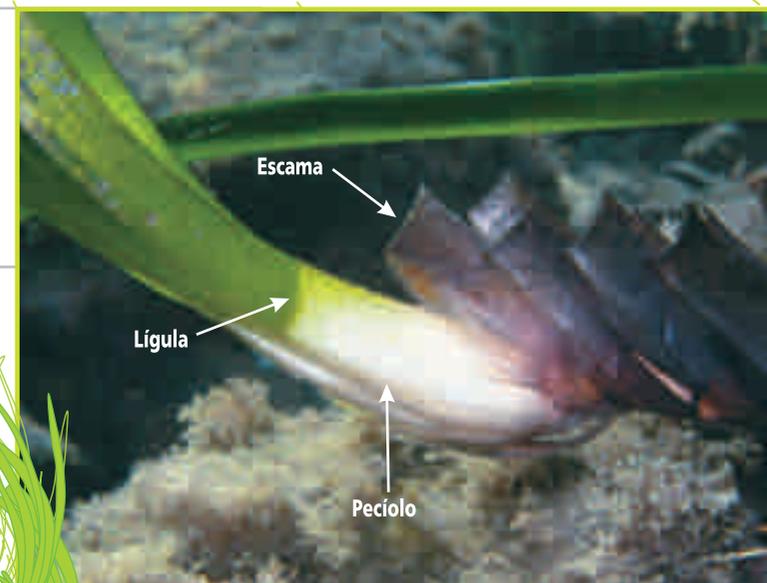
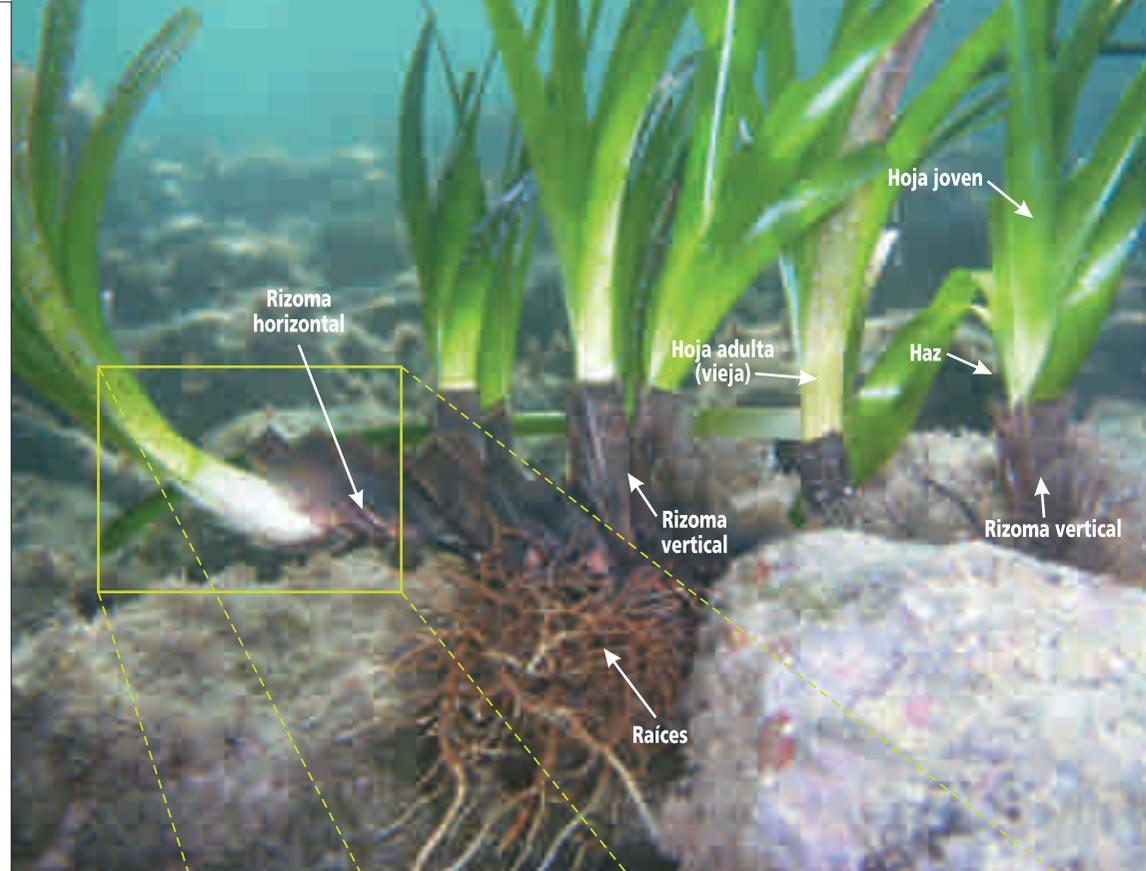


¿Cómo es *Posidonia oceanica*?

Al igual que el resto de fanerógamas marinas, *Posidonia oceanica* posee una arquitectura básica heredada de sus ancestros terrestres que le ha permitido adaptarse y colonizar con éxito los inestables fondos marinos. Se diferencia un tallo o **rizoma horizontal** (plagiotropo), postrado sobre el fondo, del que surgen numerosos **rizomas verticales** (ortotropos). En los ápices de los rizomas se encuentran los tejidos responsables del crecimiento de la planta y cada segmento del mismo produce hacia arriba las **hojas** y hacia abajo las **raíces**. Las hojas, muy largas (hasta más de 1 metro) y acintadas, crecen en el extremo de los rizomas en grupos de 4 a 8, formando lo que se denomina un **haz**. En el centro del haz se encuentran las hojas más jóvenes, y las más viejas o adultas aparecen en la parte más externa. Las hojas de mayor edad son verdes en su base, que es por donde crecen, pero presentan un color pardo-blanquecino en su parte apical debido al envejecimiento de los tejidos y a la colonización de pequeños organismos epífitos. Las hojas adultas diferencian en su base una estructura denominada **peciolo**. La unión entre la hoja y el peciolo es una línea en forma de media luna denominada **lígula** y es la zona por donde la hoja se escinde de la planta al envejecer. Cuando esto ocurre el peciolo permanece unido al rizoma formando una **escama** que apenas se degrada en el tiempo debido a su elevado contenido en lignina, dándole ese aspecto característico de brocha.

Hay que aclarar que el haz es la unidad estructural y funcional que a efectos prácticos emplean los biólogos para estudiar las fanerógamas marinas, pero no es un individuo auténtico como puede serlo un árbol. Aquí el individuo es realmente el conjunto de haces interconectados por un mismo rizoma y que tienen una misma dotación genética. A estos individuos formados por la repetición exacta de una parte de sí mismos se les denomina "clones" y en *Posidonia* son muy longevos, llegando a alcanzar edades de hasta 50 años.

FOTOS: J.M. RUIZ



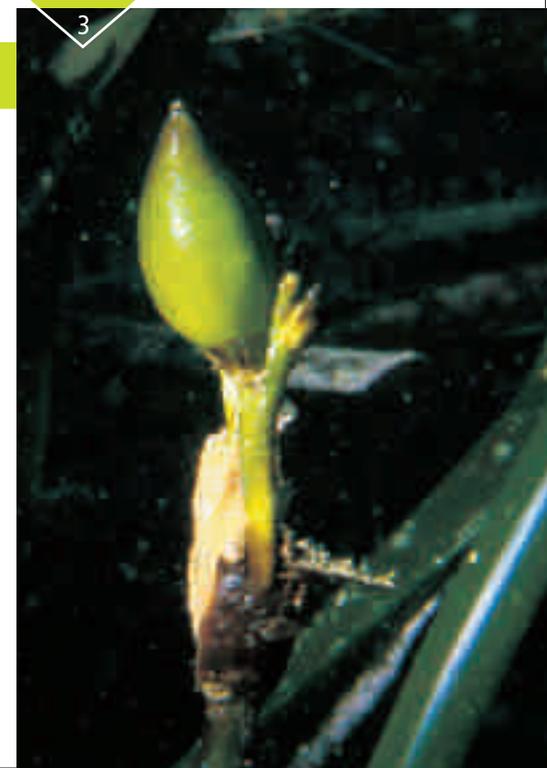
Reproducción y colonización

La colonización de *Posidonia* tiene lugar principalmente por reproducción asexual o vegetativa, es decir, por medio del crecimiento del rizoma horizontal. Su extremo apical se alarga sobre el sedimento a una velocidad de tan sólo 2-8 cm por año, experimentando sucesivas y periódicas ramificaciones hasta formar el complejo entramado de una pradera. Este crecimiento horizontal es lento, en comparación con el de otras especies como *Cymodocea nodosa* que puede crecer a una tasa de hasta 2 metros/año. Esto implica que la formación de una hectárea de pradera de *Posidonia oceanica*, tal y como la vemos en la actualidad, tiene lugar muy lentamente y puede llegar a durar varios siglos. La velocidad de este proceso no es lineal, sino que depende de factores externos como la exposición al oleaje, la sedimentación o la profundidad, que actúan ralentizándolo o incluso deteniéndolo. *Posidonia oceanica* puede reproducirse también mediante flores. La floración de *Posidonia* es un fenómeno poco regular entre años y entre sitios, no todas las flores dan frutos (muchas son comidas por los herbívoros) y la probabilidad de que un fruto germine, enraíce y sobreviva a la inestabilidad del sedimento es muy baja. Por tanto, la formación de una nueva mancha de pradera a partir de semillas es, por lo general, un suceso poco probable. Así, la eficiencia de la reproducción sexual como mecanismo de dispersión de la especie es bajo, aunque algunos piensan que suficiente como para asegurar la variabilidad genética de sus poblaciones y garantizar su supervivencia a largo plazo. Realmente, poco se sabe sobre la importancia de la reproducción sexual en esta especie.

Diferentes fases de la floración de *Posidonia*

1. Las flores aparecen a principios de otoño, agrupadas en inflorescencias a modo de espiga. Cada espiga contiene varias espigas más pequeñas (espículas), en cada una de las cuales se diferencian varias flores hermafroditas.
2. Cada flor posee un solo óvulo y, a finales de septiembre, también pueden observarse varias anteras dehiscentes, preparadas para liberar grandes cantidades de un polen filamentososo y viscoso especialmente adaptado para su dispersión por medio acuático.
3. En octubre tiene lugar la fecundación de los óvulos que van engrosando hasta formar un fruto maduro con aspecto de "oliva de mar" claramente visibles en diciembre. Una vez maduros, los frutos se desprenden de la planta, y al poseer flotabilidad positiva, aparecen en superficie viajando a la deriva.
4. Cuando el fruto se abre, libera una única semilla que, al tener flotabilidad negativa, se hunde de nuevo hasta el fondo donde germina produciendo el primer haz de hojas, un pequeño segmento de rizoma y una raíz para fijarse al sedimento. Esta pequeña plántula afrontará ahora el reto de formar una nueva pradera, ya que la inestabilidad del sedimento y otros factores dificultarán su fijación en el fondo.

FOTOS: J.M. RUIZ



1. La elevación de la mata origina terrazas como la de la imagen (Isla Grosa, Murcia). Los arqueólogos estudian algunos pecios de barcos hundidos en la antigüedad, que han sido "engullidos" por el crecimiento vertical de la pradera y que se han conservado dentro de la mata hasta la actualidad. _FOTO: J.M. RUIZ

2. En algunas zonas someras y resguardadas del litoral murciano es posible observar arrecifes-barrera de Posidonia en los que los ápices de las hojas llegan a sobresalir fuera del agua (La Azohía, Murcia) _FOTO: J.M. RUIZ

La mata de Posidonia: una estructura milenaria

Una vez que el fondo marino ha sido colonizado por Posidonia el denso dosel de hojas actúa como una trampa de partículas de todo tipo, acelerando las tasas de sedimentación. La pradera evita su enterramiento gracias al continuo crecimiento vertical de los rizomas (0,3 a 1,5 cm/año) y los sedimentos depositados van rellenando los huecos entre los rizomas. El conjunto de sedimentos, rizomas, raíces y todo tipo de partículas orgánicas e inorgánicas se va compactando formando una estructura denominada mata (FOTO 1). El resultado de esta lucha continua entre la sedimentación y el crecimiento vertical de la planta es que el grosor de la mata aumenta con el tiempo y eleva la superficie del fondo marino hacia la superficie del agua. Este proceso es muy lento y variable debido a cambios en las condiciones ambientales o a la incidencia de perturbaciones que reinician la colonización. A escalas temporales largas (siglos) la elevación de la mata es del orden de 0,1 cm/año. En zonas poco profundas y algo resguardadas la mata alcanza grosores considerables, de hasta 3 metros de altura, y las hojas llegan a asomar fuera del agua (FOTO 2). Estas estructuras se desarrollan paralelas a la costa y se denominan arrecife-barrera por su similitud con las barras rocosas o las barreras coralinas. La antigüedad de alguna de ellas ha sido datada en más de 4.000 años representando, por tanto, auténticos monumentos naturales en los que los paleoecólogos han encontrado interesantes historias del pasado de estos ecosistemas relacionadas con los cambios ambientales y climáticos que han tenido lugar.

Estructura y paisaje de una pradera

Al contemplar una pradera de Posidonia podemos pensar que todo el fondo se encuentra colonizado por la planta de forma continua y homogénea. Pero esto es tan sólo una falsa apariencia ya que los haces se encuentran en realidad agrupados en manchas de tamaño variable. El denso dosel de largas hojas nos impide ver esta estructura interna de la pradera, que podemos descubrir fácilmente si retiramos con las manos las hojas y nos fijamos mejor en el fondo. Esta estructura se debe a que las condiciones ambientales del fondo son heterogéneas y a la propia dinámica del crecimiento vegetativo: a medida que los rizomas avanzan por un extremo, van envejeciendo y muriendo por el extremo opuesto, dejando a su paso un "rastros" de rizomas muertos. El paisaje resultante a pequeña escala es un mosaico de manchas de plantas vivas, sedimentos y rizomas muertos (FOTO 3). A escalas espaciales más amplias (decenas a centenas de metros) se observan claros de arena en medio de las praderas (ollas o calveros) (FOTO 4). Estos claros pueden ser zonas que, por cualquier razón, nunca han sido colonizadas, pero muchos de ellos han sido causados por la acción erosiva de grandes temporales históricos, que ocurren cada 50 a 70 años. Así, el paisaje de claros que observamos en una pradera no es más que las cicatrices que ha dejado la historia de estas perturbaciones naturales y que es propia de cada sitio. Uno de los posibles efectos del cambio climático es el incremento de perturbaciones meteorológicas extremas, por lo que cabría preguntarnos en qué medida cambiarán nuestros paisajes submarinos en el futuro y cómo afectarán a nuestros ecosistemas sumergidos.



1 2



3



4

5

3. Al retirar las hojas, comprobamos que no todo el fondo está ocupado por plantas vivas, sino que hay pequeños claros de arena o, en este caso, viejos rizomas muertos. _FOTO: A. JORDÁN

4. El paisaje de la pradera se ve interrumpido por claros de arena. _FOTO: J.M. RUIZ

5. En algunos sitios, la interacción entre las fuerzas hidrodinámicas y la dinámica de colonización de la planta da lugar a paisajes con estructuras caprichosas, como esta pradera a bandas o "atigrada" observada en Punta Parda (Águilas, Murcia). _FOTO: J.M. RUIZ



1



2

Las praderas de fanerógamas marinas, los arrecifes de coral (1) y los manglares (2) son tres de los ecosistemas marinos costeros más importantes del planeta. Su crecimiento es lento y una buena parte de su elevada producción primaria la invierten en la construcción de hábitat estable, persistente y altamente complejo que permite albergar comunidades biológicas de extraordinaria riqueza. _FOTOS: J.M. RUIZ



3

3. Miles de crustáceos anfípodos como el de la imagen se alimentan de los acúmulos de detritus vegetal de algas y fanerógamas marinas, interviniendo en su descomposición. _FOTO: C. BARBERÁ

4. Los arribazones de hojas de *Posidonia oceanica* en las playas son más frecuentes en otoño, cuando la caída de las hojas coincide con la llegada de los temporales. _FOTO: J. VERA



4

Fotosíntesis y el ciclo de producción primaria

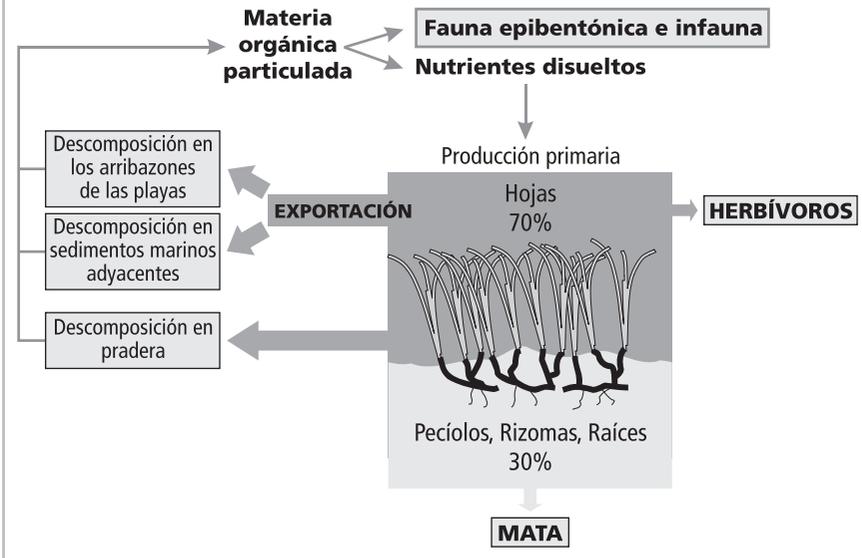
El funcionamiento básico de una pradera de *Posidonia* se basa en el principio motor de cualquier planta: la fotosíntesis. Ésta se produce en los cloroplastos de las hojas, donde los pigmentos de clorofila captan la luz y la transforman en la energía química necesaria para fijar el carbono inorgánico disuelto del agua. Con este carbono, y junto con los nutrientes o sales minerales (nitrógeno y fósforo) que la planta obtiene del agua y de los sedimentos, se forma la materia orgánica con la que se construyen y crecen las diferentes partes de la planta, es decir, la producción primaria del ecosistema. En *Posidonia oceanica* esta producción es muy elevada, entre 200 y 2.500 g de peso seco por m² y año, es decir, un rango similar al que presentan otros ecosistemas marinos altamente productivos e importantes (FOTOS 1 Y 2). La producción de biomasa de hojas, rizomas, pecíolos y raíces es continua a lo largo del año, pero tiene un ciclo estacional muy marcado que sigue las variaciones anuales de la luz y de la temperatura. Así, el crecimiento y tamaño de las hojas es máximo en los meses de primavera y verano cuando hay mucha luz y las temperaturas son altas, y es mínimo en invierno, cuando el agua está más fría y la luz es más escasa. Ahora bien, hay un problema: en verano hay mucha luz para la fotosíntesis pero los nutrientes son escasos y en invierno ocurre justo lo contrario. Las fanerógamas marinas han resuelto este problema almacenando el carbono fijado por fotosíntesis en verano en forma de reservas de almidón en el rizoma y utilizándolo posteriormente en otoño e invierno, cuando los nutrientes necesarios para el crecimiento son abundantes en el medio.

Rutas de la producción primaria en el ecosistema

Debido a su elevada extensión y producción, las praderas submarinas representan la principal fuente de combustible para el funcionamiento del ecosistema marino costero. La materia orgánica producida por las plantas mediante la fotosíntesis pasa de unos organismos a otros en forma de alimento a través de la cadena alimentaria o cadena trófica. La mayor parte de la biomasa vegetal que entra en esta cadena trófica procede de las hojas, que representan cerca del 70% de la producción primaria total; el 30% restante (pecíolos, rizomas y raíces) se incorpora a la mata, donde queda inmovilizado y ya no puede ser utilizado por el resto del ecosistema (véase esquema pág. siguiente). En las praderas de *Posidonia oceanica* el consumo de hojas por herbívoros no es muy importante (léase pág. siguiente) por lo que cabe preguntarse a dónde va toda esa inmensa biomasa de hojas producida y cómo se incorpora a la cadena trófica marina. La respuesta es lo que se conoce como ruta detritívora, es decir, la descomposición de la materia orgánica muerta o detritus. Las hojas viejas al caer se van fragmentando por el oleaje y la acción de ejércitos de bacterias y pequeños invertebrados (FOTO 3) se encargan de su descomposición hasta partículas más pequeñas y éstas en sus componentes elementales: carbono y sales minerales. Parte de los nutrientes producidos y contenidos en la vegetación marina pueden así ser reutilizados por el ecosistema marino, y el material particulado sirve de alimento a numerosas especies de fauna epibentónica característica de las praderas: esponjas, ascidias, nacras, holoturias y espirógrafos, y a su vez los organismos descomponedores son fuente de alimento para otros animales. La acumulación y descomposición de este mantillo vegetal tiene lugar en la propia pradera, pero una parte importante es exportada hacia las orillas de las playas donde las hojas forman grandes acúmulos, conocidos popularmente como arribazones (FOTO 4). Estos arribazones albergan también una abundante fauna de descomponedores e invertebrados marinos y terrestres que en muchos sitios es la base alimenticia de numerosas especies de aves acuáticas.

La ruta detritívora

La mayor parte de la biomasa producida por la pradera es descompuesta por microorganismos, pequeños invertebrados y holoturias, una vez que la hoja envejece y se desprende de la planta. La descomposición puede tener lugar en la misma pradera, pero una buena parte se produce fuera de ella (exportación) bien en sedimentos vecinos o bien en los arribazones de las playas. La descomposición de esta materia orgánica muerta origina material orgánico particulado, que es la principal fuente de alimento de numerosas especies de fauna bentónica (filtradores y suspensivos), y nutrientes disueltos, que pueden ser reutilizados por las algas y la propia Posidonia.



¿Quién se come las hojas de Posidonia?

No encontramos muchos herbívoros en la pradera de Posidonia. Los peces (*Sarpa salpa*, FOTO 1), erizos y algunos crustáceos son los más importantes. Su actividad se concentra en praderas poco profundas (menos de 10 metros), donde pueden causar algún estrago en la cubierta foliar, pero, en términos globales, dicha actividad tan sólo representa un consumo de entre un 5% y un 10% de la producción anual de la planta. Este es un resultado sorprendente, pues la inmensa cantidad de biomasa foliar debería de ser todo un banquete para los herbívoros. Esta situación se atribuye al escaso valor nutritivo de las hojas, con mucho carbono estructural y poco nitrógeno. Se sospecha, de hecho, que la principal fuente de alimento de estos herbívoros no es la hoja en sí, sino la capa de organismos epífitos que viven sobre ella, más comestibles y nutritivos. Da la casualidad, además, que estos herbívoros concentran su actividad alimenticia en la parte apical de las hojas, donde la biomasa de los epífitos es mayor. Todo esto podemos comprobarlo observando las marcas que dejan los mordiscos de los herbívoros en las hojas, cuya forma es además específica de cada especie (FOTO 2).



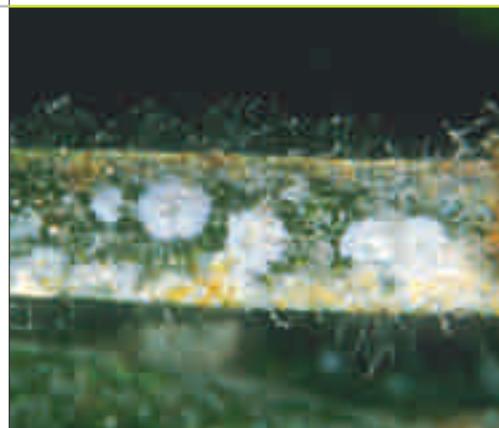
Sin embargo, en ciertas zonas templadas y tropicales las tortugas, los manatíes y las aves acuáticas son muy abundantes y pueden consumir más del 80% de la producción anual de las praderas. Por ello, algunos autores sugieren que la extinción sistemática de estos grandes herbívoros por el hombre puede explicar la escasa importancia de los herbívoros que observamos actualmente en algunas zonas. Numerosos ejemplos indican que muchos de los ecosistemas marinos costeros conocidos han cambiado dramáticamente su estructura y funcionamiento a causa de la eliminación de grandes vertebrados con un papel clave en la cadena trófica. Esto nos lleva a una pregunta de interés científico pero no exenta de cierto matiz nostálgico: ¿cómo serían las praderas mediterráneas en un tiempo pasado en el que las poblaciones de tortuga boba (*Caretta caretta*) eran abundantes, llegaban a nuestras playas para poner sus huevos y se alimentaban de hojas de Posidonia?

FOTO 1: El pez herbívoro *Sarpa salpa* alimentándose en grupo de hojas de Posidonia.

FOTO 2: Marcas características de mordiscos de salpa sobre el extremo apical de las hojas, densamente epifitadas. _FOTOS: J.M. RUIZ

Organización del Hábitat y Biodiversidad

La provisión de alimento que supone la producción de la pradera no es la única causa de la elevada biodiversidad que albergan. Un metro cuadrado de pradera puede contener más de 30 m² de superficie de hojas, es decir, es un auténtico bosque, que multiplica la oferta de posibilidades de sustrato, refugio, cría y alimentación para cientos de especies de algas y animales. Sobre las hojas y los rizomas se instala una rica comunidad bentónica sésil. Las hojas son un sustrato móvil y efímero pues van alargándose y cayendo en periodos cuya duración varía entre 4 y 11 meses. Las especies que colonizan la superficie de las hojas (epífitos; FOTO1) se encuentran adaptadas a esta dinámica y son, por tanto, pequeñas, de crecimiento rápido y con ciclos de vida cortos y llegan a formar una comunidad epífita muy diversa formada por bacterias, hongos, algas y animales. Pequeños gasterópodos se alimentan de estos epífitos raspando la superficie de la hoja con la rádula de su aparato bucal. Por el contrario, los rizomas permanecen en la parte basal de la pradera ofreciendo un sustrato mucho más estable, adecuado para especies bentónicas de mayor biomasa y crecimiento más lento. Además, aquí apenas llega la luz, pues es casi toda interceptada por las hojas, y las especies que encontramos son más parecidas a las de hábitats de roca poco iluminados (especies esciáfilas) como algas rojas (*Peyssonelia sp*) y verdes (*Flabellia petiolata*, *Valonia sp*), siendo muy abundantes las esponjas, los briozoos y las ascidias (FOTOS 2, 3 y 4). Dentro de los sedimentos que hay entre los rizomas encontramos una elevada variedad de organismos (infauna): poliquetos, moluscos, etc. Toda esta fauna sirve a su vez de alimento a multitud de especies bentónicas móviles (epifauna) como moluscos, equinodermos y crustáceos. Muchas especies nadadoras como los misidáceos y juveniles de peces se adentran en la pradera buscando refugio, lo que atrae a numerosos peces depredadores; algunos de los cuales son residentes permanentes como los lábridos (tordos), serranos, espáridos, signátidos (pez mula) y caballitos de mar. Los salmonetes también se alimentan y reproducen en las praderas. Otras especies utilizan la pradera sólo una parte del día o de su ciclo de vida para alimentarse (morenas) o para la reproducción (sepias) –FOTOS 5A14–.



1
2



3
4



ESPECIES DE FLORA Y FAUNA CARACTERÍSTICAS DE LAS PRADERAS DE POSIDONIA

1. Comunidad de epífitos sobre la hoja de Posidonia. _FOTO:A. JORDÁN
2. *Sertella septentrionalis*, briozoo. _FOTO:A. JORDÁN
3. *Valonia utricularis*, alga verde. _FOTO:A. JORDÁN
4. Comunidad de esponjas y algas rojas de los rizomas de Posidonia. _FOTO:J.M. RUIZ



5



6



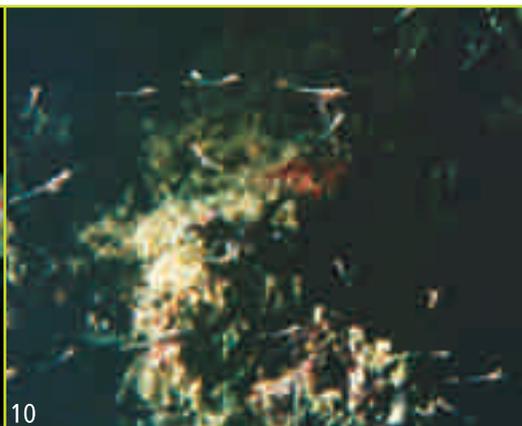
7



8



9 10



11 12



13 14



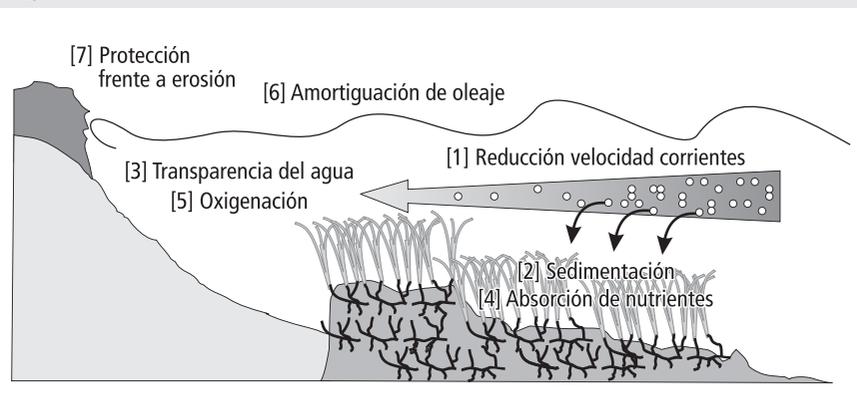
ESPECIES DE FLORA Y FAUNA CARACTERÍSTICAS DE LAS PRADERAS DE POSIDOMIA

- 5. Caballito de mar, *Hippocampus hippocampus*. _FOTO: A. JORDÁN
- 6. *Maja crispata*, crustáceo decápodo. _FOTO: C. BARBERÁ
- 7. *Halocynthia papillosa*, ascidia. _FOTO: A. JORDÁN
- 8. Falso abadejo, *Epinephelus alexandrinus*. _FOTO: A. JORDÁN
- 9. Salmonete de roca, *Mullus surmuletus*. _FOTO: J.M. RUIZ

- 10. Misidáceo, *Leptomysis sp.*, crustáceos. _FOTO: C. BARBERÁ
- 11. *Coris julis*, lábrido. _FOTO: A. JORDÁN
- 12. Serrano, *Serranus cabrilla*. _FOTO: J.M. RUIZ
- 13. Morena, *Muraena elena*. _FOTO: A. JORDÁN
- 14. Sepia, *Sepia officinalis*. _FOTO: J.M. RUIZ

Efectos de la pradera sobre las condiciones ambientales

Las praderas modifican su entorno favoreciendo las condiciones ambientales que aseguran su propia supervivencia y, a su vez, aportando enormes beneficios a la calidad ambiental de nuestras costas. Sus efectos sobre la dinámica de los sedimentos costeros son muy importantes. La densa cubierta de las hojas reduce la velocidad del flujo de agua sobre el fondo (1) favoreciendo la sedimentación y retención de partículas que son transportadas por las corrientes y el oleaje (2). Esto implica también lo contrario, es decir, que las partículas quedan atrapadas y no son resuspendidas por el oleaje, favoreciendo la elevada transparencia de las aguas costeras (3). De esta forma, la propia planta se asegura que le llegue abundante luz para su crecimiento. Además de partículas, la pradera retira nutrientes del agua (4), muchos de los cuales quedan inmovilizados en el sedimento y evitan su disponibilidad para el fitoplancton y algas cuyo crecimiento rápido podría eliminar a las fanerógamas marinas. Otras propiedades del agua, como la cantidad de oxígeno disuelto, son también modificadas por la presencia de las praderas, ya que este elemento es producido en grandes cantidades por la fotosíntesis (5). Por otra parte, actúan de barreras que reducen la erosión hidrodinámica sobre la línea de costa (6) y, por tanto, se encuentran involucradas en la dinámica y persistencia de nuestras playas. Los propios arribazones de hojas amortiguan el impacto de las olas sobre la playa evitando así la regresión de las mismas (7).



Distribución

En la Región de Murcia hay cerca de 11.000 hectáreas de praderas de *Posidonia oceanica* que forman una banda casi continua a lo largo del litoral. Esta distribución no es del todo homogénea ya que depende de las características de cada zona. La profundidad mínima a la que se empiezan a observar las praderas (límite superior FOTO 2) está determinada por la exposición al oleaje y la sedimentación. En zonas muy expuestas este límite se encuentra alejado de la costa ya que los sedimentos de las zonas poco profundas son muy inestables e impiden la colonización por la planta. Las praderas llegan incluso a desaparecer frente a la desembocadura de las ramblas y de los ríos debido a la intensa sedimentación. En estos ambientes, sólo es posible el desarrollo de especies de crecimiento rápido como *Cymodocea nodosa*. A partir de determinada profundidad, las praderas se hacen cada vez menos abundantes debido principalmente a la reducción de la cantidad de luz. La profundidad máxima que alcanzan las praderas se denomina "límite inferior" (FOTO 1) y, en el Sureste peninsular, varía entre 25 y 31 metros. A profundidades mayores, la cantidad de luz es inferior al 10% de la que atraviesa la superficie del agua, lo cual es insuficiente para mantener el crecimiento de la planta. En zonas donde la transparencia del agua es mayor, el límite inferior alcanza profundidades mayores, como en Baleares o en el Mediterráneo Oriental donde las praderas llegan a observarse hasta los 40 metros de profundidad. La pendiente de la plataforma continental determina que esta profundidad crítica se encuentre más o menos alejada de la costa, de forma que las praderas más anchas y extensas se observan en zonas de plataforma con pendiente más suave, como las localizadas entre La Manga y Calblanque, que representan aproximadamente el 75% de la superficie de praderas de la Región de Murcia.

FOTO 1: Límite inferior de Posidonia a 24 metros de profundidad (Cala Cerrada, Cabo Tiñoso, Murcia). Estos límites son especialmente sensibles a cambios en la transparencia de las aguas por lo que su marcaje y seguimiento resulta especialmente interesante.
_FOTO: J.M. RUIZ



FOTO 2: Vista aérea del límite superior de la pradera de Posidonia (parte oscura). A la derecha, el límite se aleja de la línea de costa por la presencia de una rambla (Rambla de Valdelentisco, Mazarrón, Murcia).
_FOTO: CARM



Regresión y principales amenazas

A estas alturas, ya pocos dudan de que las praderas de Posidonia son uno de los más valiosos componentes de nuestro patrimonio natural sumergido. Sin embargo, aunque en la Región de Murcia todavía se puede presumir de extensas praderas en buen estado de conservación, la realidad es que su superficie se ha reducido en los últimos 60 años a consecuencia de la acción humana. Los datos disponibles todavía no son muy precisos, pero todo indica que, en este periodo, entre el 10% y el 20% de la superficie total de praderas de Posidonia del litoral murciano ha desaparecido o se encuentra considerablemente alterada. No son cifras alarmantes, pero sí algo preocupantes. En términos de superficie afectada, la causa principal de este deterioro es la pesca de arrastre ilegal, cuyas artes han causado la destrucción mecánica de importantes extensiones de praderas entre los 20 y 30 metros de profundidad. La segunda causa más importante ha sido el vertido de residuos mineros en Portman, donde se estima que pueden haber desaparecido unas 260 hectáreas sepultadas bajo los estériles mineros. Las pérdidas de pradera causadas por la pesca de arrastre y la minería suponen conjuntamente cerca del 90% de la superficie total degradada en la Región de Murcia. El 10% restante ha sido causado por la construcción de puertos, los dragados para la alimentación de playas artificiales (FOTOS 1 Y 2) y los vertidos de la acuicultura. Los vertidos orgánicos producidos por las granjas marinas y los emisarios de aguas residuales urbanas afectan a las praderas de forma indirecta, mediante el deterioro de la calidad del agua y de los sedimentos. Estos aportes suponen un aumento de partículas y nutrientes en el agua que reducen la transparencia, favorecen el desarrollo masivo de algas y epífitos, incrementan la abundancia de herbívoros y cambian las propiedades de los sedimentos (FOTO 3). En la localidad murciana de Águilas, una sola granja marina causó la desaparición de más de 10 hectáreas de pradera. Muchas de estas actuaciones siguen produciéndose en la actualidad, por lo que la previsión de futuro es que la situación descrita tienda a empeorar, aunque esperemos que a menor velocidad. Nuevas amenazas como los vertidos de las desaladoras y la reciente aparición en Murcia del alga invasora *Caulerpa racemosa* (FOTO 4), introducen nuevas variables sobre este incierto futuro.

Recolonización y recuperación frente a impactos

Una de las consecuencias inmediatas de la lenta capacidad de propagación de Posidonia (tanto asexual como sexual) es su escasa habilidad para recolonizar un espacio en el que la pradera ha sido total o parcialmente destruida por la acción de un agente natural (p.e. temporales) o un impacto de origen antrópico. Como hemos visto en apartados anteriores las perturbaciones naturales capaces de causar destrucciones parciales de la pradera ocurren a escalas temporales largas y raramente coinciden en el mismo sitio. De esta forma es posible cierto equilibrio entre el tiempo que necesita la planta para recolonizar el espacio y el tiempo en que vuelve a repetirse la perturbación. La acción del hombre altera este equilibrio aumentando la tasa de destrucción de la

pradera en relación a su capacidad de recolonización, de forma que la recuperación de una pradera es cada vez más difícil, al menos dentro de una escala de tiempo humana. Un ejemplo muy conocido que ilustra este problema viene del estudio del impacto causado por una bomba sobre una pradera del Sur de Francia durante la Segunda Guerra Mundial. La velocidad de expansión de la pradera ha sido de 3-4 cm/año, de forma que sólo el 40% del área impactada ha sido recolonizada 40 años después y se estima que harían falta hasta 150 años para que la pradera recolonizase toda el área destruida. A la escasa capacidad de propagación de la especie hay que añadir que, tras una perturbación, las condiciones ambientales cambian y dejan de ser óptimas para el crecimiento de la planta. Un ejemplo claro son las áreas alteradas por la pesca de arrastre, cuyas artes no sólo destruyen la vegetación sino que también provocan un aumento de la turbidez del agua y el enfangamiento del sedimento reduciendo la disponibilidad de luz para la fotosíntesis. En praderas arrastradas del Sureste peninsular se ha podido comprobar que la capacidad de regeneración de Posidonia es 20 veces inferior a la de praderas sanas no afectadas por la pesca de arrastre.

Trasplantes

Muchos han sugerido la posibilidad de trasplantar Posidonia en estas áreas destruidas, pero ésta es una opción que todavía carece de fundamento y rigor científico y es poco viable desde el punto de vista de la gestión. En primer lugar, debería ocurrir que las condiciones ambientales que han originado la alteración de la pradera se restablecieran, lo que no suele pasar, como se ha visto en el caso de praderas alteradas por la pesca de arrastre. En segundo lugar, dada la baja capacidad de colonización de la especie, para restaurar una pequeña área en un periodo de tiempo razonable, la cantidad de plantas necesaria sería tal que el impacto de su extracción en praderas donantes podría ser considerable, por lo que llegaríamos a una situación absurda. En tercer lugar, algunos cálculos del coste económico de esta operación hacen este tipo de propuestas más absurdas si cabe. Con este panorama, las propuestas de "compensar" los impactos causados por la actividad humana con programas de trasplante, como ha ocurrido con algunos puertos deportivos en el Sureste peninsular, no sólo son inadecuadas sino peligrosas, ya que entramos en el terreno de la especulación. Alternativas de restauración basadas en la replantación de vástagos obtenidos en viveros a partir de semillas podrían hacer más razonable este tipo de propuestas, pero sería necesario un importante trabajo científico previo para que se llevaran a cabo en las condiciones adecuadas.

1. Obras para la construcción de puertos deportivos y playas artificiales. _FOTO: J.VERA
2. Pradera de *Posidonia* desaparecida por la acción de un dragado para la alimentación de una playa artificial (Calarreona, Águilas). _FOTO: J.VERA
3. Pradera degradada por la influencia de aportes externos de materia orgánica. _FOTO: J.M. RUIZ
4. *Caulerpa racemosa*, alga verde. _FOTO: J.M. RUIZ



2. RED DE SEGUIMIENTO DE POSIDONIA OCEANICA

¿Qué es una Red de Seguimiento?

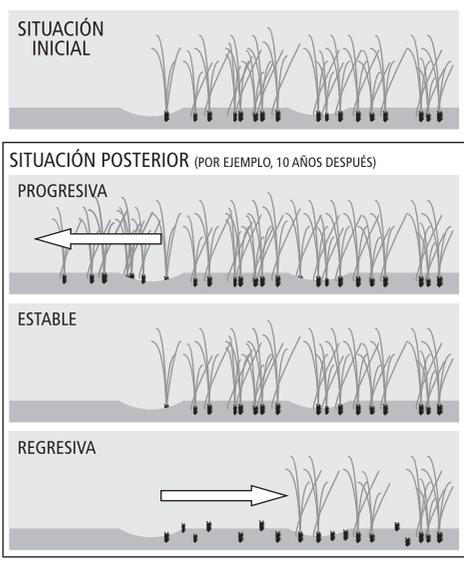
Una Red de Seguimiento consiste en una serie de puntos fijos (estaciones de muestreo), distribuidos a lo largo de la costa, que son visitados periódicamente para realizar una serie de mediciones con el objetivo de conocer el estado de salud del hábitat o poblaciones objeto de estudio y su evolución a largo plazo (véase cuadro inferior). Para que un proyecto de estas características sea viable se deben cumplir una serie de requisitos básicos:

1. Abarcar escalas temporales amplias (mínimo 10 años).
2. Contemplar una amplia red de puntos representativa de las condiciones ambientales en que se encuentra el hábitat y que nos permita inferir cambios originados por la actividad humana de los que son originados por factores naturales.
3. Emplear mediciones de fácil obtención, con métodos eficaces, robustos y estandarizados, que permitan con escaso error la comparación de resultados obtenidos por diferentes muestreadores, en diferentes áreas geográficas y en diferentes años.

Evolución de las praderas de *Posidonia oceanica*

En el caso de *Posidonia oceanica*, el estudio de su estado biológico en cada punto de la Red de Seguimiento nos permite conocer su evolución a partir de una situación inicial:

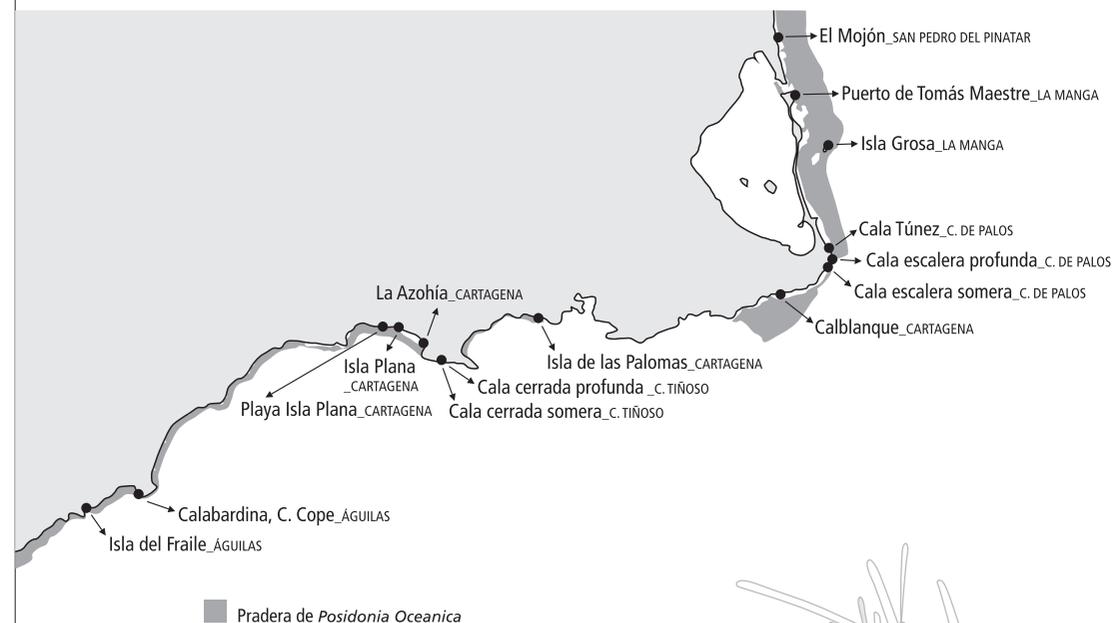
- a) PROGRESIVA, si la abundancia de plantas y/o la extensión de la pradera aumentan de un año a otro.
- b) ESTABLE, si no hay cambios en la abundancia y extensión de la pradera de un año a otro.
- c) REGRESIVA, si la abundancia de plantas y/o la extensión de la pradera disminuyen de un año a otro.



La Red de Seguimiento de Posidonia de la Región de Murcia

En la Región de Murcia, la Red de Seguimiento de Posidonia se inició en el año 2004 y actualmente cuenta con 15 estaciones de muestreo distribuidas como se indica en el mapa. En cada una de ellas se realiza una sola inmersión al año con la participación total de 12 clubes y centros de buceo y 197 buceadores voluntarios.

Distribución de la pradera de *Posidonia Oceanica* en la Región de Murcia y Estaciones de Muestreo de la Red de Seguimiento



¿Por qué el seguimiento de *Posidonia oceánica*?

Las praderas submarinas de *Posidonia oceanica* son especialmente vulnerables al impacto de la actividad humana, propiedad que, junto con su amplia distribución geográfica, les ha convertido en excelentes candidatas como indicador biológico del estado de conservación de los ecosistemas marinos costeros.

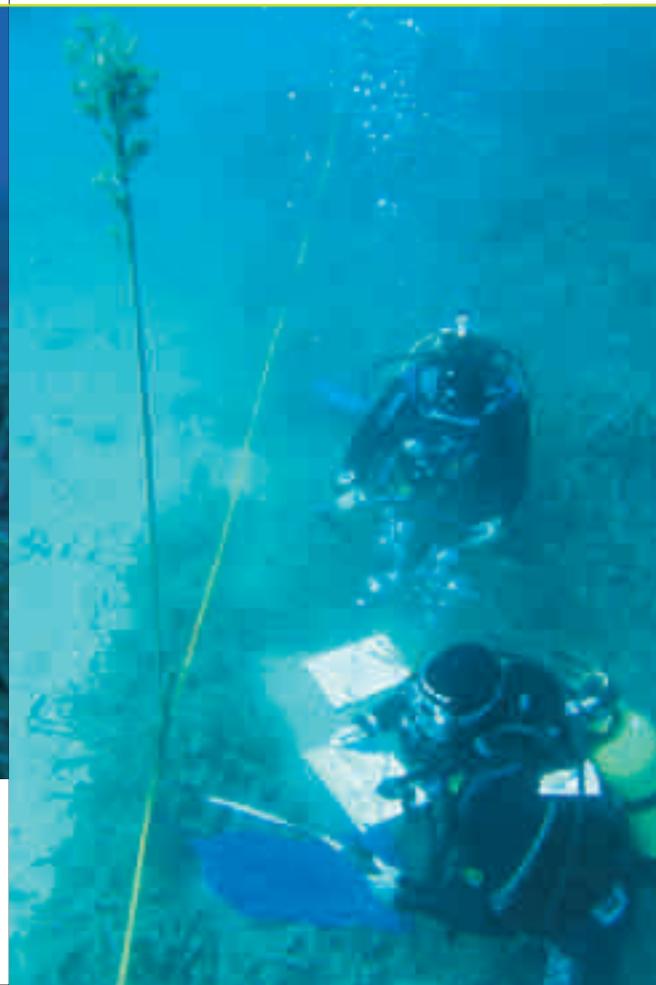
Además es uno de los hábitats de mayor importancia ecológica en el Mediterráneo y, paradójicamente, de los más amenazados debido al desarrollo de la actividad humana en la costa. En consecuencia, actualmente gozan de un status de protección propio en la mayoría de las Comunidades Autónomas que conforman el litoral mediterráneo español y son considerados hábitats de protección prioritaria en la Directiva Comunitaria y en el Convenio de Barcelona.



FOTO: J. VERA

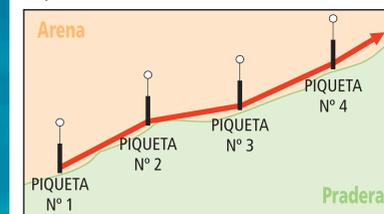
La estación de muestreo

Cada estación de seguimiento consta de 6 a 8 puntos de muestreo, en cada uno de los cuales una pareja de buceadores realiza las correspondientes mediciones. La posición de cada punto de muestreo se indica mediante una barra o piqueta metálica de 1,5 m de longitud total, clavada en el sedimento y provista de una pequeña boya que sobresale 1 metro sobre la cubierta foliar (foto inferior). Las piquetas se encuentran numeradas y están separadas una de otra entre 5 y 10 metros siguiendo los límites de la pradera o un transecto en una dirección determinada (ver esquema). La piqueta es, por tanto, el lugar de referencia de cada pareja de buceadores voluntarios desde la cual realizarán las diferentes mediciones durante toda la inmersión de muestreo. Cuando las piquetas se encuentran siguiendo un límite de pradera, la distancia entre dicho límite y la piqueta es anotada para conocer si hay cambios en la superficie colonizada por la pradera de un año a otro.



Pareja de buceadores voluntarios realizando las mediciones en su piqueta correspondiente. _FOTO: J.M. RUIZ

ESQUEMA DE LA DISPOSICIÓN DE LAS PIQUETAS EN LA ESTACIÓN DE MUESTREO:





Material de muestreo y toma de datos

Para realizar las mediciones cada pareja de buceadores voluntarios recibe un kit con el material de muestreo necesario:

- 1 Red de malla para guardar y transportar el material.
- 2 1 Marco de PVC de 40 x 40 cm dividido en 4 subcuadrados de 20 x 20 cm.
- 3 1 Marco de PVC de 20 x 20 cm.
- 4 1 Regla de plástico de 20 cm.
- 5 1 Cinta métrica de 10 m.
- 6 1 Piqueta metálica de camping.
- 7 2 Tablillas de metacrilato y lápices para la toma de datos.

Las mediciones obtenidas por los buceadores son anotadas en unos estadios fijados a las tablillas de metacrilato en los que se apuntan los valores de las mediciones en las casillas correspondientes (véase foto_AUTOR: A.JORDAN).

Los descriptores y su medición

Los descriptores son las características de las plantas o de su ambiente cuya medición nos permitirá realizar un diagnóstico del estado de salud de la pradera en cada estación de muestreo. Los científicos emplean numerosos tipos de descriptores para definir el estado biológico de una pradera a nivel bioquímico, fisiológico, fenológico, poblacional o de su biocenosis asociada. Su empleo depende del problema científico planteado y su medición se encuentra descrita en varios manuales especializados publicados (consúltese la bibliografía). Para nuestro caso, se han seleccionado sólo unos pocos de acuerdo con los objetivos de la Red de Seguimiento, de fácil aprendizaje y ejecución por el buceador voluntario y que se empleen en otras redes de seguimiento de otras áreas geográficas. Éstos son los siguientes:

- Densidad de haces.
- Cobertura de pradera.
- Grado de enterramiento de los haces.
- Abundancia de especies de fauna clave.

a) Medición de la densidad de haces

La densidad de haces es el número de plantas por m^2 y es una medida de abundancia de vegetación. Su medición se realiza mediante el recuento del número total de haces dentro de una superficie dada y se expresa en haces/ m^2 .

Para la medición de este descriptor hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. En praderas someras, puede sobrepasar valores de 1000 haces/ m^2 lo que implicaría un elevado consumo de tiempo en inmersión para su medición.
2. Los haces no cubren el sustrato de forma homogénea sino que se agrupan en manchas (ver apartado sobre estructura y paisaje de la pradera).





MEDICIÓN DE LA DENSIDAD DE HACES: 1) Colocación del cuadrado. 2) Recuento de haces. _FOTOS: J.M. RUIZ

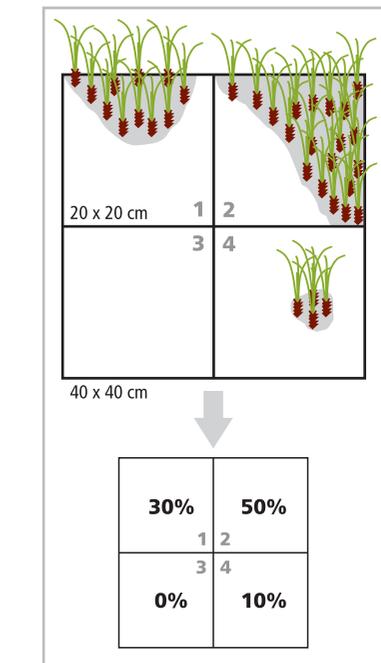


FOTO 3: Colocación del cuadrado de cobertura sobre el transecto. _FOTO: J.M. RUIZ

FOTO 4: Medición de la cobertura por la pareja de buceadores. _FOTO: J.M. RUIZ

Por estas razones, el censo de haces se realiza dentro de marcos cuadrados de pequeña superficie (400 cm²) colocados dentro de manchas de pradera viva. Para ello, se utiliza el marco de PVC de 20 x 20 cm, siguiendo los pasos que se describen a continuación:

1. Colocar el cuadrado dentro de una mancha de haces buscando la zona de máxima densidad de plantas. Evitar en lo posible los claros de arena (FOTO 1).
2. Sujetar los haces apoyando el antebrazo contra el fondo y con la otra mano se van sacando los haces uno a uno y contándolos (FOTO 2).
3. Anotar el resultado en la casilla correspondiente del estadillo.

En cada piqueta esta operación se repite 3 veces en 3 sitios diferentes y es realizada por un solo buceador.

b) Medición de la cobertura de pradera

La cobertura es también una medida de abundancia y es la proporción del fondo ocupado por las manchas de haces. Su medición se realiza mediante estimación visual del porcentaje de la superficie del fondo ocupada por las manchas de haces dentro de un cuadrado de 40 x 40 cm. Para facilitar esta medición cada cuadrado se encuentra subdividido en 4 subcuadrados de 20 x 20 cm. A cada subcuadrado se le asigna un valor entre 0% y 100% según la proporción de su superficie que se encuentra ocupada por los haces, tal y como se indica en la figura de la izquierda.

Cuadrado superior: En cada subcuadrado de 20 x 20 cm, la zona sombreada (gris) indica la superficie ocupada por los haces de Posidonia.

Cuadrado inferior: En cada subcuadrado se anota el porcentaje estimado de dicha superficie en relación a la superficie total del subcuadrado, que corresponde al 100%.

Para la obtención de estas mediciones seguimos los siguientes pasos:

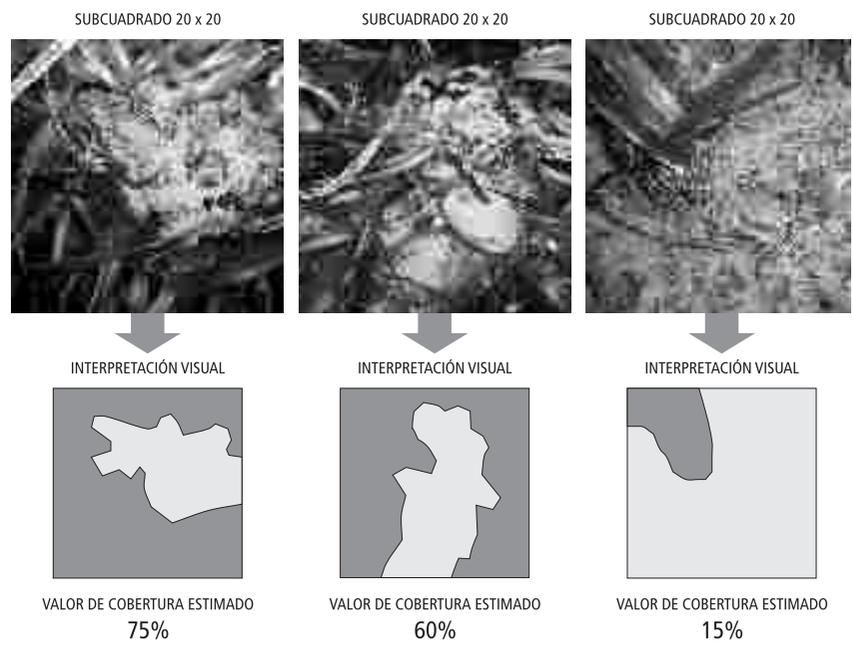
1. Desde la piqueta, lanzamos la cinta métrica de 10 m siguiendo un rumbo determinado previamente.
2. Colocamos el cuadrado de 40x40 cm en el metro 1 de forma que el centro de la cruceta coincida con la marca de 1 m y uno de los ejes quede totalmente perpendicular a la cinta métrica (FOTO 3).
3. Realizamos la estimación visual de cobertura en cada uno de los 4 subcuadrados de 20x20 cm y lo anotamos en la casilla correspondiente del estadillo.

Esta operación se repite en cada metro del transecto hasta obtener un total de 10 mediciones. En la página siguiente se muestran algunos ejemplos prácticos para la medición de este descriptor.

Al ser una estimación visual no es una medida cuantitativa y, por tanto, se encuentra afectada por el error derivado de la subjetividad de cada buceador en su interpretación. Para corregir este error la medición se realiza simultáneamente por dos buceadores sobre el mismo cuadrado (FOTO 4), siendo el valor final la media ponderada de las dos estimas.

Ejemplo práctico de medición de la cobertura de pradera

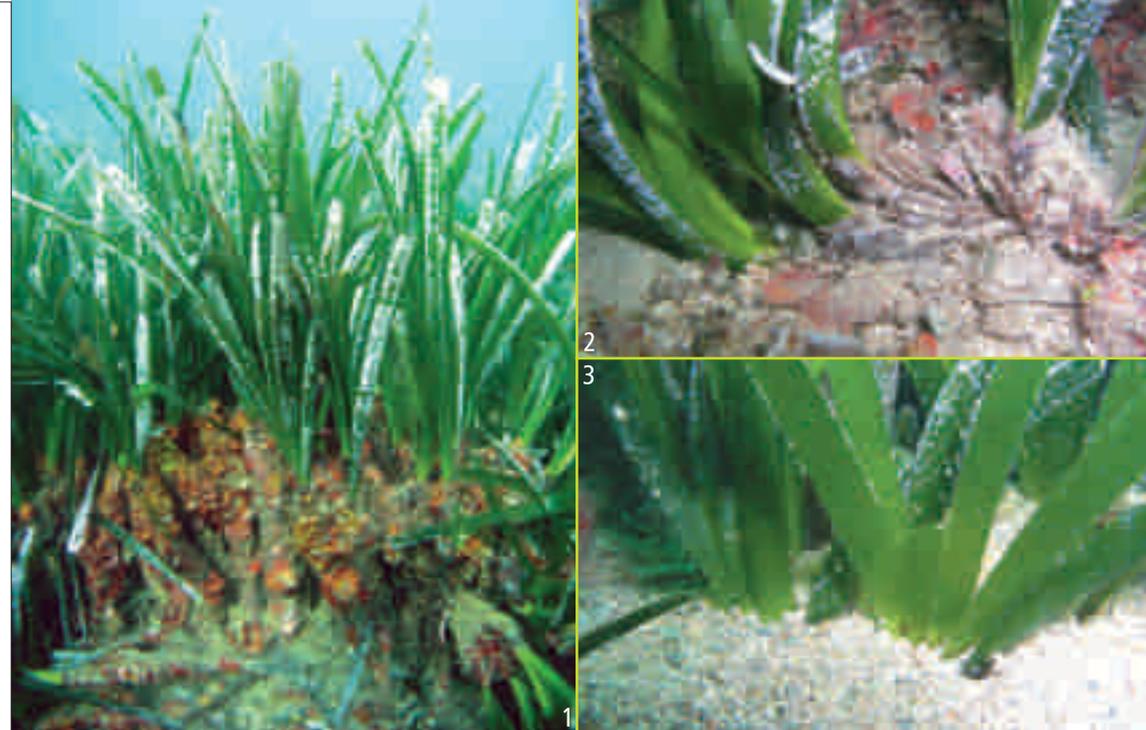
La superficie de cada foto corresponde a la de un subcuadrado de 20 x 20 cm del cuadrado de 40 x 40 cm empleado para la medición de la cobertura. De cada foto, se ha hecho la interpretación visual de la superficie ocupada por la planta (gris oscuro) y de la que no tiene vegetación (gris claro) y, de ahí, el porcentaje estimado de la superficie ocupada por la planta respecto a la superficie total del subcuadrado.



c) Medición del grado de enterramiento de los haces

Es la distancia vertical (en centímetros) entre el nivel del sedimento y la lígula de la hoja más externa del haz de *Posidonia oceanica*. El valor y signo de esta distancia varía en función del balance neto entre el crecimiento vertical de la planta y la dinámica sedimentaria en cada sitio:

- La distancia es de signo **positivo** si el nivel del sedimento está por debajo de la lígula (FOTO 1) e indica que el crecimiento vertical de los haces es superior a la acumulación de sedimentos en la pradera o que existe un déficit de sedimentos causado por algún fenómeno de erosión.
- Tiene valor **cero** cuando la lígula se encuentra al mismo nivel que la superficie del sedimento (FOTO 2) e indica que el crecimiento vertical y la acumulación de sedimentos sobre la pradera se encuentran compensados.
- La distancia es de signo **negativo** cuando la lígula se encuentra por debajo del nivel del sedimento (FOTO 3) e indica que existe una acumulación excesiva de sedimentos sobre la pradera.



Enterramiento del haz: 1) positivo, 2) cero y 3) negativo. _FOTOS: J.M. RUIZ

En cada piqueta, la medición de este descriptor se lleva a cabo siguiendo los siguientes pasos:

1. Seleccionar una hoja al azar y seguirla hasta su base (FOTO 4).
2. Medir con una regla la distancia en centímetros entre la lígula de la hoja más externa del haz y la superficie del sedimento (FOTO 5).
3. Anotar el valor obtenido y su signo (positivo o negativo) en la casilla correspondiente de la tablilla.

Esta operación se repite hasta obtener 12 medidas y es realizada por un solo buceador.

Medición del enterramiento: selección de una hoja al azar (4) y medición con la regla (5). En este caso la medida es positiva (+7 cm), pues la lígula está por encima del nivel del sedimento. _FOTOS: J.M. RUIZ





d) Medición de la abundancia de especies clave de macrofauna

Se refiere al número de individuos por metro cuadrado de determinadas especies de macrofauna invertebrada características de las praderas de *Posidonia*. Son especies que tienen un papel clave en el funcionamiento del ecosistema (por ejemplo, herbívoros, filtradores, etc.) y/o son especialmente raras, singulares o amenazadas. Su conservación es, por tanto, de elevado interés. Las especies seleccionadas son las siguientes:

Erizos (*Paracentrotus lividus* y *Sphaerechinus granularis*)

Son equinodermos herbívoros generalistas, es decir, que se alimentan de algas y de las hojas de *Posidonia oceanica*, pero también de los restos de vegetación muerta, de algunos animales e, incluso, de partículas de alimento del agua. Su abundancia en las praderas es muy baja (0-5 individuos/m²), pero pueden aumentar considerablemente sus poblaciones (hasta 30 individuos/m²) cuando hay un aporte de contaminación orgánica (por ejemplo, granjas marinas o vertidos domésticos). _FOTO 1: J.M. RUIZ

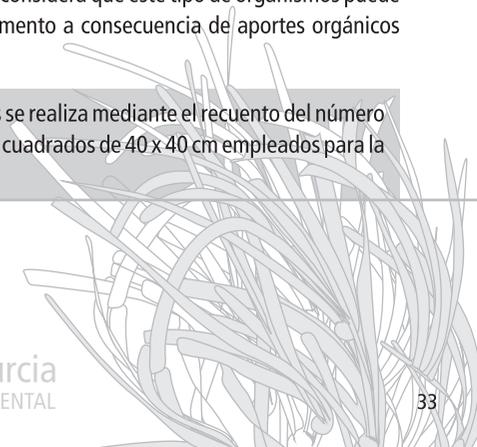
Espirógrafos (*Spirographis spallanzanii*)

Son gusanos anélidos tubícolas que se alimentan atrapando las partículas de alimento suspendidas en el agua gracias a un penacho de tentáculos especializados que conforman el aparato branquial del animal. Son, por tanto, otro buen indicador de la calidad del agua. _FOTO 2: A. JORDÁN

Holoturias (*Holothuria sp*) o cohombros de mar

Son organismos detritívoros, es decir, que se alimentan de las partículas de alimento contenidas dentro del sedimento. En las praderas podemos encontrar hasta 4 especies diferentes: *H. tubulosa*, *H. polii*, *H. foskali* y *H. xantorii*, pero es difícil identificar con seguridad cada especie en el campo y normalmente hace falta recurrir a la ayuda de un taxónomo especializado. No obstante, en nuestro caso, la diferenciación por especies no es necesaria, al tener la misma función en el ecosistema. En determinadas circunstancias, se considera que este tipo de organismos puede ser indicador de un deterioro de la calidad del sedimento a consecuencia de aportes orgánicos externos. _FOTO 3: J.M. RUIZ

La medición de la abundancia de estas tres especies se realiza mediante el recuento del número de individuos de cada especie dentro de los mismos cuadrados de 40 x 40 cm empleados para la medición de la cobertura de pradera.



Nacra (*Pinna nobilis*)

Es el molusco bivalvo más grande del Mediterráneo (hasta 86 cm). Es un organismo sésil que se alimenta de partículas de alimento suspendidas en el agua, especialmente abundantes en las praderas de *Posidonia oceanica* por su elevada productividad. Su abundancia se ve, por tanto, afectada por el deterioro de la pradera o de la calidad del agua. Es una especie muy vulnerable al impacto de las anclas y las artes de pesca, lo que la convierte también en un indicador del deterioro mecánico de las praderas por este tipo de impactos. En muchas zonas del Mediterráneo occidental sus poblaciones han sido considerablemente diezgadas y está considerada como una especie rara y altamente amenazada, incluida en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas.

La medición de la abundancia de nacras se realiza mediante el recuento del número de nacras a lo largo de un pasillo de 2 metros de ancho a cada lado del transecto de 10 metros (el mismo que se ha utilizado para la medición de la cobertura). Esta medición se realiza entre dos buceadores, cada uno de los cuales recorre una de las dos bandas delimitadas a cada lado del transecto.

Pinna nobilis (nacra) adulta (1) y joven (2). _FOTOS: J.M. RUIZ



Seguimiento de la dinámica de poblaciones de *Pinna nobilis*

Además de conocer la abundancia de Nacras, podemos estudiar con más detalle la estructura y dinámica de sus poblaciones y su evolución en el tiempo, es decir, su edad, sus tasas de reclutamiento y sus tasas de mortalidad. Para ello se requiere el marcaje de cada uno de los individuos encontrados en los transectos de forma que puedan ser encontrados e identificados en años sucesivos. El marcaje se realiza colocando en la parte basal del individuo una etiqueta con un código específico que permite su identificación y una pequeña boya que permitirá su localización. De cada individuo se toman las siguientes medidas (ver esquema):

- Altura de la parte de la concha que sobresale del sedimento (**Hs**)
- Anchura de la concha a nivel del sedimento (**As**)
- Anchura máxima de la concha (**At**)

La proporción de concha hundida en el sedimento varía de un individuo a otro, por lo que Hs no es representativo del tamaño real del individuo, es decir, su altura total (**Ht**). Para calcularlo, se emplea la siguiente ecuación, basada en las relaciones alométricas de los descriptores anteriores medidos en valvas de individuos muertos:

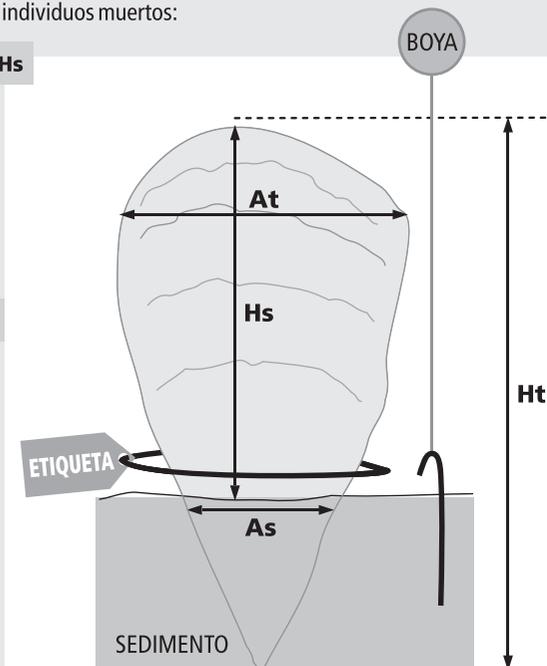
$$Ht = (1,79 \times As + 0,5 \pm 0,2) + Hs$$

Finalmente, una vez calculado **Ht** podemos conocer la edad del individuo a partir de modelos matemáticos de crecimiento conocidos, como el de von Bertalanffy:

$$Ht = 86,3 \times [1 - e^{-0,053 \times (t + 0,22)}]$$

Siendo **t** la edad del molusco en años.

ADVERTENCIA: La etiqueta debe ser diseñada de forma que no afecte a la actividad ni al crecimiento del molusco.



3. VOLUNTARIADO AMBIENTAL

¿Son fiables los datos?

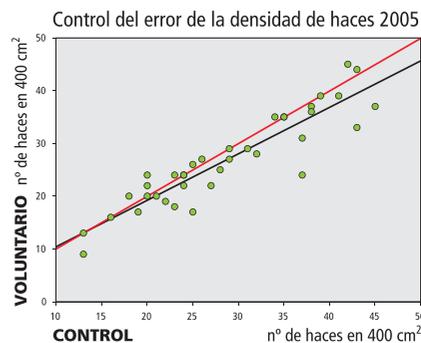
La participación de buceadores voluntarios en programas de seguimiento biológico debe garantizar una fiabilidad de los datos suficientemente aceptable como para que éstos puedan ser utilizados con fines científicos y en los procesos de decisión política que afectan a la ordenación de la actividad humana en el litoral. Hasta ahora, los resultados obtenidos en éstos y otros proyectos similares son bastante optimistas ya que el grado de error de los datos obtenidos por buceadores voluntarios es muy aceptable. Pero, para conseguirlo, dichos proyectos deben reunir una serie de condiciones básicas:

- Impartir una adecuada formación teórico-práctica de los voluntarios.
- Suscitar el interés y la motivación del voluntario para que sea riguroso con las tareas realizadas.
- Emplear mediciones sencillas y robustas.
- Aplicar medidas de control para la cuantificación del error de las mediciones realizadas por el voluntario.
- Estar coordinados por grupos o entidades con formación científica reconocida.

La realización de algún tipo de práctica previa a la inmersión es fundamental para entender y fijar los conceptos teóricos. _FOTO:A.JORDÁN



En la gráfica se representan mediciones de la densidad de haces realizadas por voluntarios y monitores especializados en un mismo cuadrado de muestreo (puntos verdes). La línea recta negra es la relación ajustada a los valores obtenidos por los voluntarios y los monitores (control). La línea recta roja es la relación entre las mediciones realizadas por los voluntarios y las de los monitores si el error fuera cero (recta 1:1). Como puede apreciarse ambas rectas no difieren mucho entre sí y las diferencias entre ambas permiten identificar el tipo y cantidad de error cometido.



Otras redes de vigilancia

El éxito del binomio entre científicos y ciudadanos ha derivado en la implantación de las Redes de Seguimiento de *Posidonia* en casi todas las regiones del litoral mediterráneo español (ver tabla). Existen otros hábitats y especies, de igual importancia y vulnerabilidad ecológica, susceptibles de ser monitorizados en el tiempo mediante la misma fórmula. De hecho, existen ya algunas iniciativas en funcionamiento en el Mediterráneo de las que citamos dos ejemplos representativos:

- La red de seguimiento de las poblaciones de nacra (Réseau Méditerranéen d'Observation, d'Etude et de Protection R.E.M.O.E.P.P. de *Pinna nobilis*), puesta en marcha por la Universidad de Marsella, Francia, en 1990.
- La red de voluntariado para el seguimiento de las poblaciones del caballito de mar en el Mediterráneo (Mediterranean Hippocampus Mission) iniciada por la Universidad de Bologna, Italia, entre 1990 y 1993. <http://www.marinesciencegroup.org>

Otros programas de seguimiento científico de hábitats y/o especies marinas que incluyen la colaboración de buceadores voluntarios en otras partes del mundo, son:

- Florida y Mar del Caribe: Fish Survey Project <http://www.reef.org>
- Zonas tropicales de todo el mundo: Ref. Check <http://www.reefcheck.org>
- Sur de Australia: ReefWatch <http://www.reefwatch.asn.au>
- Filipinas: Project Seahorse <http://www.seahorse.fisheries.ubc.ca>

IMPLANTACIÓN DE LAS REDES DE SEGUIMIENTO DE POSIDONIA EN EL LITORAL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL

REGIÓN	ENTIDAD COORDINADORA	PERIODO
CATALUÑA	Departamento de Ecología. Universidad de Barcelona	1998-2001
CATALUÑA	CRAM	Desde 2002
COMUNIDAD VALENCIANA	Institut d'Ecologia Litoral	Desde 2001
BALEARES	Conselleria d'Agricultura i Pesca del Govern Illes Balears, IMEDEA	Desde 2002
MURCIA	Instituto Español de Oceanografía	Desde 2004



Implicación social y concienciación

Toda esta oferta y potencial futuro de las Redes de Seguimiento no sólo es esperanzador para el conocimiento científico de los ecosistemas marinos sino también para su conservación futura, ya que ésta no tiene sentido sin el apoyo de la sociedad. En este sentido, la respuesta de cientos de buceadores voluntarios que participan en este tipo de proyectos es, sin duda alguna, una inyección de optimismo y esperanza. Es síntoma de un alto grado de sensibilización social ante temas ambientales (aunque todavía insuficiente) y merece, por nuestra parte, responder con un esfuerzo educativo importante. Las Redes de Seguimiento tienen, por tanto, el compromiso de convertirse en vehículos transmisores del conocimiento científico y de los problemas actuales que amenazan nuestros ecosistemas marinos. Además, mediante la participación activa, el buceador deportivo pasa de ser un mero espectador que se pasea por el fondo a implicarse directamente en tareas de conservación de los hábitats y especies que tanto han despertado su admiración. Es más, en el caso de las praderas de *Posidonia*, descubren el interés por algo que hasta entonces consideraban como unos cuantos "hierbajos aburridos y monótonos". Por último, a medio y largo plazo, el papel que pueden jugar estos proyectos en una mayor diversificación del turismo subacuático será bastante relevante. El buceo recreativo ha experimentado una masificación y su concentración en "santuarios" marinos puede revertir en el deterioro de los valores naturales de estas áreas marinas protegidas, tal y como ya se ha demostrado en muchos sitios. En este sentido, la educación del buceador deportivo, en particular, y del ciudadano, en general, en temas ambientales es un aspecto fundamental.

La participación de buceadores voluntariados en proyectos de seguimiento científico es una oportunidad para conocer más de cerca los ecosistemas marinos, compartir experiencias y divulgar los valores de nuestro patrimonio natural sumergido. _FOTO: J.M. RUIZ



4. MEDIDAS DE CONSERVACIÓN

La protección y conservación de las praderas de *Posidonia oceanica* y del resto de nuestro patrimonio natural sumergido es un reto reciente e ineludible, pero ¿quién o quiénes son los responsables? y ¿qué medidas se han tomado y cuáles deberían ser tomadas?

La Administración:

1. Dotar a la especie o hábitat de un estatus de protección legal a nivel regional. Murcia es la única Comunidad Autónoma en la que las fanerógamas marinas carecen de dicho estatus.
2. Regulación de las actividades que causan el deterioro de las praderas, como la pesca de arrastre, cuya práctica es ilegal a menos de 50 m de profundidad, según el Reglamento de Pesca de la Unión Europea 1626/94. La mayor parte de estas actividades carecen de esta regulación específica y siguen la normativa de evaluación de impacto ambiental, cuya efectividad en la conservación de hábitats marinos es más que dudosa.
3. Otras actividades como el fondeo incontrolado no tienen ningún tipo de regulación. La Administración regional debería organizar y regular los numerosos fondeaderos que han causado un importante impacto sobre las praderas.
4. Las praderas de fanerógamas marinas mediterráneas se encuentran incluidas en el Anexo de Hábitats Prioritarios de la Directiva 92/43/CEE del Consejo y en el Convenio de Barcelona, por la que se establecen medidas de conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres.
5. Reservas marinas: suelen incluir praderas de fanerógamas marinas aunque la superficie protegida tiene como objeto la conservación de otro tipo de hábitats.
6. Protección de áreas marinas como Lugares de Interés Comunitario (LIC) por aplicación de la Directiva 92/43/CEE. En Murcia las praderas de La Manga, Cabo de Palos y Calblanque han sido declarados zonas LIC, lo que supone cerca de un 75% de la superficie total de praderas de la región.
7. La Comunidad Autónoma de Murcia dispone de una de las más detalladas cartografías de las biocenosis marinas, entre las que se encuentran las praderas de fanerógamas marinas.
8. Fomentar y financiar proyectos de investigación científica y educación ambiental como la Red de Seguimiento de *Posidonia oceanica*.

Los Científicos:

1. Durante las últimas décadas, los científicos han realizado un considerable esfuerzo en el estudio de la biología y ecología de las fanerógamas marinas que ha derivado en numerosas

publicaciones y líneas de investigación específicamente dirigidas a la conservación de este ecosistema.

2. Colaborar con las Administraciones para canalizar y aprovechar más eficazmente el conocimiento científico existente hacia medidas de conservación eficaces.
3. Organizar, coordinar y desarrollar proyectos de seguimiento científico de las praderas de fanerógamas marinas y de aquellos aspectos de su ecología relevantes para su conservación y gestión.

Los Usuarios:

1. Los usuarios, es decir, los responsables (privados o públicos) de las actividades desarrolladas en el litoral que utilizan o explotan los recursos marinos disponibles, tienen también el compromiso de contribuir a la conservación de los hábitats marinos.
2. Deben desarrollar su actividad mediante prácticas aceptables desde el punto de vista medioambiental, ajustarse a los contenidos de la declaración de impacto ambiental y facilitar el desarrollo de los correspondientes planes de vigilancia.
3. Colaborar con científicos y Administraciones en estudios sobre el impacto de su actividad sobre las fanerógamas marinas.

Los Ciudadanos:

1. Si buceas con botellas, controla la flotabilidad para evitar la erosión del fondo y el desprendimiento de organismos.
2. Tanto si buceas con botellas como en apnea no toques nada ni extraigas ejemplares de organismos vivos ni muertos. Deja todo tal y como lo encuentres.
3. Los centros de buceo deben preocuparse por que los futuros buceadores sepan controlar la flotabilidad y de recordar antes de las inmersiones la importancia de respetar los puntos anteriores.
4. Evita siempre el anclaje sobre las praderas de Posidonia u otro hábitat sensible.
5. Denuncia acciones que puedan suponer una amenaza para las praderas como la pesca de arrastre ilegal o vertidos incontrolados.
6. La aparición y localización de especies de algas invasoras, como *Caulerpa taxifolia* y *Caulerpa racemosa*, debe ser inmediatamente notificada a autoridades y organismos especializados. Aprende a reconocerlas.
7. Los arribazones de *Posidonia* de la orilla de las playas no son basura sino un componente importante para el funcionamiento del ecosistema costero, exige a los ayuntamientos locales que no los eliminen de forma sistemática.
8. Participa en la Red de Seguimiento de Posidonia y otros proyectos similares y ayuda a divulgar entre los ciudadanos la importancia de las praderas submarinas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBERÁ, C., CAÑIZARES, S., RULL DEL ÁGUILA, L. 1996. *Estudio de la población del molusco lamelibranchio *Pinna nobilis* L., 1758, en el litoral alicantino*. Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. Universidad de Alicante, Alicante.
- BORUM, J., DUARTE, C.M., KRAUSE-JENSEN, D., GREVE, T.M. (eds.) 2004: *European seagrasses: an introduction to monitoring and management. The M&MS project* ([http://www.seagrasses.org/european_seagrasses_high .pdf](http://www.seagrasses.org/european_seagrasses_high.pdf))
- GARCÍA MARCH, J.R., FERRER FERRER, J. 1995: *Biometría de *Pinna nobilis* L., 1758: una revisión de la ecuación de De Gaulejac y Vicente* (1990). Boletín del Instituto Español de Oceanografía, 11(2): 175-181.
- GONZÁLEZ-CORREA, J.M., SÁNCHEZ-LIZASO, J.L., BAYLE, J.T., VALLE, C., SÁNCHEZ-JEREZ, P., RUIZ, J.M. 2005: *Recovery of disturbed deep Posidonia oceanica meadows after protection by antitrawling reefs*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 320: 65-76.
- HEMMINGA, M.A., DUARTE, C.M. 2000: *Seagrass ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- LUQUE, Á., TEMPLADO, J. (coords.) 2004: *Praderas y bosques marinos de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.
- MONTERO, M., CODINA, A. 2004: *Red de control de las praderas de Posidonia oceanica*. Institut d'Ecologia Litoral, El Campello, Alicante.
- PHILLIPS, R.C., MCROY, C. 1990: *Seagrass research methods*. Monographs on oceanographic methodology, 9. Unesco, Francia.
- ROMERO, J. 2004: *Posidonia: els prats del fons del mar. La mirada del biòleg a un ecosistema mediterrani*. Col·lecció Norai, 9. Escola del Mar, Centre d'Estudis Marins de Badalona, Àmbit de Medi Ambient, Sostenibilitat i Habitatge, Ajuntament de Badalona.
- RUIZ, J.M., PÉREZ, M., ROMERO, J. 2001: *Effects of fish farm loadings on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis*. Marine Pollution Bulletin, 42: 749-760
- RUIZ, J.M., GARCÍA, R., CASTRO, T., VÁZQUEZ, E. 2005: *Red de seguimiento de las praderas de Posidonia oceanica de la Región de Murcia 2005*. Servicio de Pesca y Acuicultura, Dirección General de Agricultura y Pesca, Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, Murcia (<http://www.carm.es>).
- SHORT, F.T., COLES, R.G. (eds.) 2001: *Global seagrass research methods*. Elsevier Science B.V., Amsterdam.





CONSEJERÍA DE AGRICULTURA,
AGUA Y MEDIO AMBIENTE
Dirección General de Ganadería y Pesca
Servicio de Pesca y Acuicultura



INSTITUTO ESPAÑOL DE
OCEANOGRAFÍA



Voluntariado Ambiental