

RED DE SEGUIMIENTO DE LAS PRADERAS DE *Posidonia oceanica* DE LA REGIÓN DE MURCIA

Informe anual
2009



Fondo Europeo para la Pesca (FEP)



Consejería de Agricultura y Agua (CARM)
Dirección General de Ganadería y Pesca
Servicio de Pesca y Acuicultura



Centro Oceanográfico de Murcia.
Instituto Español de
Oceanografía



Federación de Actividades
Subacuáticas de la Región
de Murcia

Informe anual de resultados de la red seguimiento de *Posidonia oceanica* de la Región de Murcia (2004-2009)



Proyecto Financiado por:

Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Dirección General de Ganadería y Pesca. Servicio de Pesca y Acuicultura (CARM)

Fondo Europeo para la Pesca (FEP).

Proyecto POSIREN. Instituto Español de Oceanografía.

Citar este documento como:

Ruiz Fernández, J.M., Bernardeau Esteller, J., Huete Stauffer, T., García Muñoz, R., Marín Guirao, L., Sandoval Gil, J.M., y Gavilán Alonso, J. (2009). **Informe anual de la red de seguimiento *Posidonia oceanica* de la Región de Murcia (2004-2009)**. Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Murcia, Murcia, 127 pp

EQUIPO DE TRABAJO 2009

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO)

GRUPO DE ECOLOGÍA DE ANGIOSPERMAS MARINAS (GEAM)

CENTRO OCEANOGRÁFICO DE MURCIA (COMU)

Juan M. Ruiz Fernández (Dirección y Coordinación)

Jaime Bernardeau Esteller

Tamara Huete Stauffer

Rocío García Muñoz

Lázaro Marín Guirao

Jose Miguel Sandoval Gil

Jorge Gavilán Alonso

FEDERACIÓN DE ACTIVIDADES SUBACUÁTICAS DE LA REGIÓN DE MURCIA

Jesús Cano (Presidente)

Primy Cárceles (Secretaría General)

ENTIDADES COLABORADORAS

C.B.PLANETA AZUL

C.B. ATURA

C.B. BUCEAYA

C.B. ISLAS HORMIGAS

C.B. RIVEMAR

C.B. ÁGUILAS

C.B. LA ALMADRABA

C.B. ESTRELLA SUB

C.B. ANDROMEDA

C.B. VILLA DE SAN PEDRO

C.B. SURESTE

C.B. NARANJITO

C.B. MUNDO ACTIVO SUB

CLUB CORMORÁN

TAXON ESTUDIOS AMBIENTALES S.L.

OCEANO ALFA

NAVE KA

CASCO ANTIGUO

BUCEO X

ÍNDICE

	Página:
1.- PRESENTACION	6
2.- ANTECEDENTES	6
3.- OBJETIVOS	7
4.- INTRODUCCION	7
5.- METODOLOGIA	13
5.1 Planteamientos generales	13
5.2 Hipótesis de trabajo	13
5.3 Puesta en marcha del proyecto	14
5.4 Plan de trabajo	15
5.5 Novedades de la edición 2008	15
5.6 Estaciones de muestreo y salidas al mar	16
5.7 Descriptores, medición y muestreos	17
5.8 Formación de los voluntarios	18
5.9 Control de la calidad de los datos	19
6. RESULTADOS	19
6.1 Descriptores	19
6.2 Participación y perfil de los buceadores voluntarios	48
7. DISCUSIÓN	49
7.1 Evolución temporal (variabilidad interanual)	49
7.2 Valoración general de Resultados	55
7.3 Calidad de los datos	71
7.4 Participación	71
8. CONCLUSIONES	72

ANEXOS

- I. *Floración en las praderas de Posidonia Oceanica de la Región de Murcia en 2009*
- II. *Dimensiones de los individuos de nacra (Pinna nobilis) encontrados en todas las estaciones*
- III. *Distribución y dispersión del alga invasora Caulerpa racemosa en el litoral de la Región de Murcia*
- IV. *Coordinación de redes de control de P. oceanica del litoral mediterráneo español*
- V. *Listado de buceadores voluntarios*
- VI. *Dossier fotográfico*

1. PRESENTACIÓN

La presente iniciativa surge como una respuesta a la creciente preocupación de colectivos científicos, ciudadanos y gestores por el progresivo deterioro de las praderas de *Posidonia oceanica* por la actividad humana y sus consecuencias medioambientales y económicas para el ecosistema marino costero del Mediterráneo. El Servicio de Pesca y Acuicultura de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia inició en 2004 un programa a largo plazo para el establecimiento y seguimiento de una *red de vigilancia de las praderas de Posidonia oceanica en la Región de Murcia*. De acuerdo con su carácter continuado en el tiempo, el mencionado departamento suscribió en 2009 un nuevo convenio con el Instituto Español de Oceanografía y la Federación de Actividades Subacuáticas de la Región de Murcia (FASRM). En la presente memoria se muestran los resultados obtenidos durante 2009.

2. ANTECEDENTES

Esta iniciativa es pionera en el litoral de la Región de Murcia, pero no en el litoral Mediterráneo. La primera vez que se puso en funcionamiento un proyecto de estas características en España fue en el litoral catalán en el año 1998 y fue llevado a cabo por el Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona. El proyecto se inspira en la experiencia desarrollada durante la década de los 80 por investigadores franceses del GIS *Posidonie*,¹ cuya primera iniciativa fue, precisamente, la creación en 1984 de una red de 33 estaciones para el seguimiento biológico de *Posidonia oceanica* a lo largo del litoral Mediterráneo francés. El equipo catalán pone en marcha el proyecto con un doble objetivo: integrar “acción y educación ambiental en un proyecto común” a la vez que obtener datos científicos sobre la evolución a largo plazo de estos valiosos e insustituibles ecosistemas de nuestras costas. Para ello se introduce un elemento altamente novedoso: la participación de buceadores deportivos en tareas de seguimiento científico. El éxito de esta fórmula contagia a científicos y gestores de otras Comunidades Autónomas del litoral mediterráneo dando lugar posteriormente a proyectos idénticos en la Generalitat Valenciana y en las Islas Baleares, siendo Murcia, por tanto, la última región del Mediterráneo español que se adhiere a este proyecto en el año 2004.

¹ GIS Posidonie: Groupement d'intérêt scientifique pour l'étude de l'environnement marin (<http://www.com.univ-mrs.fr/gisposi/>)

3. OBJETIVOS

Objetivos **generales**:

- a) **Científico:** obtención de datos científicos para conocer la evolución a largo plazo de las praderas de *Posidonia oceanica*.
- b) **Social:** participación de buceadores voluntarios en las tareas de seguimiento científico, propiciando un acercamiento de los ciudadanos a temas científicos de interés e incrementando el nivel de concienciación medioambiental de la sociedad.
- c) **Político:** desarrollo de una herramienta de apoyo a la gestión y conservación del medio marino de la Región de Murcia.

Objetivos **específicos**:

- a) Puesta en marcha de una red de seguimiento para determinar la evolución a largo plazo y el estado de salud de las praderas submarinas de la Región de Murcia, mediante la medición de descriptores biológicos adecuados con una frecuencia anual.
- b) Seguimiento de la dispersión del alga tropical invasora *Caulerpa racemosa* en el litoral murciano y sus efectos sobre los hábitats autóctonos, especialmente sobre las praderas de *Posidonia oceanica*.
- c) Implantar y coordinar una red de voluntariado que participe en el desarrollo del programa.
- d) Desarrollar acciones formativas para los voluntarios de la red de seguimiento que aseguren la calidad científica de los datos obtenidos.
- e) Creación de una base de datos con la información obtenida que sea de utilidad para la gestión de los hábitats marinos.
- f) Coordinación e intercambio de información y experiencia con otras redes en funcionamiento con vistas a la creación de una red nacional de seguimiento de praderas de *Posidonia oceanica* a lo largo del litoral mediterráneo español.

4. INTRODUCCIÓN

Posidonia oceanica es una fanerógama marina endémica del Mediterráneo, es decir una planta superior con hojas, flores y frutos, semejante a las plantas terrestres que todos conocemos, pero que vive permanentemente sumergida entre la superficie y los 30 metros de

profundidad, donde todavía hay luz suficiente que le permita desarrollar la fotosíntesis. En aquellos lugares en los que la transparencia de las aguas es mayor, como el archipiélago balear o el Mediterráneo Oriental, la distribución de esta especie puede alcanzar hasta 40 metros de profundidad.

Su origen evolutivo son ciertos grupos de fanerógamas terrestres que se adaptaron a la vida acuática hace aproximadamente unos 140 millones de años. Actualmente existen unas 60 especies distribuidas en todas las zonas costeras del mundo excepto en el Ártico. La mayor concentración de especies se encuentra en las zonas tropicales y subtropicales del Pacífico, Índico y en el continente Australiano. En las zonas templadas el número de especies es considerablemente menor, como en el Mediterráneo donde encontramos, además de *Posidonia oceanica*, otras cuatro especies más: *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.

Debido a su abundancia, su extensión y su papel en el ecosistema marino, las praderas de *Posidonia* representan uno de los hábitats más importantes del Mar Mediterráneo, equivalente a los bosques dentro de los ecosistemas terrestres. En el litoral de la Región de Murcia estas formaciones biológicas reciben el nombre popular de “algares” o “argueles”, ocupando una superficie de los fondos infralitorales de más de 10.000 hectáreas.



Zostera noltii. Es la más pequeña de todas las especies de fanerógamas marinas mediterráneas y su presencia es muy rara en el litoral de la Región de Murcia. Sus rizomas se encuentran poco lignificados y los nudos tienen una forma en arco característica.



Cymodocea nodosa (primer plano; ***Posidonia oceanica*** en segundo plano). Es una especie de tamaño medio y de crecimiento rápido que forma extensas praderas en el litoral murciano sobre arenas infralitorales hasta los 25 m de profundidad.

Figura 1. *Fanerógamas marinas del mediterráneo* Fotografías: JM Ruiz.

La amplia extensión que ocupan estas praderas y su elevada producción primaria genera una serie de servicios al ecosistema marino de nuestras costas que las hace imprescindibles para el funcionamiento del ecosistema y su conservación:

- ⇒ Es el ecosistema más productivo del Mar Mediterráneo, siendo su principal fuente de entrada de materia orgánica (carbono) y oxigenación.
- ⇒ En aguas someras las praderas de *Posidonia* forman arrecifes-barrera que mantienen el equilibrio sedimentario del litoral; sus largas hojas y los arribazones (acúmulos de hojas viejas sobre las playas) reducen la energía del oleaje y las corrientes protegiendo el litoral de la erosión.
- ⇒ Las praderas de *Posidonia* estructuran el fondo proporcionando hábitat a más de 400 especies de flora y 1000 especies de fauna. En ellas multitud de especies encuentran cobijo, alimento y lugar de reproducción y cría, incluso para numerosas especies de interés comercial.



Figura 2. *Posidonia oceanica*. Paisajes característicos de las praderas en el límite superior (izda.) e inferior (dcha.) Fotografías: JM Ruiz.

En la actualidad *Posidonia oceanica* se encuentra en regresión en numerosas localidades del Mediterráneo debido principalmente a las diferentes actividades humanas:

- ⇒ La pesca ilegal de arrastre a menos de 50 metros de profundidad, es una de las causas de mayor degradación de las praderas de *Posidonia oceanica* por el fuerte impacto físico que supone.
- ⇒ Los dragados para la alimentación de playas artificiales producen efectos similares.



Figura 3. Actividades antrópicas susceptibles de generar impacto sobre las praderas: Pescar de arrastre (izqd) y efectos del dragado para la extracción de arena (dcha). Fotografías: JM Ruiz.

- ⇒ La contaminación marina produce efectos tóxicos sobre los organismos marinos y altera la calidad de las aguas, incrementando la turbidez de las aguas y, por tanto, impidiendo la realización de la fotosíntesis.
- ⇒ Las obras de infraestructura del litoral (puertos deportivos, espigones, regeneración de playas) modifican la dinámica litoral y por tanto las condiciones sedimentarias necesarias para el desarrollo de las praderas.
- ⇒ El fondeo de embarcaciones en lugares muy concretos de la costa causa también importantes deterioros de las praderas submarinas.
- ⇒ Los restos orgánicos procedentes de la acuicultura se depositan en el fondo alterando de forma notable el medio.
- ⇒ Modificaciones en la cadena trófica del ecosistema causadas por la sobrepesca o por la excesiva entrada de nutrientes (p.e. acuicultura), puede llegar a inducir el aumento desproporcionado de determinadas especies debido a la falta de depredadores naturales o a cambios en la abundancia y calidad de los recursos tróficos. Hay evidencias, por ejemplo, de que un aumento poblacional del erizo común (*Paracentrotus lividus*) inducido por estos cambios puede llegar a causar

la degradación de la pradera ya que, al ser herbívoros que se alimentan de sus hojas llegan a reducir la biomasa fotosintética de la planta hasta niveles insostenibles para su crecimiento.



Figura 4. Actividades antrópicas susceptibles de generar impacto sobre las praderas: vertidos orgánicos procedentes de la acuicultura. Fotografías: JM Ruiz.

- ⇒ Se sabe que pequeños incrementos de la salinidad media (0,5-1 ups) del agua afectan a la vitalidad y supervivencia de *Posidonia oceanica*. Por tanto, los vertidos de las plantas desaladoras pueden representar una importante amenaza para este ecosistema si no se gestionan dichos vertidos de una forma adecuada
- ⇒ Se desconoce cual será el efecto neto del cambio climático sobre las fanerógamas marinas. Unos efectos son “positivos”, como el posible incremento de la fotosíntesis debido al previsible aumento de la disponibilidad de carbono inorgánico, y otros serán negativos, como el incremento de la respiración celular causado por el aumento esperado de la temperatura del agua o la reducción de la disponibilidad de luz en las partes más profundas a consecuencia de la subida del nivel del mar. En cualquier caso puede haber un efecto neto, positivo o negativo, que alterará la estructura y funcionamiento del ecosistema marino costero. La persistencia de las praderas submarinas es uno de los principales compartimentos para comprender el efecto neto del cambio climático sobre el balance de carbono global del ecosistema marino mediterráneo.
- ⇒ Expansión en el Mediterráneo Occidental de cierto número de especies de algas invasoras como los clorófitos de origen tropical *Caulerpa taxifolia* y *Caulerpa racemosa*, potenciales competidoras por el espacio y los recursos de las comunidades autóctonas de fanerógamas marinas y las macroalgas. El potencial

invasor de estas especies puede verse intensificado por los efectos del cambio climático global en el ecosistema marino.

Los casos de regresión de praderas de *Posidonia oceanica* y de otras especies de fanerógamas marinas debidos a alguna o varias de estas causas o factores antrópicos son cada vez más frecuentes. Las fanerógamas marinas (y en especial, *Posidonia oceanica*) tienen una serie de propiedades biológicas que las hacen especialmente vulnerables al impacto de la actividad humana: i) son organismos bentónicos, por lo que no pueden desplazarse frente a condiciones adversas, ii) desarrollan biomásas muy elevadas, por lo que tienen unos requerimientos ecológicos muy elevados y iii) su crecimiento es muy lento y son muy longevas, por lo que su capacidad de respuesta y recuperación ante perturbaciones del medio es bastante limitada.

Es evidente, por tanto, la necesidad de conocer la evolución a largo plazo de las praderas de fanerógamas marinas. Necesitamos herramientas de control que nos permitan diagnosticar de forma continua el estado de nuestros ecosistemas marinos costeros en relación al creciente impacto de la actividad antrópica. Esto es posible gracias al particular comportamiento de las praderas submarinas frente el impacto de la actividad humana comentado anteriormente. Esta propiedad, junto con su capacidad de integrar los cambios ambientales a los que están expuestas, les convierte de hecho en uno de los mejores y más eficaces indicadores biológicos del estado de salud y conservación de nuestros ecosistemas marinos.

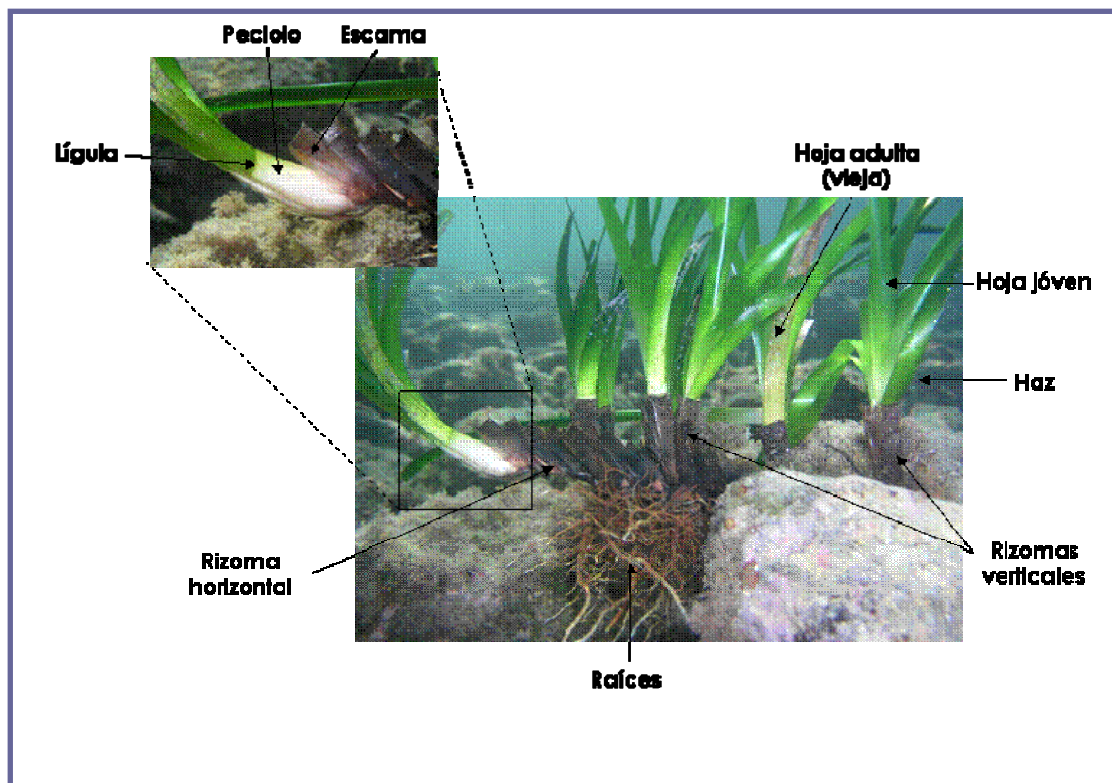


Figura 5. Estructura de un fragmento Terminal de *Posidonia oceanica*. Fotografías: JM Ruiz.

5. METODOLOGÍA

5.1 Planteamientos generales

La red de seguimiento de *Posidonia oceanica* consiste en una red de puntos o estaciones de muestreo distribuidas a lo largo de la costa en las que científicos y buceadores voluntarios realizan cada año una serie de muestreos o mediciones. Para que un programa de estas características sea viable desde el punto de vista científico se deben cumplir una serie de requisitos básicos:

1. Abarcar escalas temporales lo suficientemente amplias como para contemplar los cambios y evaluar con cierta base científica su significación y dirección (mínimo 10 años para el caso de *Posidonia oceanica*, cuya dinámica natural es muy lenta).
2. Contemplar una amplia red de puntos que incluya diferentes condiciones ambientales (profundidad, exposición al oleaje, proximidad de ramblas, etc.), así como tipos de impactos (puertos, arrastre, desaladoras, granjas marinas, etc.). De esta forma podremos discernir entre los cambios originados por la actividad humana de los que son originados por factores naturales (p.e. climáticos).
3. Los datos deben ser obtenidos mediante muestreos y metodologías robustas y eficaces, que sean estandarizables y fácilmente reproducibles y que permitan con escaso error la comparación de resultados obtenidos por diferentes muestreadores o en diferentes áreas geográficas.
4. Los muestreos consistirán en la obtención de una serie de parámetros o **descriptores** de fácil medición que nos permitan hacer un diagnóstico general del estado ecológico de las praderas de acuerdo con la hipótesis de trabajo planteada (ver más abajo): densidad de plantas (haces) por metro cuadrado, porcentaje de cobertura vegetal que coloniza el fondo marino, dinámica del sedimento o abundancia de especies clave de fauna (erizos, holoturias o nacras).
5. Fiabilidad de los datos para su utilización con fines científicos y de gestión en los procesos de decisión política que afectan a la ordenación de la actividad humana en el litoral. Para ello será necesario cuidar el grado de formación de los buceadores voluntarios participantes y controlar la rigurosidad con que éstos aplican los métodos de medición empleados (mediante, por ejemplo, el establecimiento de controles de medición).

5.2 Hipótesis de trabajo

De acuerdo con los objetivos de una red de seguimiento de estas características y los métodos empleados, la hipótesis de trabajo se centra únicamente en el signo e intensidad de la evolución de la estructura de las praderas de *Posidonia oceanica*, determinados a partir del análisis de las variaciones interanuales de los descriptores que miden dicho estado. Así pues, desde un punto de vista estadístico, la hipótesis nula es que el estado (estructura) de una pradera es estable a largo plazo y la hipótesis alternativa es que muestra algún tipo de tendencia, lo cual se traduce en los siguientes posibles estados:

- a) **Estable:** no hay cambios significativos entre años, o bien hay cambios pero se trata de fluctuaciones sin una clara tendencia temporal.

- b) **Progresivo**: hay cambios significativos entre años con una tendencia temporal que indica que la abundancia de la pradera aumenta.
- c) **Regresivo**: hay cambios significativos entre años con una tendencia temporal que indica que la abundancia de la pradera disminuye.

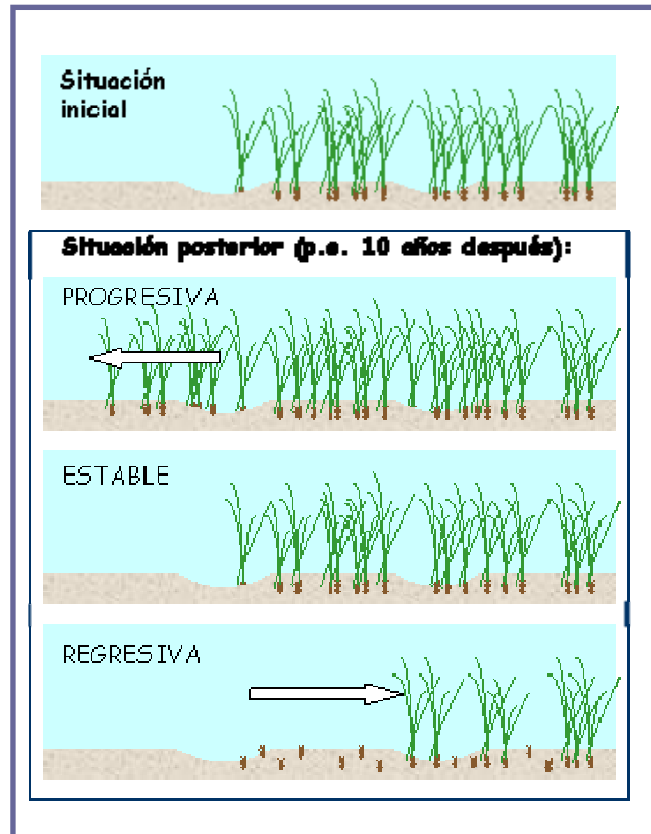


Figura 6. Esquema de la posible evolución del estado biológico de una pradera

5.3 Puesta en marcha del proyecto

En la edición de 2009, el proyecto se puso en marcha en el mes de enero mediante el desarrollo de las siguientes actividades:

- ⇒ Establecimiento del calendario de charlas formativas y salidas al mar con indicación de los clubes o centros de buceo responsables de la actividad en cada sitio.
- ⇒ Reunión de coordinación en el Centro Oceanográfico de Murcia con los representantes de los centros y clubes de buceo participantes en el proyecto para la aprobación del calendario definitivo y para concretar aspectos de organización y coordinación.
- ⇒ Difusión del proyecto y calendario de actividades:
 - Tríptico explicativo del proyecto

- Carta de invitación de participación, con calendario de actividades e instrucciones de participación enviada por la Federación de Actividades Subacuáticas de la Región de Murcia (FASRM) a todos los clubes y centros de buceo de la Región de Murcia.
- Página web de la Dirección General de Ganadería y Pesca (www.carm.es) de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y de la FASRM.
- Página web del Centro Oceanográfico de Murcia (www.mu.ieo.es).
- Página web de los centros de buceo participantes.
- Página web de conocidos portales de buceo de internet: buceo XXI y Casco Antiguo.
- Centros públicos de investigación.
- Prensa local.

5.4 Plan de trabajo

A partir de marzo el equipo del Centro Oceanográfico de Murcia inicia las salidas preparatorias para revisar las estaciones de muestreo, restaurar posibles desperfectos causados por temporales y realizar una serie de mediciones previas. Entre junio y julio se realizaron las actividades con los buceadores voluntarios siguiendo el calendario previsto. En los casos en los que las salidas con los voluntarios son suspendidas debido al mal estado de la mar u otros tipos de contratiempos, el muestreo de las estaciones fueron realizadas por miembros del equipo científico entre septiembre y noviembre.

5.5 Novedades de la edición de 2009

En la edición de 2009 se han mantenido los cambios ya introducidos en años anteriores dirigidos a mejorar dos aspectos clave del proyecto: la seguridad de los buceadores y la precisión de las mediciones. También ha habido algunos cambios de estrategia respecto al tipo de medidas realizadas (ver apartado 5.7 sobre descriptores y su medición):

- 1) Las mediciones de densidad de haces, cobertura y enterramiento han sido realizadas íntegramente por el equipo científico del IEO y algunos voluntarios expertos, para minimizar errores.
- 2) Se ha incluido como novedad en esta edición el seguimiento de la floración de las praderas analizadas. Se ha realizado el recuento de flores de manera simultánea a las mediciones de densidad y se han anotado las praderas en las que se observaron fenómenos de floración. La información relativa a este aspecto queda recogida en el anexo V.
- 3) Se ha mantenido la realización de censos del molusco bivalvo *Pinna nobilis* (Nacra) por los buceadores voluntarios. Para ello cada buceador recorre una superficie de 40 m² (1 pasillo de 2 m de ancho a cada lado del transecto de 10 m de cada piqueta de muestreo) buscando todos los individuos del molusco, posicionándolos en un croquis y midiendo sus dimensiones. La búsqueda se realiza “peinando” la pradera de forma muy minuciosa y detallada ayudándose de una vara de plástico de 2 m de largo. Para las mediciones se empleó la metodología descrita en el manual del voluntario.

4) Los datos de abundancia de fauna se han expresado como porcentaje de presencia/ausencia para el total de puntos de muestreo (60 cuadrados de 1.600 cm²), excepto para *Pinna nobilis* y *Paracentrotus lividus*. *P. lividus* ha sido muestreado adicionalmente mediante un marco de PVC de 1 m² para cuantificar de forma más exacta sus densidades.

5) Se han realizado los recuentos de haces de *P. oceanica* en los cuadrados fijos de 1.600 cm² instalados en 2007. Esto nos va a permitir cuantificar de forma muy exacta las variaciones netas interanuales de la población de haces y compararla con las obtenidas mediante las mediciones de este descriptor realizadas al azar en cuadrados de 400 cm².

6) Se ha continuado con el seguimiento de la expansión del alga tropical invasora *Caulerpa racemosa* tanto a escala regional, como a escala más local para tratar de determinar la existencia de interacción entre el alga y la pradera de *P. oceanica* (estaciones de seguimiento de Calblanque, Muellecico (C. Tiñoso) e Isla Grosa).

5.6 Estaciones de muestreo y salidas al mar

La red de seguimiento de la Región de Murcia se compone de un total de 14 estaciones de muestreo (Fig. 7). Hay que añadir además las tres estaciones para el seguimiento de *Posidonia oceanica* y *Caulerpa racemosa* (anexo V), representadas también en el mapa de la Figura 7:

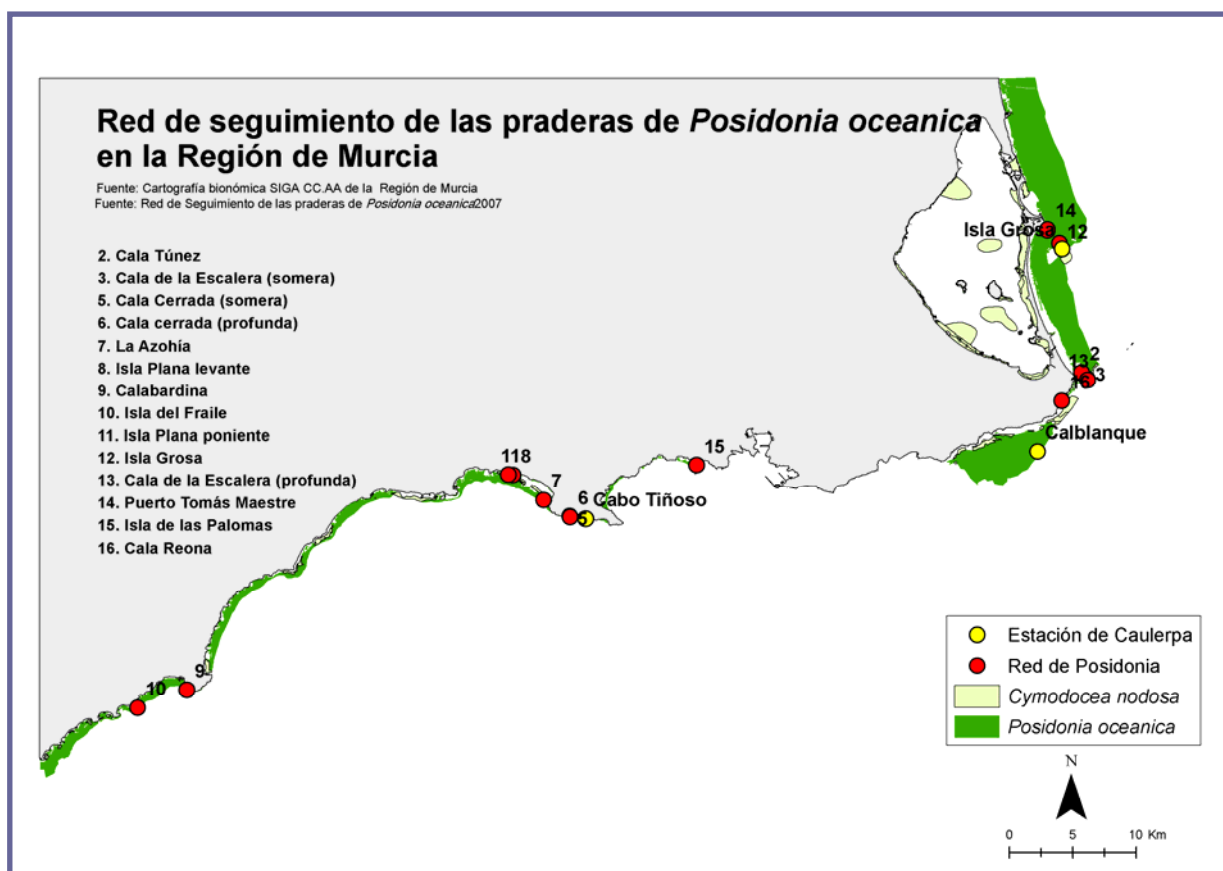


Figura 7. Distribución de las estaciones de muestreo a lo largo del litoral de la Región.

En el apartado de resultados de la presente memoria (apartado 6.1) se muestra una ficha técnica de cada estación de muestreo con información adicional.

Previamente a las salidas con los voluntarios el equipo técnico realizó un total de 14 salidas de preparación y muestreo en cada estación. Se realizaron un total de 10 salidas con la participación de buceadores voluntarios durante los meses de junio y julio. Las otras 4 salidas fueron suspendidas debido al mal tiempo y se realizaron en fechas posteriores por el equipo técnico.

Se han realizado unas 20 salidas al mar adicionales para el seguimiento del alga invasora *C. racemosa*.

5.7 Descriptores, medición y muestreo.

Los detalles sobre el tipo de descriptores empleados, su medición y su muestreo se explican más extensamente en el manual del voluntario (“Las praderas de *Posidonia* en Murcia. Red de seguimiento y voluntariado ambiental”) disponible en la página web del Servicio de Pesca y Acuicultura de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (www.carm.es/), en la del Centro Oceanográfico de Murcia (www.mu.ieo.es/). A continuación se explica de forma muy sintética.

A continuación se enumeran los descriptores seleccionados:

- a) La posición de los límites de la pradera
- b) La densidad de haces (haces/m²) dentro de manchas vivas de *P. oceanica*.
- c) La cobertura o porcentaje de sustrato ocupado por manchas vivas *P. oceanica*.
- d) Presencia y cuantificación de las inflorescencias de *P. oceanica*
- e) El grado de enterramiento de los haces (\pm cm).
- f) La abundancia de macrofauna (erizos, holoturias, espirógrafos ó poliquetos tubícolas y nacras).

En cada estación de muestreo hay 6 piquetas (puntos de muestreo) situadas a lo largo de los límites de la pradera (Figura 2) en las que se realizan mediciones replicadas de los descriptores mencionados:

- ❑ 9-12 mediciones al azar de la densidad de haces dentro de manchas
- ❑ 240 réplicas de la cobertura vegetal (4 subcuadrados/cuadrado x 10 cuadrados/transecto x 6 transectos/estación)
- ❑ 72 réplicas del enterramiento de los haces (12 réplicas/punto de muestreo)
- ❑ 9 mediciones al azar del número de inflorescencias en cuadrados de 0,04 m² de superficie y 6 mediciones en cuadrados de 0,16m² fijos en cada estación.
- ❑ 60 medidas de presencia/ausencia de espirógrafos y holoturias (10 cuadrados/transecto)
- ❑ 15 mediciones al azar de abundancia de erizos en cuadrados de 1 m².
- ❑ 6 réplicas de abundancia de nacra (en una superficie de 40 m²/transecto, es decir, el 40% de la superficie total de cada estación).

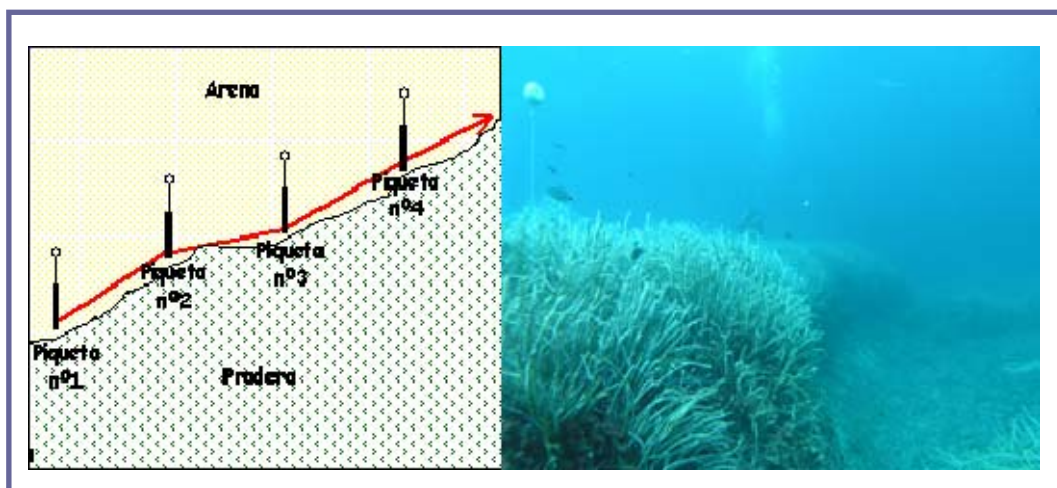


Figura 8. Disposición de las piquetas (puntos de muestreo) en las estaciones de la red de seguimiento (grafico superior). Detalle de los boyarines indicando la posición de las piquetas en la pradera. Fotografías: JM Ruiz.

Todas estas mediciones se realizan dentro de una superficie total de 600 m² y se ha comprobado que el grado de replicación es suficiente para asegurar un nivel de exactitud y precisión aceptables, de acuerdo con la variabilidad natural de cada descriptor.

5.8 Formación de los Voluntarios

Previamente a la salida de muestreo, a los buceadores participantes se les imparte una clase de formación mediante la cual reciben los conocimientos teórico-prácticos necesarios para la realización de las mediciones en las estaciones de muestreo. Esta clase se imparte justo el día antes de la salida de muestreo para que los conocimientos recibidos tengan el efecto deseado en el rigor de las mediciones y, por tanto, en la fiabilidad de los datos obtenidos. La charla de formación se imparte con medios audiovisuales y está estructurada de la siguiente forma:

1ª Parte: aspectos teóricos sobre la ecología de las praderas de fanerógamas marinas, su importancia ecológica y las principales amenazas que causan su regresión en el Mediterráneo, incluyendo la invasión del alga tropical *Caulerpa racemosa*.

2ª Parte: explicación del diseño de muestreo en la estación de seguimiento y de los descriptores y su medición. Reparto de material de muestreo y familiarización con el mismo. Toma y anotación de los datos de campo.

3ª Parte: clase práctica de la medición de los descriptores y simulación del protocolo de muestreo.

Como complemento para ayudar a la comprensión de la charla se utilizan fotos y esquemas muy detallados (presentación en power-point) así como una maqueta de una pradera de *Posidonia* que permite simular las diferentes situaciones y problemas con las que el buceador-muestreador puede encontrarse a la hora de realizar las mediciones en una situación real. La duración de la charla es de aproximadamente 1,5 horas y aporta a los buceadores

voluntarios un conocimiento general de la ecología y biología de las praderas de fanerógamas marinas y una idea bastante clara de las tareas a realizar tal y como se demostraba posteriormente en las salidas al mar.

5.9 Control de la calidad de los datos

Teniendo en cuenta que los buceadores voluntarios participantes son en su mayoría personas completamente ajenas a las disciplinas de biología y ecología marina, es obvio que el efecto de una única charla de formación no asegura la aplicación correcta de las explicaciones recibidas para la medición de los descriptores en el mar. Por lo tanto, se realiza siempre una demostración y supervisión *in situ*; una vez que los buceadores voluntarios se encuentran en su punto de muestreo (es decir, en la piqueta con su número correspondiente) un miembro del equipo técnico les hace, previamente a las mediciones, una demostración del método de medición. Una vez realizada la demostración los buceadores voluntarios se quedan solos realizando las mediciones, aunque posteriormente reciben visitas sucesivas del monitor para comprobar que continúan aplicando los métodos de forma correcta.

6. RESULTADOS

6.1 Descriptores

En este apartado se exponen los datos completos de cada estación: localización, profundidad e histórico de muestreos y revisiones así como el centro de buceo y el número de voluntarios que han realizado los trabajos de campo en la edición 2009. También se presenta un resumen de los datos obtenidos en cada una de las estaciones de muestreo de la red de seguimiento. Por cuestiones prácticas y en aras de la claridad de esta memoria, no se aportan los datos brutos, es decir, todas las réplicas, sino tan sólo los valores medios de los descriptores y su error estándar. Las dimensiones de cada ejemplar de nacra (*Pinna nobilis*) encontrado se encuentran tabuladas en el anexo III.

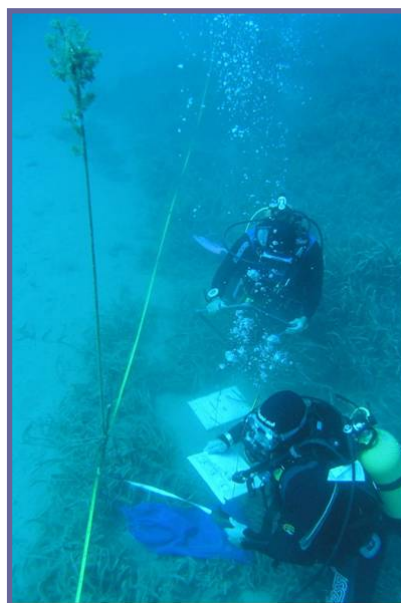
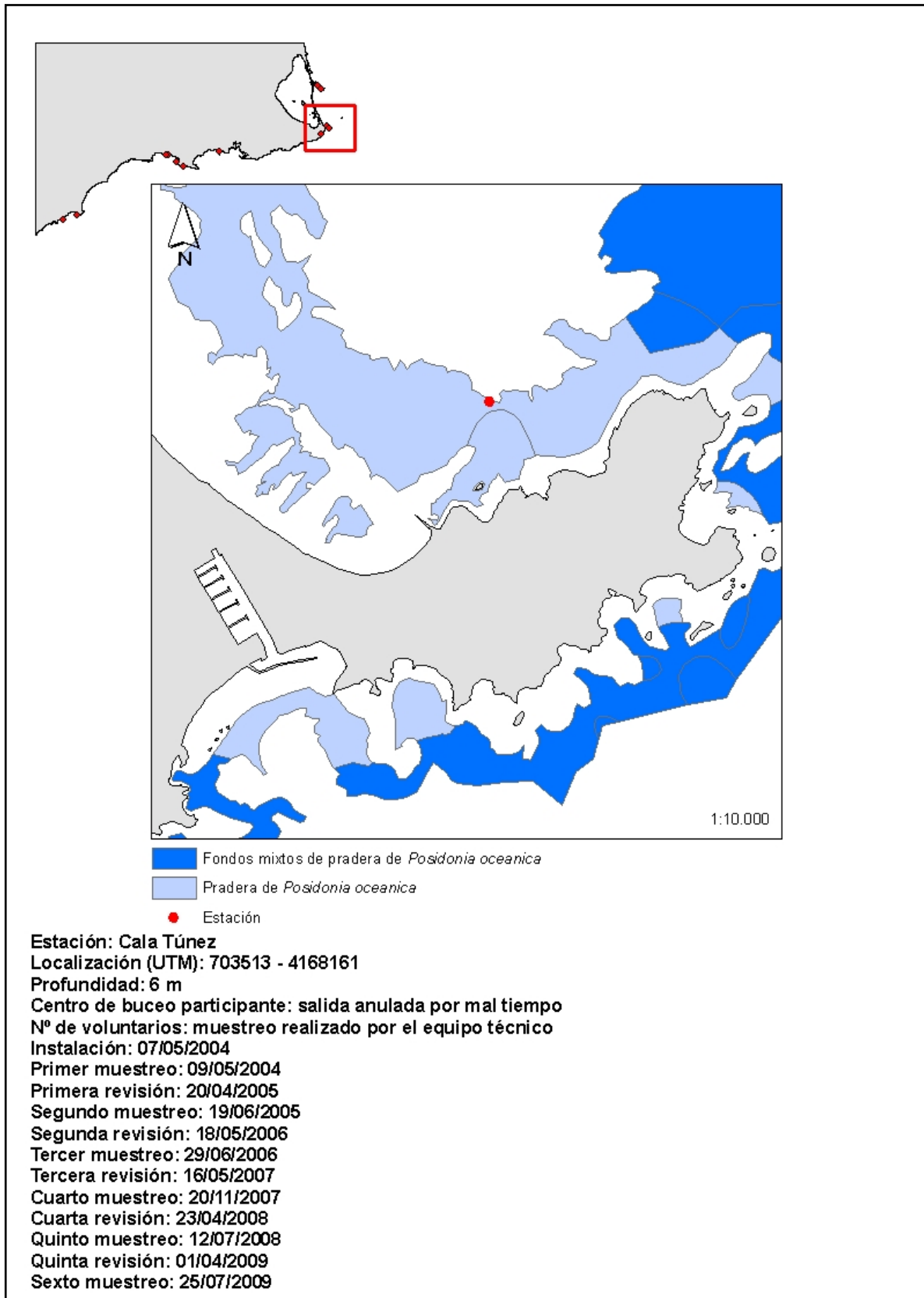


Figura 9. Trabajos de seguimiento de en una de las estaciones de muestreo
Fotografía: JM Ruiz.

ESTACIÓN 2: CALA TÚNEZ (CABO DE PALOS, CARTAGENA)

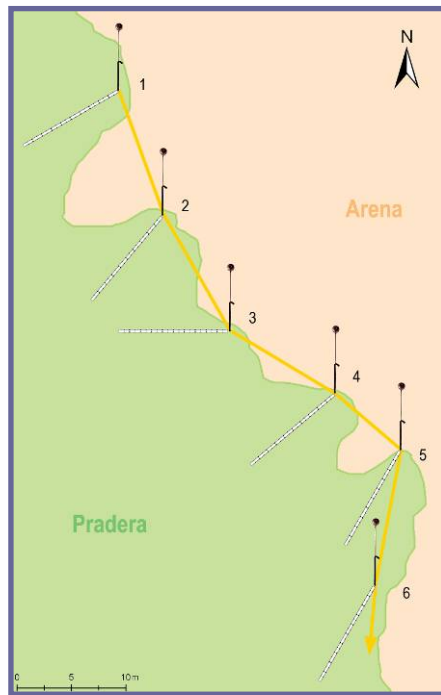
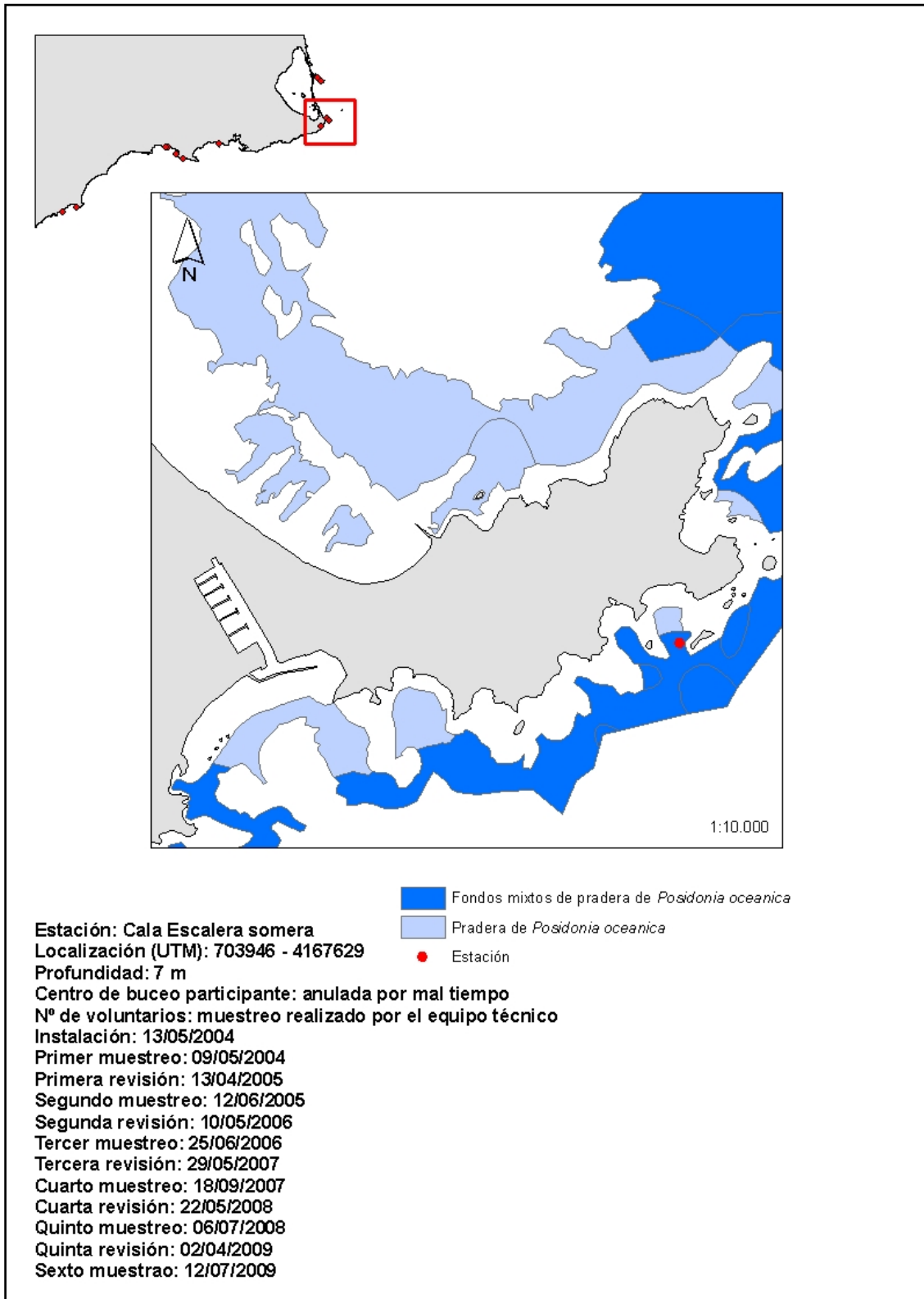


Figura 10. Esquema de la estación de muestreo

La densidad de haces máxima y mínima encontrada fue de 69 y 32 haces/400cm² respectivamente, con valores de densidad media de $49,56 \pm 4,04$ haces/400cm². La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $44,56 \pm 0,53$ %. Los valores de enterramiento medidos en la estación oscilaron entre 1,18 y 7,00 cm. con un valor medio de $5,23 \pm 1,18$ cm. No se detectaron nacras en toda la estación. La densidad media de erizos registrada fue de $1,30 \pm 0,54$ individuos/m²

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestréos al azar	Media	ES		
1	48,90	6,02	46	4,58	1,53	0	2
2	34,88	12,7	55	4,79	1,18	0	0
3	46,30	9,66	69	4,25	1,2	0	5
4	47,75	11,3	48	5,42	0,98	0	1
5	41,75	6,51	58	5,33	1,06	0	0
6	47,78	7,43	42	7,00	0,83	0	0
7			54				2
8			32				3
9			42				0
10							0
Media total	44,56		49,56	5,23		0	1,30
ES	0,53		4,043	1,18			0,54

Tabla 1. Resultados obtenidos en la estación n° 2

ESTACIÓN 3: CALA DE LA ESCALERA - SOMERA (CABO DE PALOS, CARTAGENA)

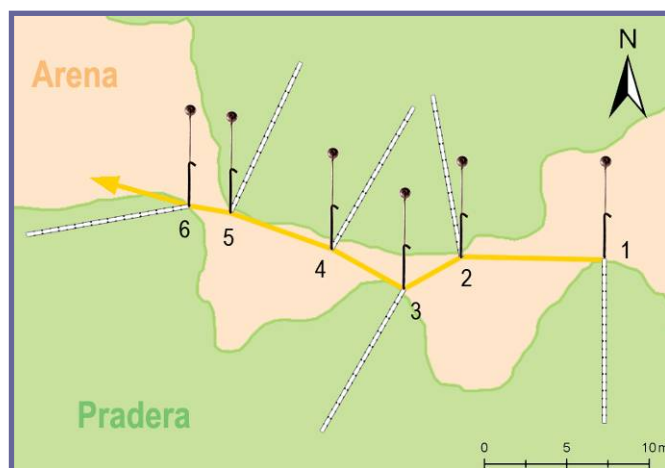
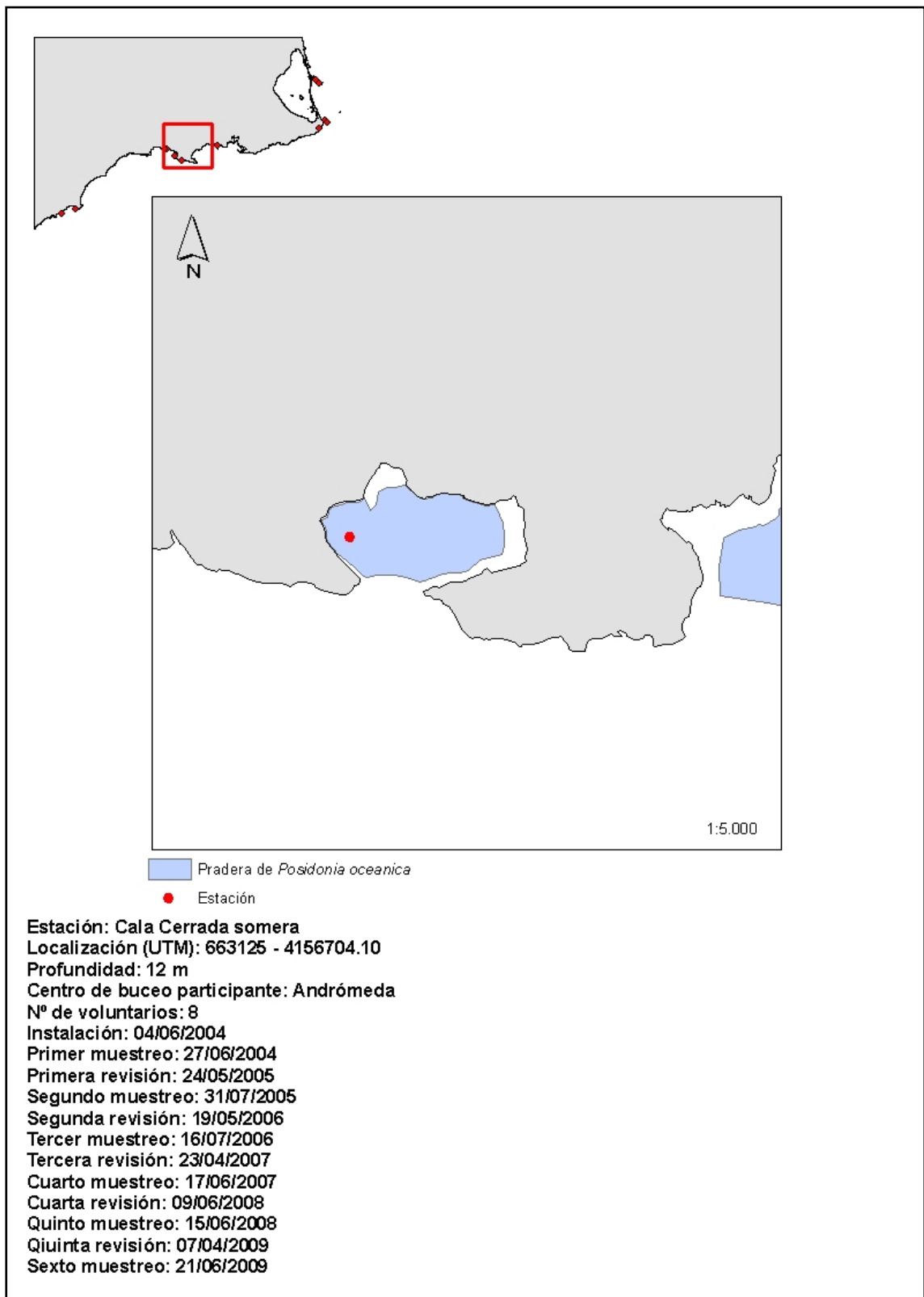


Figura 11. Esquema de la estación de muestreo

La densidad de haces máxima y mínima encontrada fue de 58 y 37 haces/400cm² respectivamente, con valores de densidad media de $47,66 \pm 4,6$ haces/400cm². La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $44,37 \pm 4,98$ %. Los valores de enterramiento medidos en la estación oscilaron entre 7,79 y 9,63 cm. con un valor medio de $8,97 \pm 0,31$ cm. No se identificaron ejemplares de *Pinna nobilis* y erizo de mar.

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestrs al azar	Media	ES		
1	38,50	9,64	37	9,54	1,35	0	0
2	38,45	7,21	43	9,63	1,66	0	0
3	61,50	11,10	42	9,46	2,11	0	0
4	55,00	6,87	41	8,29	1,25	0	0
5	44,75	6,53	51	9,08	1,04	0	0
6	28,00	9,69	46	7,79	1,1	0	0
7			55				0
8			56				0
9			58				0
10							0
Media total	44,37		47,66	8,97		0	0
ES	4,98		4,6	0,31			

Tabla 2. Resultados obtenidos en la estación n° 3

ESTACIÓN 5: CALA CERRADA – SOMERA (CABO TIÑOSO, CARTAGENA)

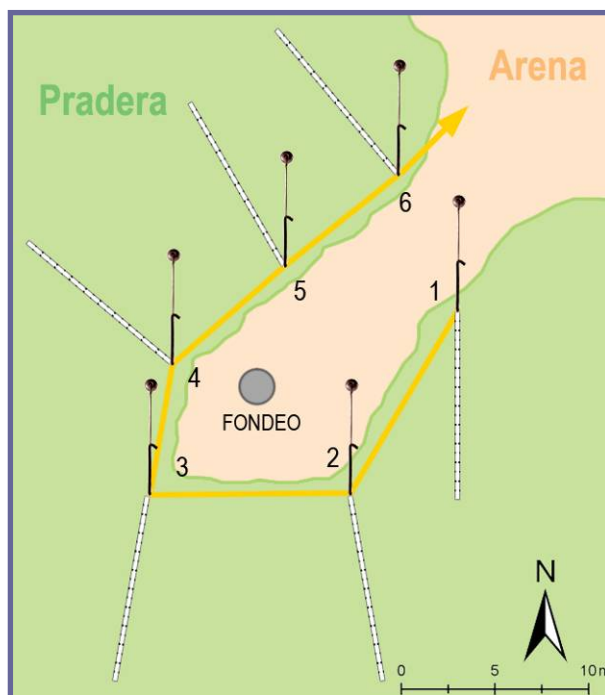
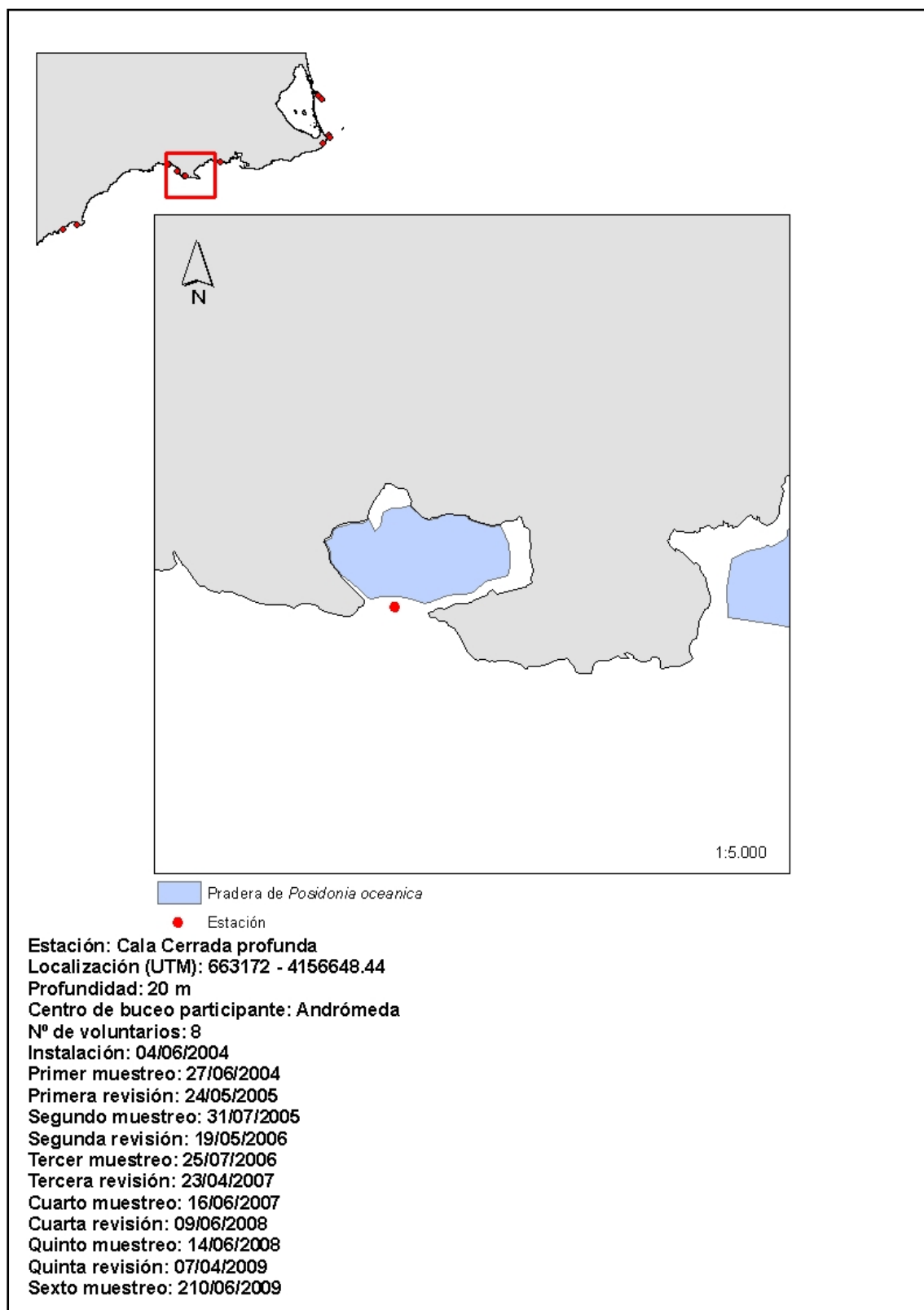


Figura 12. Esquema de la estación de muestreo

La densidad de haces máxima y mínima encontrada fue de 17 y 28 haces/400cm² respectivamente, con valores de densidad media de $24,33 \pm 2,78$ haces/400cm². La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $26,05 \pm 3,76$ %. Los valores de enterramiento medidos en la estación oscilaron entre 1,92 y 2,67 cm. con un valor medio de $2,21 \pm 0,13$ cm. Por dificultades técnicas no se pudo llevar a cabo el recuento de nacras en esta estación.

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestréos al azar	Media	ES		
1	17,28	5,27	17	2,00	0,72	-	0
2	32,5	6,61	23	2,17	0,69	-	0
3	27,35	4,54	21	2,50	0,67	-	0
4	12,3	2,95	28	2,67	0,77	-	0
5	34,9	6,33	31	1,92	0,68	-	0
6	32	4,87	30	2,00	0,64	-	0
7			21				0
8			23				0
9			25				0
10							0
Media total	44,37		24,33				0
ES	4,98		2,78				

Tabla 3. Resultados obtenidos en la estación n° 5

ESTACIÓN 6: CALA CERRADA – PROFUNDA (CABO TIÑOSO, CARTAGENA)

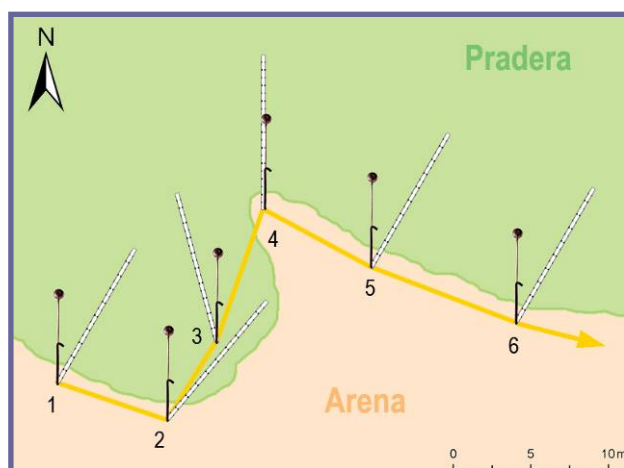
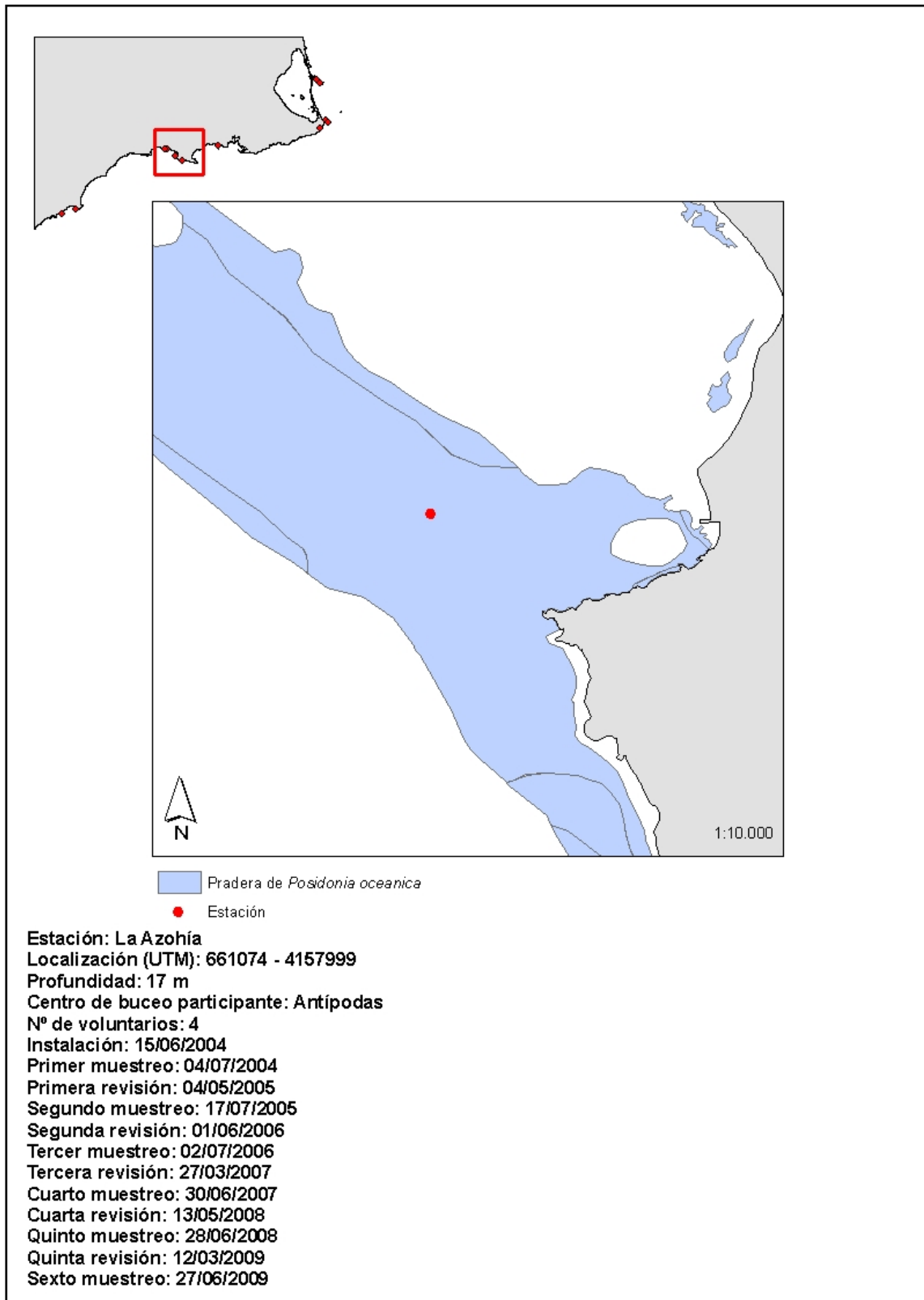


Figura 13. Esquema de la estación de muestreo

La densidad media de haces encontrada fue de 356 ± 34 haces/m², con valores máximo y mínimo de 0 y 14 haces/400cm² respectivamente. La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $9,69 \pm 2,22$ %. Los valores de enterramiento medidos oscilaron entre 0 y 3,92 cm., con un valor medio de $2,79 \pm 0,59$ cm. Se contabilizó un único ejemplar de *Pinna nobilis* en la estación, cuyas dimensiones figuran en el anexo III.

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestras al azar	Media	ES		
1	10,55	2,71	0	0	0	1	0
2	14,45	3,06	0	3,42	0,66	0	0
3	14,88	3,52	0	2,42	0,68	0	0
4	11,33	3,26	7	3,63	0,76	0	0
5	6,40	1,36	9	3,33	0,66	0	0
6	0,53	0,50	14	3,92	0,62	0	0
7			0				0
8			0				0
9			0				0
10							0
Media total	9,688		3,33	2,785		0,17	0
ES	2,22		3,33	0,59		0,17	

Tabla 4. Resultados obtenidos en la estación n° 6

ESTACIÓN 7: LA AZOHÍA (CARTAGENA)

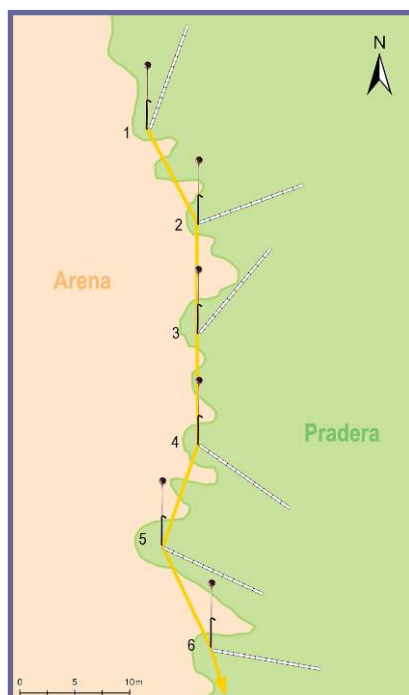
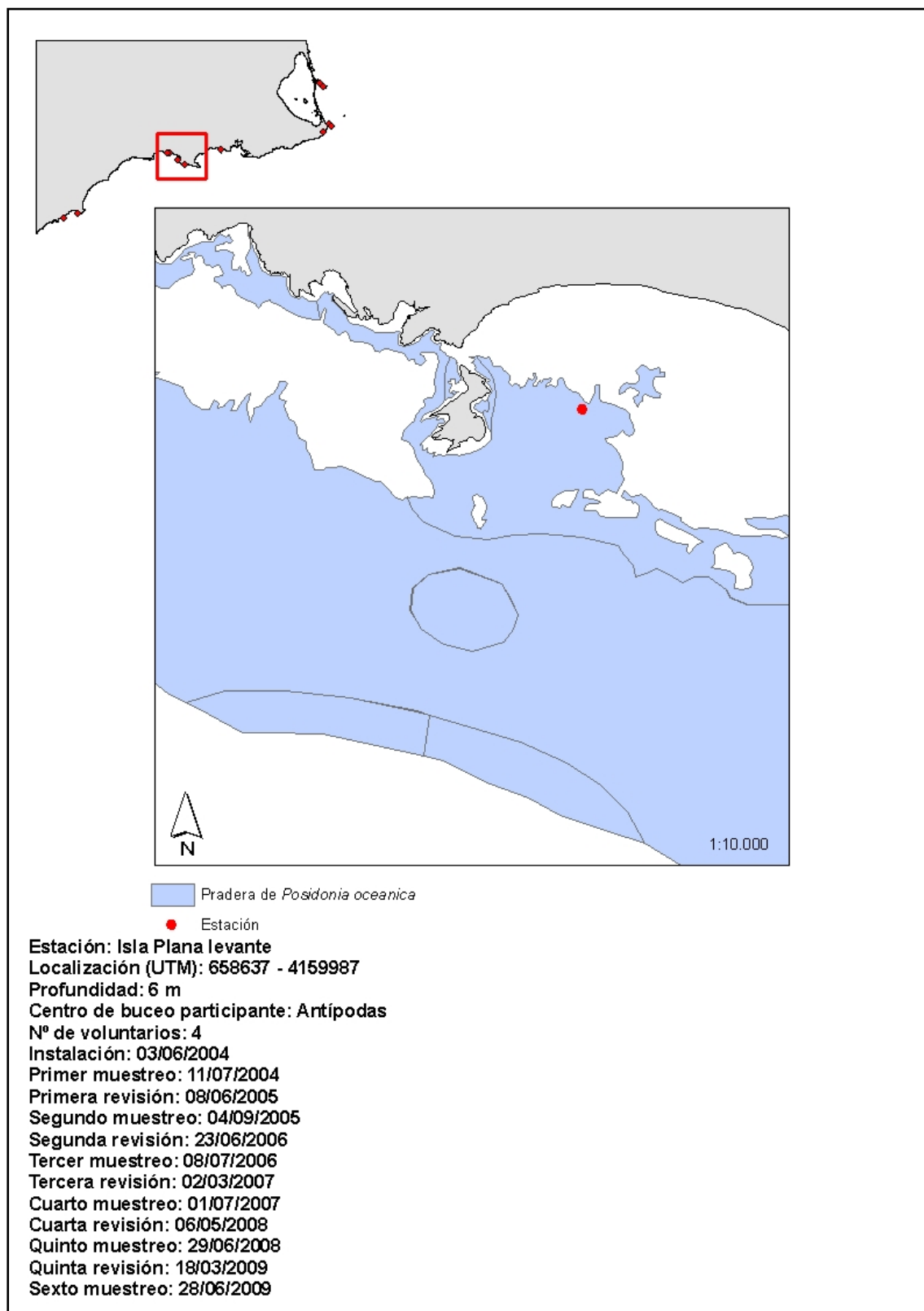


Figura 14. Esquema de la estación de muestreo

La densidad media de haces encontrada fue de $28,22 \pm 3,069$ haces/400cm², con valores máximo y mínimo de 36 y 23 haces/400cm² respectivamente. La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $24,03 \pm 2,53$ %. Los valores de enterramiento medidos oscilaron entre 6,25 y 10,25 cm., con un valor medio de $8,15 \pm 0,70$ cm. Se contabilizaron 7 ejemplares de *Pinna nobilis* en la estación, cuyas dimensiones figuran en el anexo III.

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestrros al azar	Media	ES		
1	15,73	5,00	33	7,58	1,22	0	0
2	33,78	9,43	36	10,08	1,14	0	0
3	23,80	3,88	34	10,25	1,18	3	0
4	24,25	6,51	23	6,58	0,63	1	0
5	19,63	5,24	31	8,17	1,06	3	0
6	27,00	8,25	23	6,25	0,70	0	0
7			26				0
8			23				0
9			25				0
10							0
Media total	24,03		28,22	8,15		1,17	0
ES	2,53		3,07	0,70		0,57	

Tabla 5. Resultados obtenidos en la estación n° 7

ESTACIÓN 8: ISLA PLANA – LEVANTE (CARTAGENA)

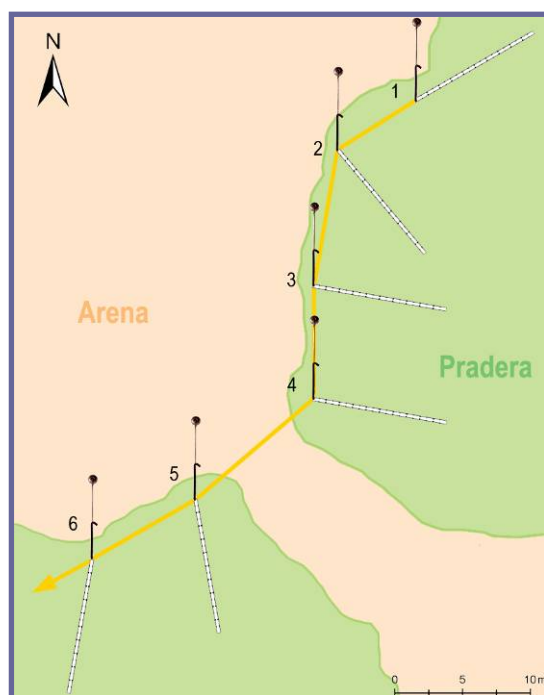
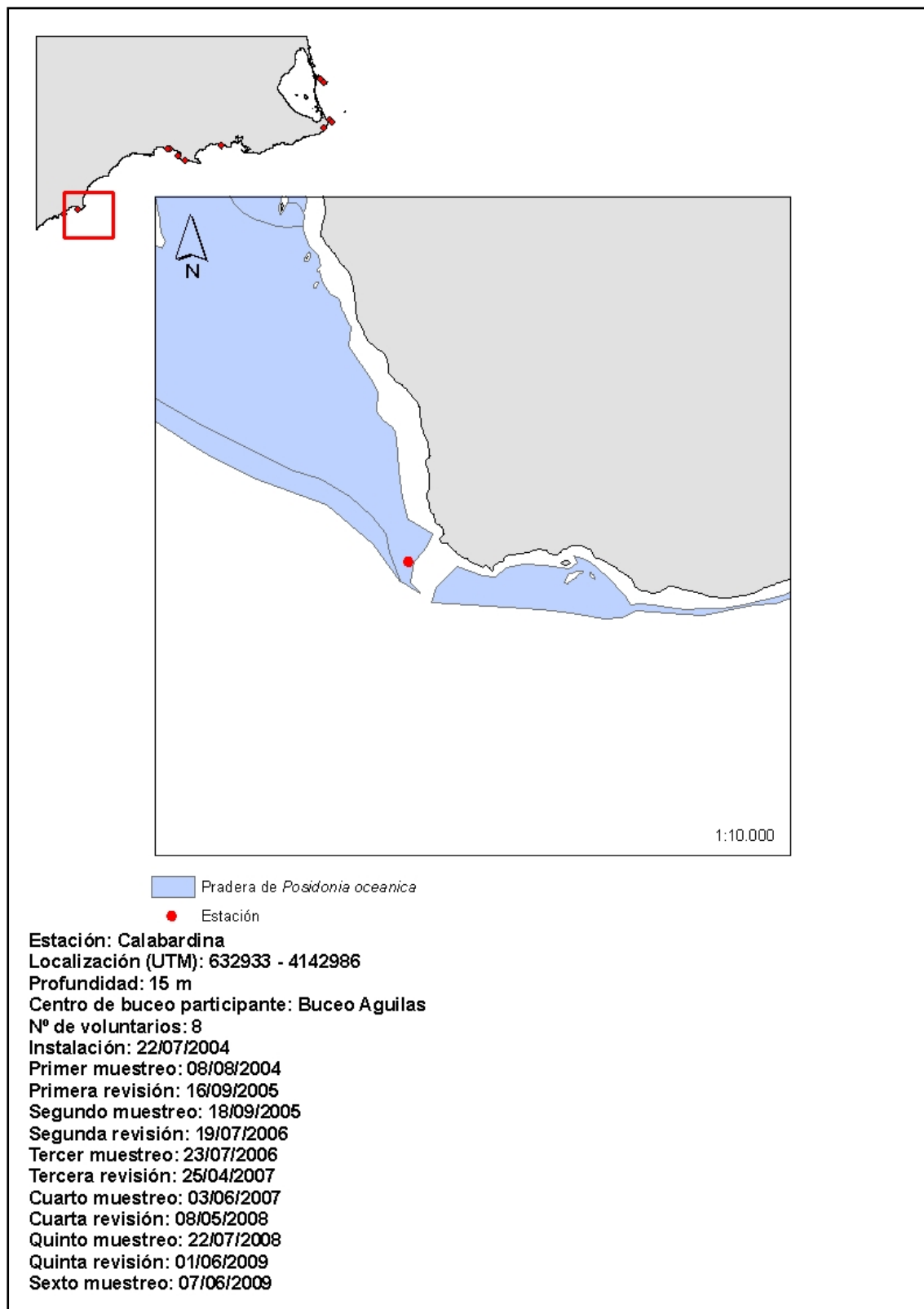


Figura 15. Esquema de la estación de muestreo

La densidad media de haces encontrada fue de $33,11 \pm 5,9$ haces/400cm², con valores máximo y mínimo de 42 y 21 haces/400cm² respectivamente. La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $42,26 \pm 2,98$ %. Los valores de enterramiento medidos oscilaron entre 4,08 y 6,75 cm., con un valor medio de $5,50 \pm 0,38$ cm. Se contabilizaron 8 ejemplares de *Pinna nobilis* en la estación, cuyas dimensiones figuran en el anexo III.

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestréos al azar	Media	ES		
1	48,33	7,52	21	4,08	0,92	0	0
2	54,13	8,99	22	5,42	0,72	2	0
3	36,75	6,61	21	4,92	0,5	0	0
4	35,88	7,05	42	6,75	0,48	0	0
5	39,08	8,11	38	5,67	0,74	3	0
6	39,43	4,45	40	6,17	1,09	3	0
7			37				0
8			42				0
9			35				0
10							0
Media total	24,03		33,11	8,15		1,33	0
ES	2,53		5,90	0,70		0,61	

Tabla 6. Resultados obtenidos en la estación n° 8

ESTACIÓN 9: CALABARDINA (CABO DE COPE, AGUILAS)

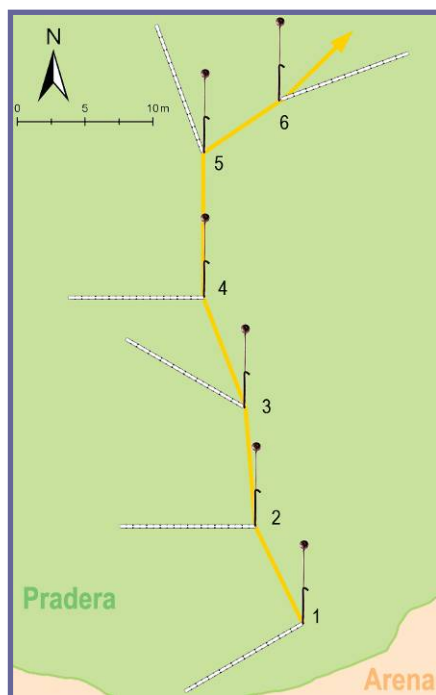
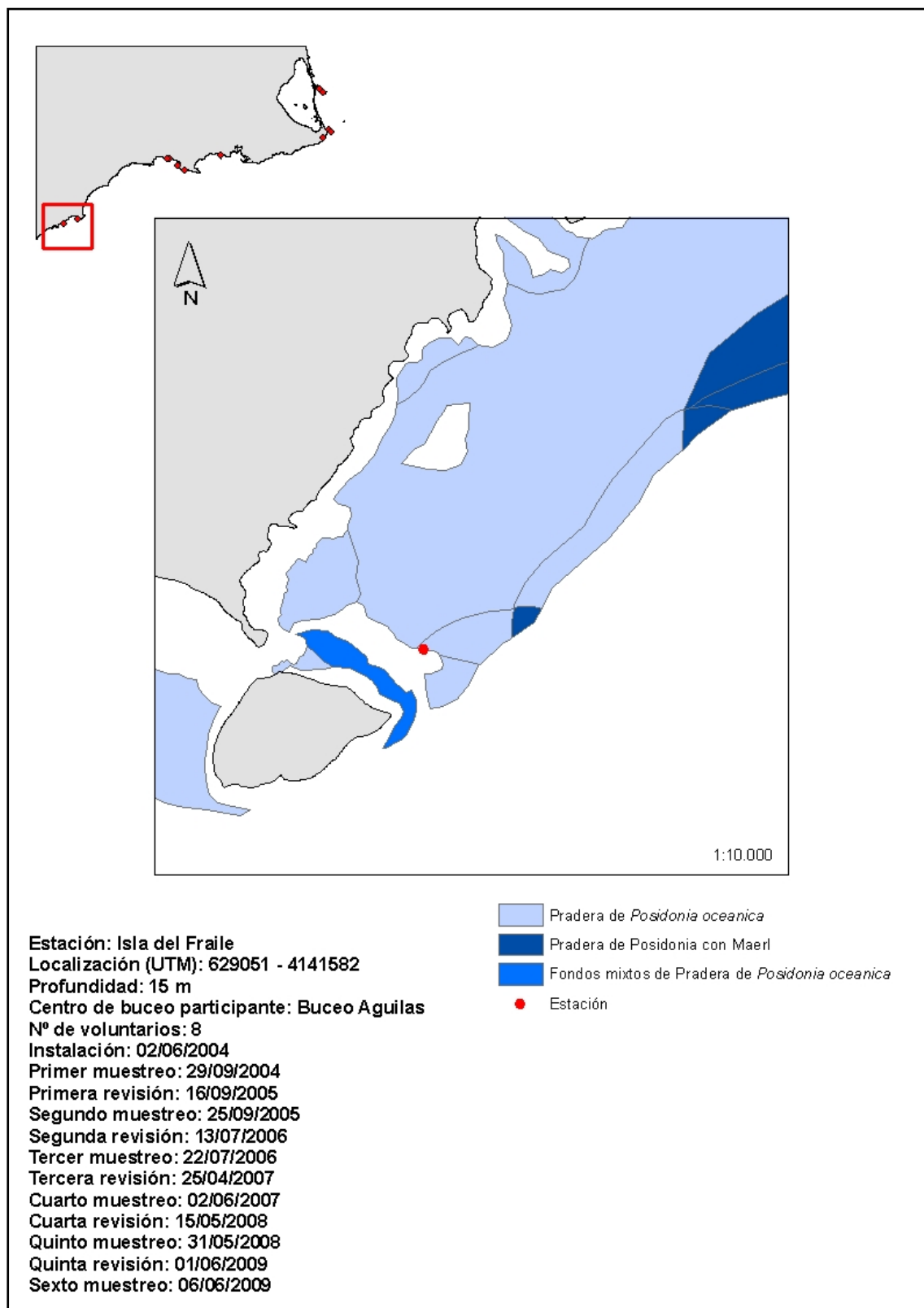


Figura 16. Esquema de la estación de muestreo

La densidad media de haces encontrada fue de $31,44 \pm 2,7$ haces/400cm², con valores máximo y mínimo de 45 y 25 haces/400cm² respectivamente. La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $22,28 \pm 1,68$ %. Los valores de enterramiento medidos oscilaron entre 2,92 y 5,17 cm., con un valor medio de $3,99 \pm 0,35$ cm. Se contabilizaron 2 ejemplares de *Pinna nobilis* en la estación, cuyas dimensiones figuran en el anexo III.

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestrros al azar	Media	ES		
1	18,78	3,77	37	2,92	1,00	0	0
2	18,40	2,44	28	4,17	1,18	0	0
3	24,05	3,09	45	3,25	0,98	0	0
4	21,80	3,37	35	3,79	1,36	2	0
5	29,25	3,98	25	5,17	1,06	0	0
6	21,43	4,23	30	4,67	1,77	0	0
7			31				0
8			23				0
9			29				0
10							0
Media total	22,28		31,44	3,99		0,33	0
ES	1,63		2,70	0,35		0,32	

Tabla 7. Resultados obtenidos en la estación n° 9

ESTACIÓN 10: ISLA DEL FRAILE (AGUILAS)

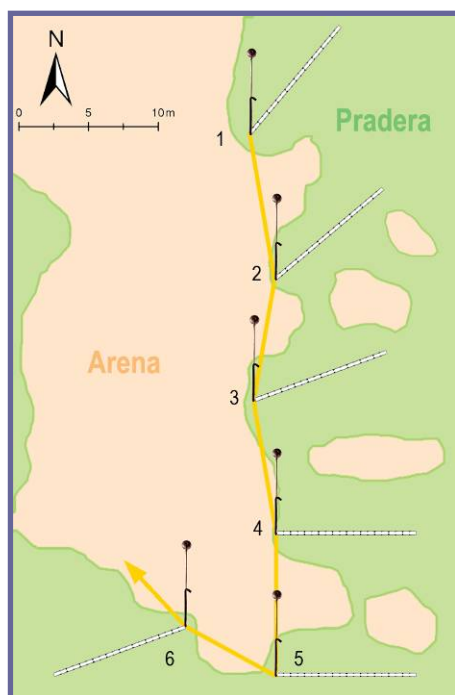
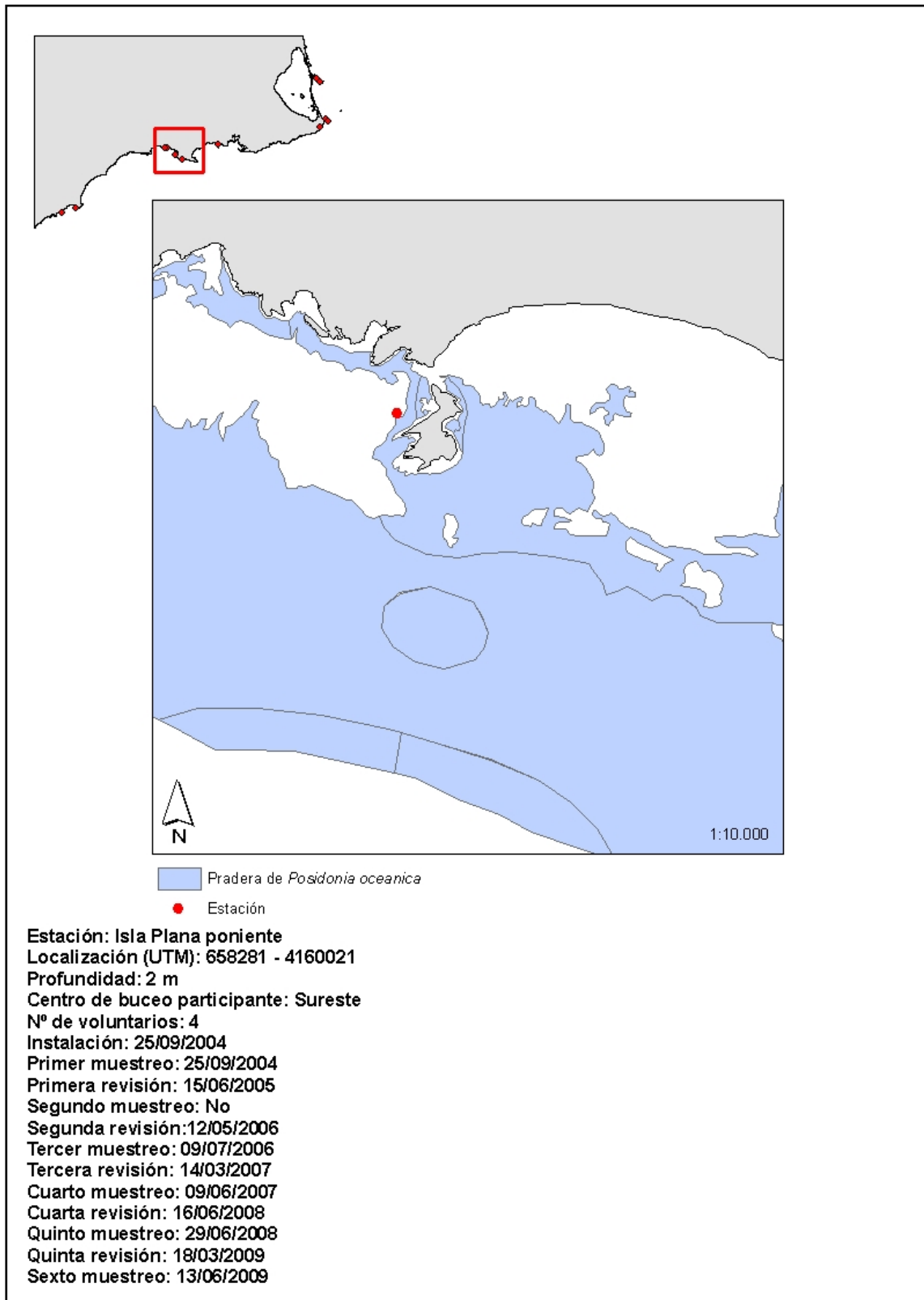


Figura 17. Esquema de la estación de muestreo

La densidad media de haces encontrada fue de $29,33 \pm 0,9$ haces/400cm², con valores máximo y mínimo de 43 y 28 haces/400cm² respectivamente. La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $28,49 \pm 2,08$ %. Los valores de enterramiento medidos oscilaron entre 2,04 y 4,00 cm., con un valor medio de $2,97 \pm 0,29$ cm. Se contabilizaron 4 ejemplares de *Pinna nobilis* en la estación, cuyas dimensiones figuran en el anexo III.

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestréos al azar	Media	ES		
1	25,45	5,06	31	3,5	0,81	0	0
2	36,25	3,75	34	2,04	0,66	1	0
3	29,78	5,42	22	3,08	0,92	1	0
4	29,68	4,45	36	2,38	0,59	0	0
5	20,9	4,56	43	4	0,9	2	0
6	28,88	5,02	28	2,79	0,78	0	0
7			28				0
8			31				0
9			29				0
10							0
Media total	28,49		31,33	2,97		0,64	0
ES	2,08		2,17	0,29		0,33	

Tabla 8. Resultados obtenidos en la estación n° 10

ESTACIÓN 11: ISLA PLANA PONIENTE (CARTAGENA)

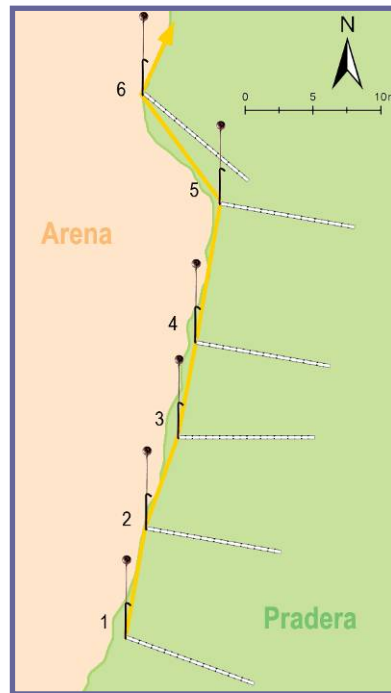
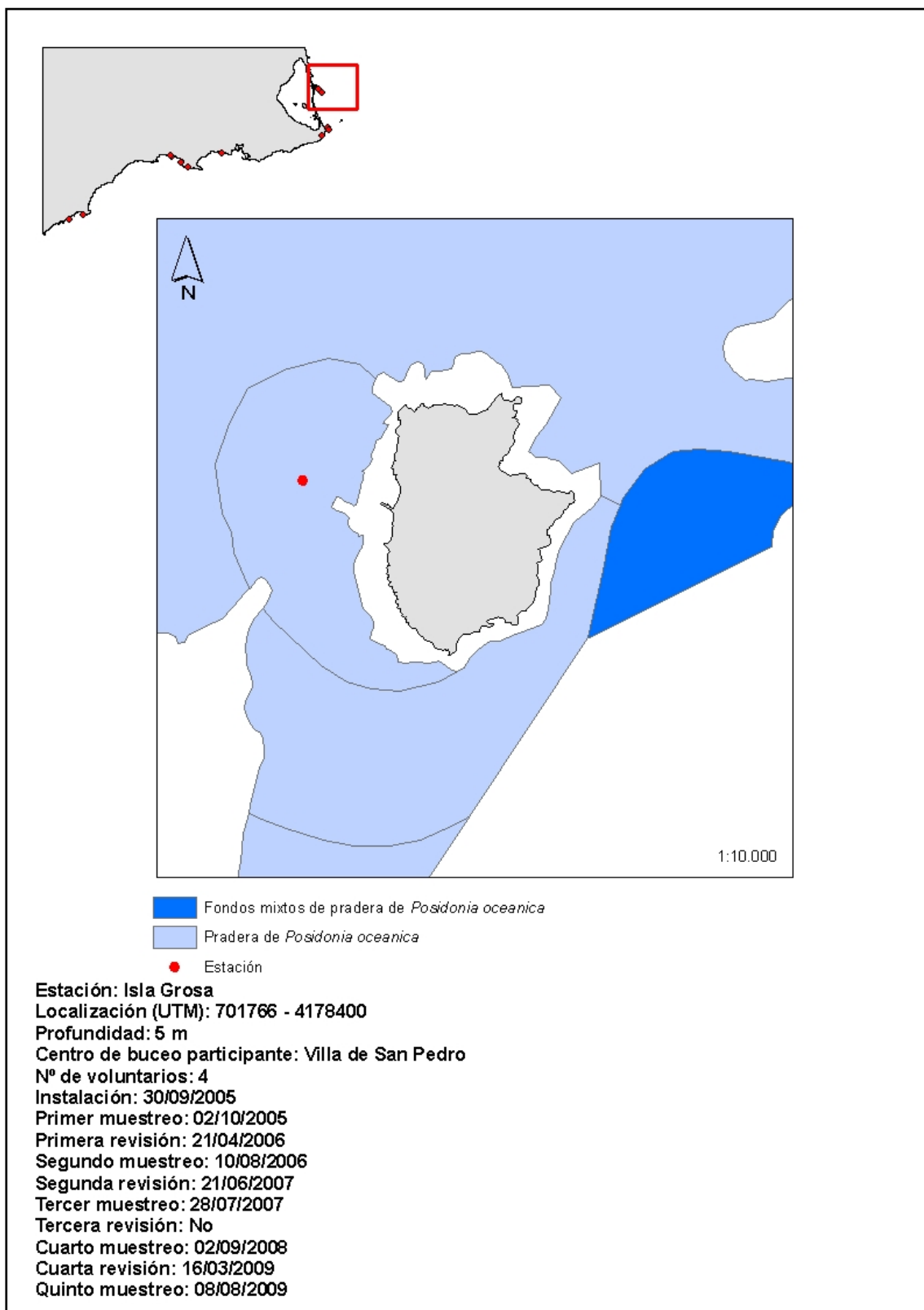


Figura 18. Esquema de la estación de muestreo

La densidad media de haces encontrada fue de $64,01 \pm 1,36$ haces/400 cm², con valores máximo y mínimo de 76 y 52 haces/ 400 cm² respectivamente. La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $76,85 \pm 2,28$ %. Los valores de enterramiento no pudieron medirse en esta estación y no se encontró ningún ejemplar de *Pinna nobilis*.

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestréos al azar	Media	ES		
1	81	5,88	52	-		0	0
2	74,88	4,59	72	-		0	0
3	71,5	9,45	76	-		0	0
4	77	6,47	53	-		0	0
5	71,25	8,21	67	-		0	0
6	85,5	4,61	69	-		0	0
7			64				0
8			60				0
9			63				0
10							0
Media total	76,85		64,01			0	0
ES	2,28		1,36			0	

Tabla 9. Resultados obtenidos en la estación n° 11

ESTACIÓN 12: ISLA GROSA (SAN PEDRO DEL PINATAR)

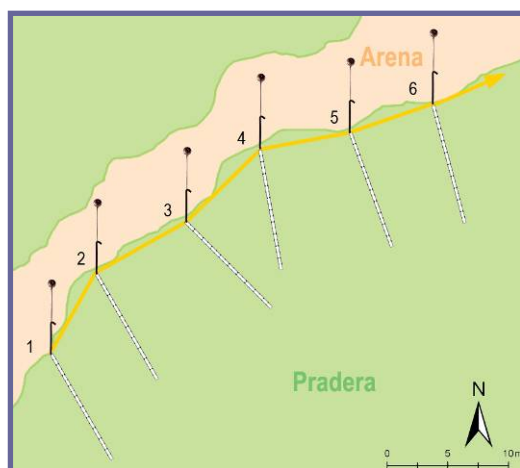


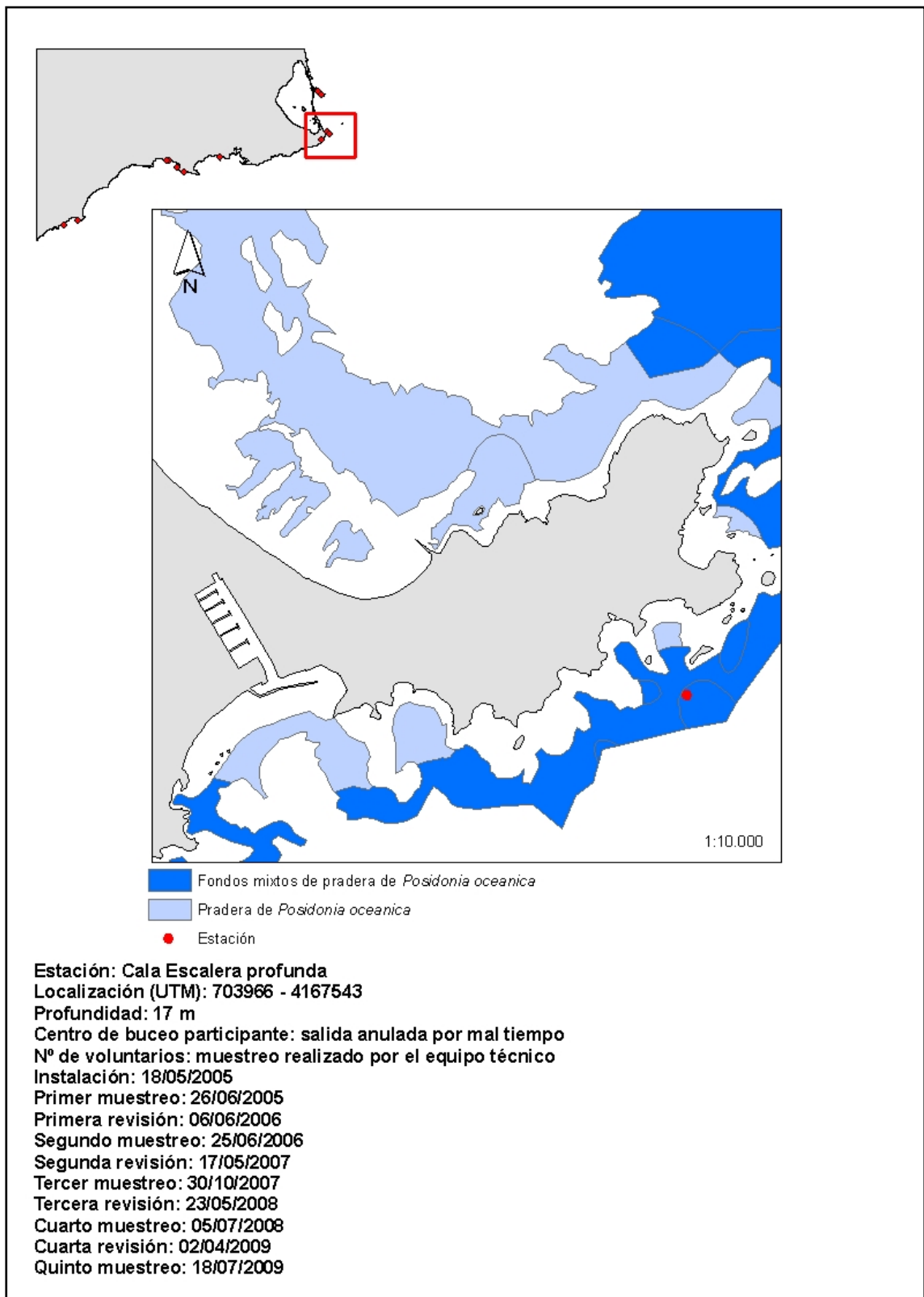
Figura 19. Esquema de la estación de muestreo

La densidad media de haces encontrada fue de $43,11 \pm 2,98$ haces/400cm², con valores máximo y mínimo de 53 y 32 haces/400 cm² respectivamente. La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $51,19 \pm 3,67$ %. Los valores de enterramiento medidos oscilaron entre 5,08 y 11.86 cm., con un valor medio de $8,90 \pm 0,92$ cm. Se contabilizaron 67 ejemplares de *Pinna nobilis* en la estación, cuyas dimensiones figuran en el anexo III.

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestrros al azar	Media	ES		
1	40,75	6,58	44	8,33	0,99	6	0
2	45,55	9,03	32	11,86	1,73	17	0
3	52,90	6,46	42	9,86	1,94	9	0
4	64,75	8,15	44	5,08	1,03	14	0
5	57,80	8,48	50	8,54	0,91	11	0
6	45,38	6,54	53	9,71	0,83	10	0
7			41				0
8			43				0
9			39				0
10							0
Media total	51,19		43,11	8,90		11,17	0
ES	3,67		2,98	0,92		1,58	

Tabla 10. Resultados obtenidos en la estación n° 12

ESTACIÓN 13: CALA DE LA ESCALERA - PROFUNDA (CABO DE PALOS, CARTAGENA)



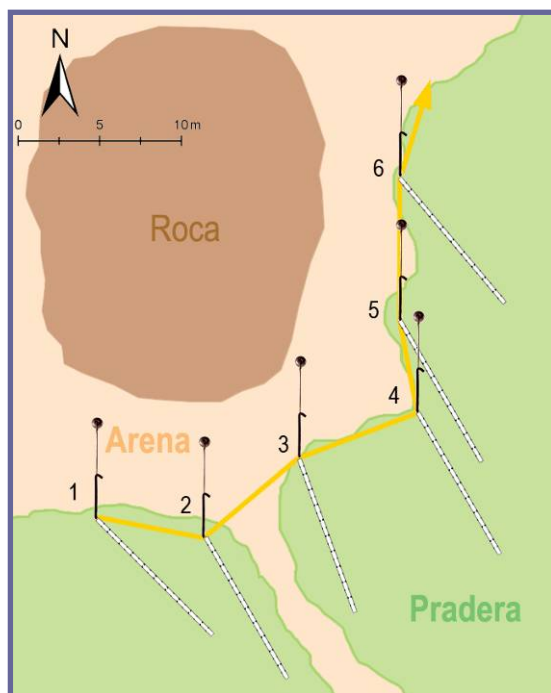
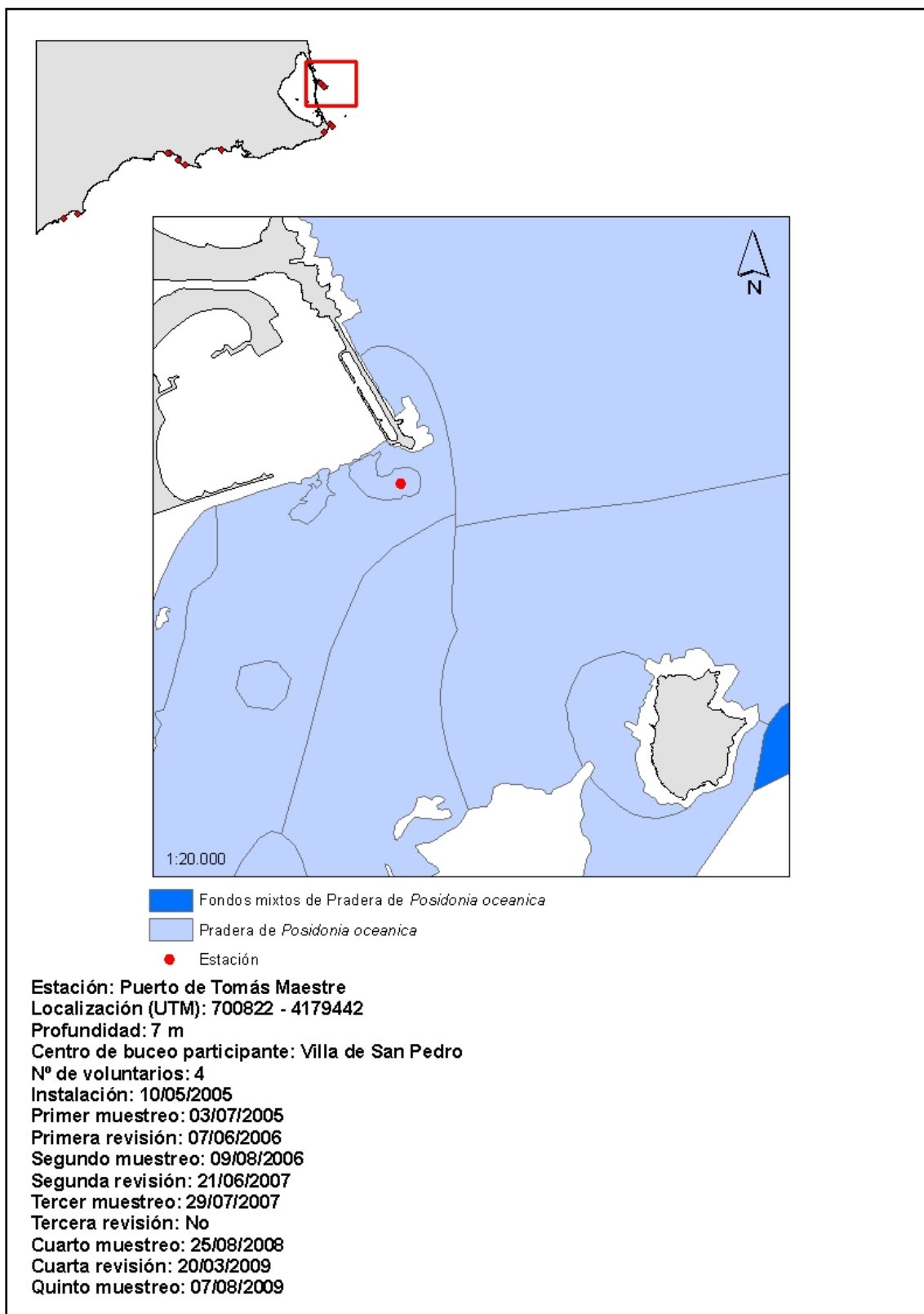


Figura 20. Esquema de la estación de muestreo

La densidad media de haces encontrada fue de $24,67 \pm 2,84$ haces/400cm², con valores máximo y mínimo de 32 y 20 haces/400 cm² respectivamente. La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $11,00 \pm 3,00$ %. Los valores de enterramiento medidos oscilaron entre 2,17 y 4,47 cm., con un valor medio de $3,00 \pm 0,00$ cm. No se contabilizó ejemplar alguno de *Pinna nobilis* ni erizo en la estación.

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestréos al azar	Media	ES		
1	9,86	3,06	32	2,25	1,24	0	0
2	10,18	4,12	20	3,17	1,53	0	0
3	13,63	3,95	24	4,47	1,36	0	0
4	23,25	4,48	20	2,17	1,22	0	0
5	6,48	4,12	26	3,74	0,63	0	0
6	2,28	1,53	22	3,79	0,72	0	0
7			31				0
8			20				0
9			27				0
10							0
Media total	11		24,67	3		0	0
ES	3		2,84	0		0	

Tabla 11. Resultados obtenidos en la estación n° 13

ESTACIÓN 14: PUERTO TOMÁS MAESTRE (CABO DE PALOS, CARTAGENA)

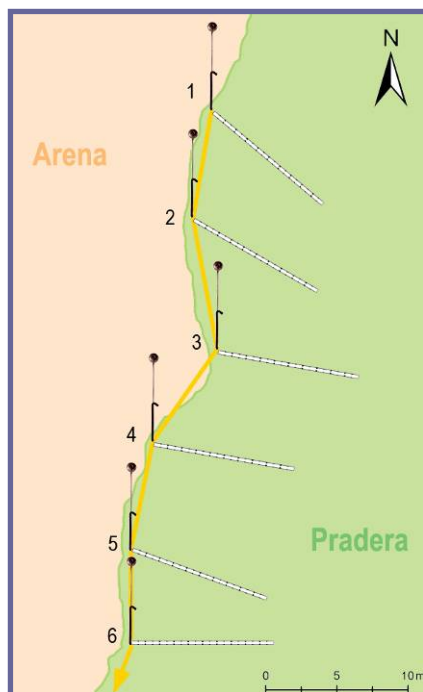
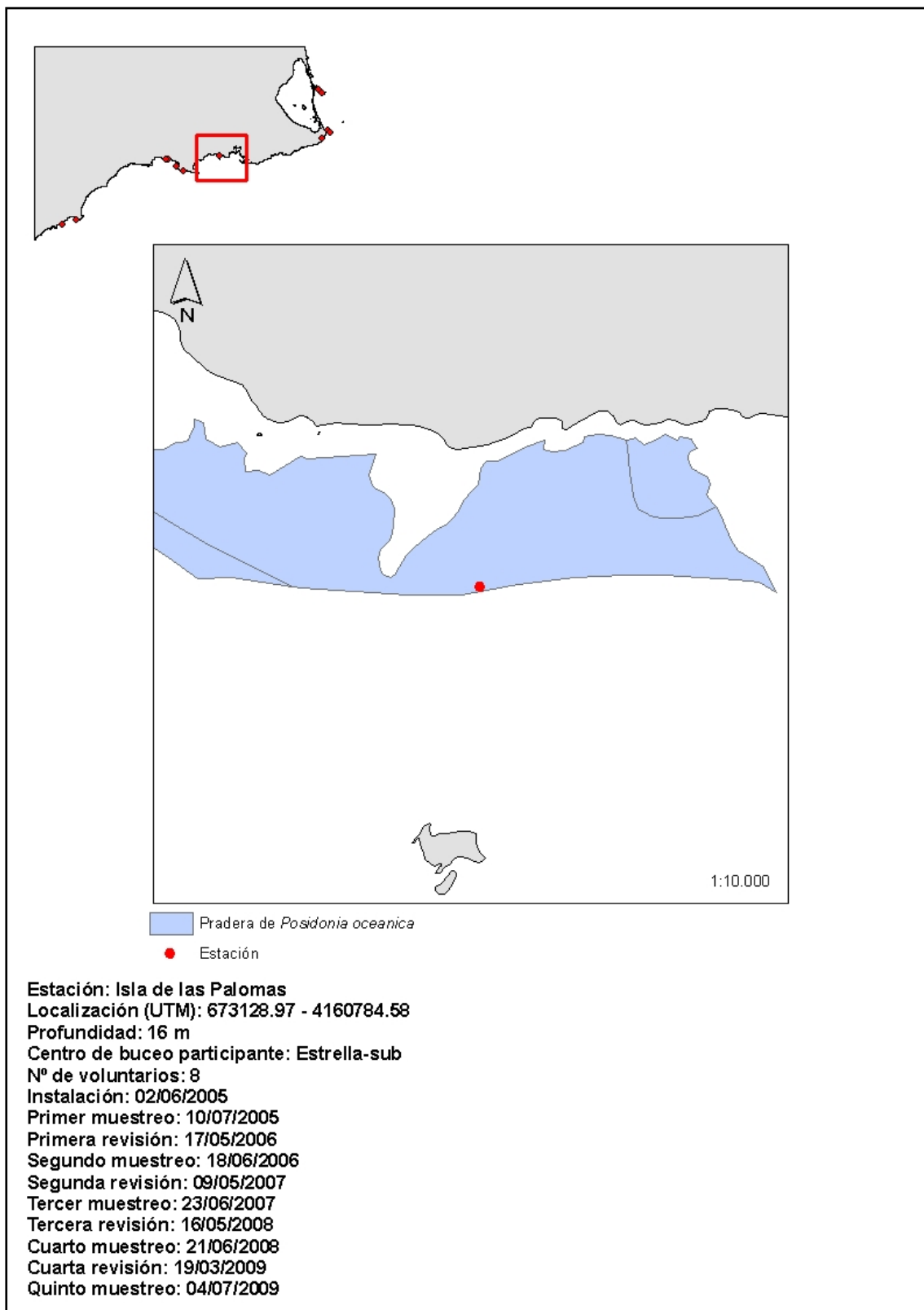


Figura 21. Esquema de la estación de muestreo

La densidad media de haces encontrada fue de $48,67 \pm 1,17$ haces/400 cm², con valores máximo y mínimo de 60 y 40 haces/400 cm² respectivamente. La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $43,00 \pm 2,51$ %. Los valores de enterramiento medidos oscilaron entre 4,96 y 6,79 cm., con un valor medio de $5,79 \pm 0,28$ cm. Se contabilizaron 4 ejemplares de *Pinna nobilis* en la estación, cuyas dimensiones figuran en el anexo III.

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestréos al azar	Media	ES		
1	52,38	8,56	49	6,21	0,75	3	0
2	44,00	8,16	60	4,96	0,77	0	0
3	46,25	5,58	40	6,79	1,10	0	0
4	37,50	6,35	42	6,00	0,60	0	0
5	42,63	8,18	60	5,52	0,54	0	0
6	35,28	7,58	48	5,25	0,92	1	0
7			53				0
8			43				0
9			43				0
10							0
Media total	43,00		48,67	5,79		0,67	0
ES	2,51		1,17	0,28		0,49	

Tabla 12. Resultados obtenidos en la estación n° 14

ESTACIÓN 15: ISLA DE LAS PALOMAS (CARTAGENA)

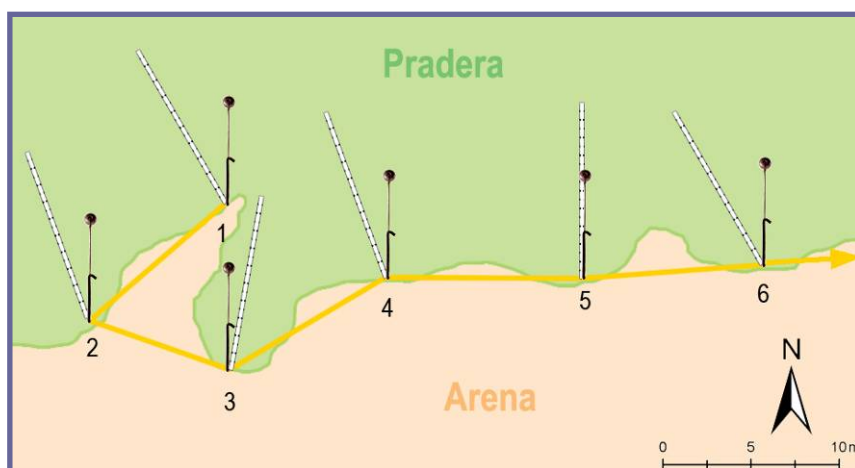
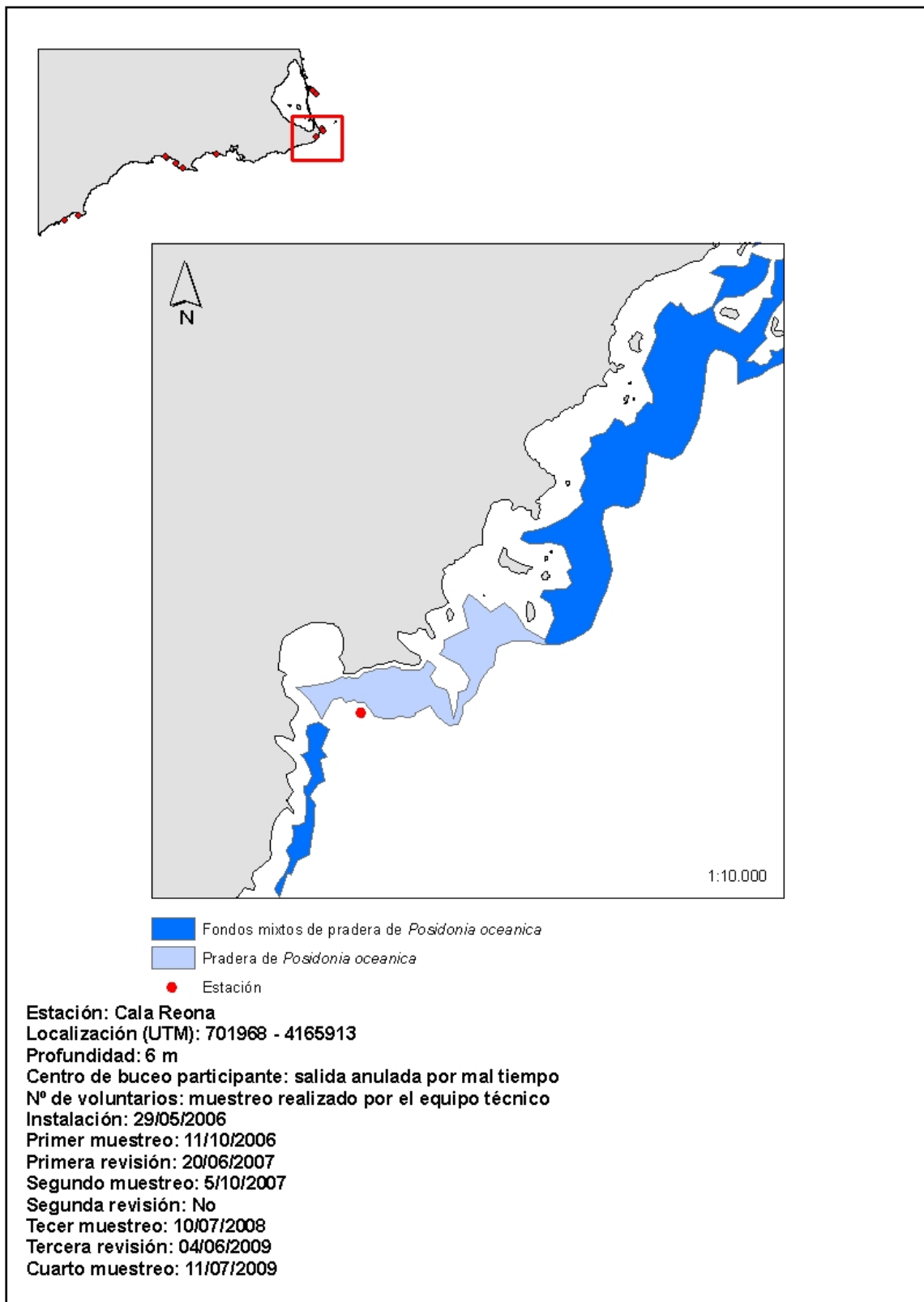


Figura 22. Esquema de la estación de muestreo

La densidad media de haces encontrada fue de $23,44 \pm 1,64$ haces/400 cm², con valores máximo y mínimo de 20 y 30 haces/ 400 m² respectivamente. La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $26,81. \pm 2,79$ %. Los valores de enterramiento medidos oscilaron entre 4,04 y 6,13 cm., con un valor medio de $4,67 \pm 0,30$ cm. Se contabilizaron 4 ejemplares de *Pinna nobilis* en la estación, cuyas dimensiones figuran en el anexo III.

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestréos al azar	Media	ES		
1	32,35	8,32	22	4,38	0,72	0	0
2	27,00	7,16	22	6,13	0,71	2	0
3	25,30	5,65	23	4,42	0,68	1	0
4	17,30	4,14	30	4,46	0,51	0	0
5	22,50	5,22	26	4,04	0,60	0	0
6	36,40	4,89	24	4,58	0,57	1	0
7			22				0
8			20				0
9			22				0
10							0
Media total	26,81		23,44	4,67		0,67	0
ES	2,79		1,64	0,30		0,33	

Tabla 13. Resultados obtenidos en la estación n° 15

ESTACIÓN 16: CALA REONA (CABO DE PALOS, CARTAGENA)

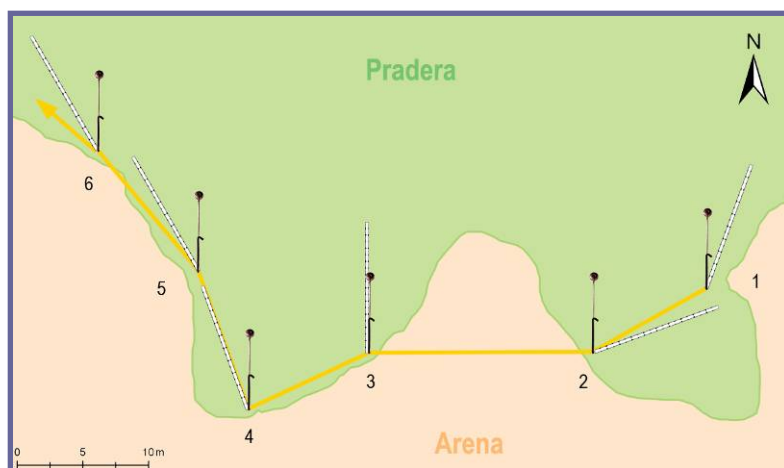


Figura 23. Esquema de la estación de muestreo

La densidad media de haces encontrada fue de $46,78 \pm 2,42$ haces/400 cm² con valores máximo y mínimo de 59 y 32 haces/400 cm² respectivamente. La estación presenta un porcentaje medio de cobertura de $29,76 \pm 4,48$ %. Los valores de enterramiento medidos oscilaron entre 1,46 y 4,46 cm., con un valor medio de $3,02 \pm 0,44$ cm. Se contabilizó un único ejemplar de *Pinna nobilis* en la estación, cuyas dimensiones figuran en el anexo III.

Puntos de muestreo	Cobertura (%)		Densidad Haces/400cm ²	Enterramiento (cm)		Abundancia <i>P. nobilis</i> N° ind/m ²	Densidad erizos N° ind/m ²
	Media	ES	Muestrros al azar	Media	ES		
1	39,20	8,06	48	4,00	0,69	0	6
2	18,90	4,26	59	2,54	0,43	0	4
3			45	4,46	0,97	1	12
4	30,38	7,71	54	1,46	0,41	0	7
5	20,30	8,72	43	3,21	0,66	0	13
6	40,00	7,46	45	2,83	0,64	0	11
7			32				5
8			47				7
9			48				9
10							7
Media total	29,76		46,78	3,08		0,17	8,10
ES	4,48		2,42	0,44		0,16	1,01

Tabla 14. Resultados obtenidos en la estación n° 16

6.1 Participación y perfil de los buceadores voluntarios

El calendario de muestreos se planificó de la siguiente manera: el viernes se impartía la charla formativa a los ocho buceadores voluntarios que realizarían los muestreos en dos estaciones durante el fin de semana. De esta manera se agruparon las distintas actividades en el mínimo espacio de tiempo.

Respecto a las características de los buceadores participantes, el 51% fueron hombres y el 49% mujeres. Rango de edad de los participantes fue muy amplio, aproximadamente entre 15 y 55 años.

Se observó que el nivel de buceo (titulaciones) de la mayoría de los voluntarios participantes pertenecía a un nivel intermedio (“2 estrellas” para la Federación Española de de Actividades Subacuáticas (FEDAS) o “avanzado” para otras asociaciones internacionales de buceo (PADI, ACUC, SSI, etc.)

Al igual que en años anteriores, la formación profesional de la población de buceadores voluntarios participantes es muy heterogénea, en la mayoría de los casos no relacionadas con el buceo o la biología marina.



Figura 24. Pareja de buceadores voluntarios volviendo a superficie tras la realización de los trabajos de seguimiento en una de las estaciones. Fotografía: J.M. Ruiz

7. DISCUSIÓN

7.1 Evolución temporal (variabilidad interanual)

En las gráficas de las figuras 25 a 39 se muestra la evolución temporal de la densidad de haces y de la cobertura de *P. oceanica* en el periodo 2004 a 2009 en cada estación de muestreo. En 2009, la mayor parte de las estaciones (9) tienen ya una serie temporal de 6 años (2004-2009), otras 4 estaciones de 5 años (2005-2009) y sólo una estación (Cala Reona) con 4 años (2006-2009). Para determinar un diagnóstico de la tendencia de cada descriptor se ha realizado un análisis de las series temporales obtenidas de la siguiente forma:

- a) **Signo de la tendencia**, mediante análisis de regresión lineal simple. La pendiente del modelo lineal ajustado (β) y su significación estadística nos indica la intensidad y signo de la tendencia de la serie temporal, es decir, si la evolución del descriptor es progresiva (signo positivo), regresiva (signo negativo) o estable (β estadísticamente no distinta de cero).
- b) **Forma de la tendencia**, es decir, si la evolución temporal tiene lugar a un ritmo constante (modelo lineal) o es más bien fluctuante (p.e. modelo sinusoidal) o cualquier otro tipo de dinámica no lineal (p.e. polinomial). Se ha empleado el coeficiente de determinación R^2 para decidir el modelo que mejor se ajusta a la serie temporal.
- c) **Significación de las variaciones interanuales**, mediante análisis de la varianza de 1 factor. Previamente se comprueba la homocedasticidad de los datos y en caso de varianzas heterogéneas se procede a su transformación. En los casos en que no es posible la homogeneidad de varianzas, se ha empleado un test no paramétrico (Test de Medianas y Test de Kruskal-Wallis). En caso de diferencias significativas entre años ($p = 0,05$) se aplica el test *post-hoc* Student-Neuman-Keuls para identificar los años que producen tales diferencias (SNK, grupos de medias homogéneas).

Los resultados de este análisis se resumen en la tabla 15. En la figura 40 se representa el incremento (positivo o negativo) neto relativo (%) del valor medio actual (2009) del descriptor respecto a la situación inicial (2004 en las estaciones con una serie temporal de 6 años, 2005 en las de 5 años y 2006 en las de 4 años). La significación estadística de este incremento viene dada por el análisis *post-hoc* del análisis de la varianza. Mediante este análisis se valora el status de la tendencia de la evolución del descriptor en la serie temporal, que es lo que determina el diagnóstico general de la evolución de la pradera a lo largo de la misma. El resumen de esta valoración se muestra en la Tabla 16. Se consideran praderas en **progresión** aquellas en las que al menos uno de los dos descriptores muestra una tendencia con pendiente (β) positiva significativamente diferente de cero y un valor medio actual significativamente más elevado que el de la situación actual. Las praderas donde la tendencia de ambos descriptores tiene pendientes estadísticamente igual a cero y los valores medios inicial y final tampoco difieren estadísticamente entre sí son de diagnóstico **estable**. Praderas en **regresión** son las que al menos uno de los dos descriptores muestra tendencias con pendientes significativamente negativas y una reducción significativa del valor medio inicial.

A continuación se comentan los resultados de estos análisis para cada estación:

- E2 CALA TÚNEZ:** La cobertura mantiene una tendencia general ligeramente positiva desde 2004, pero no significativamente distinta de cero. De hecho, los valores actuales no difieren significativamente de los valores iniciales. Por tanto, esta pradera mantiene una cobertura bastante estable, a diferencia de la densidad de haces que muestra una tendencia claramente positiva. En efecto, la pendiente de la tendencia es muy positiva (0,67) y significativamente diferente de cero y los valores actuales han experimentado un incremento muy significativo del 100% respecto a los valores medios de este descriptor medidos en 2004. Se trata, por tanto, de una pradera con diagnóstico general **PROGRESIVO**. Esta pradera se encuentra en un excelente estado de conservación y no existe sobre ella ningún tipo de presión antrópica.

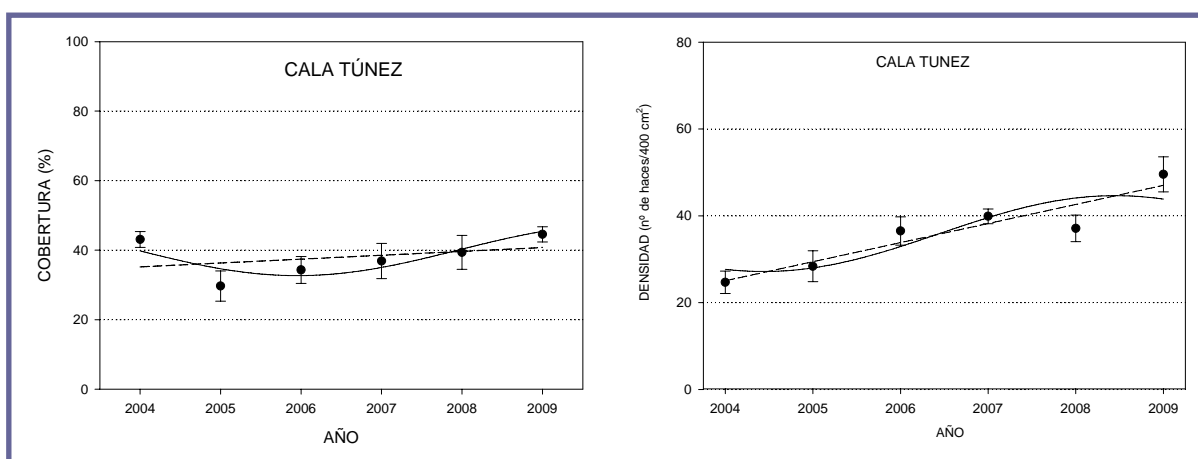


Figura 25. Evolución de los descriptores estudiados en Cala Túnez (E2).

- E3 CALA ESCALERA SOMERA:** en esta pradera, tanto la densidad como la cobertura muestran variaciones interanuales claramente fluctuantes (modelo senoide). En el caso de la cobertura estas fluctuaciones son bastante moderadas y su tendencia general es estable (pendiente muy pequeña no significativamente diferente de cero). El valor medio de cobertura es actualmente igual al medido en la situación inicial y, en consecuencia, la evolución temporal de este descriptor se considera estable. Por el contrario, las fluctuaciones interanuales de la densidad son mucho más amplias y el valor medio actual de este descriptor es un 60% más elevado que el medido en 2004 (diferencias significativas). Estas fluctuaciones de la densidad son probablemente debidas a la propia dinámica temporal natural de la población de haces. El diagnóstico actual de esta pradera es, por tanto, **PROGRESIVO**. Esta pradera se encuentra en un excelente estado de conservación y no existe sobre ella ningún tipo de presión antrópica.

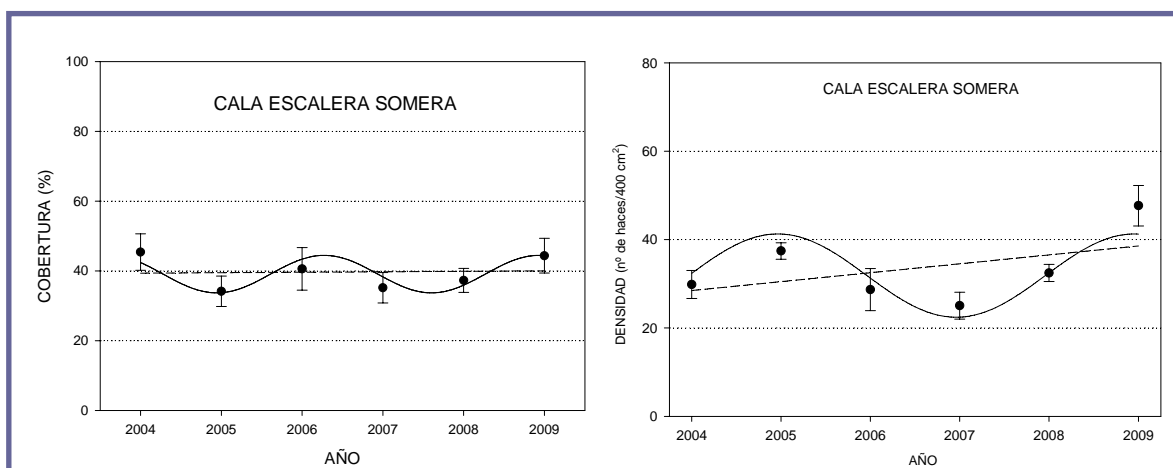


Figura 26. Evolución de los descriptores estudiados en Cala Escalera somera (E3).

- E5 CALA CERRADA PROFUNDA:** En esta estación se lleva observando desde 2005 una reducción progresiva de la densidad de haces y de la cobertura. En total, la reducción experimentada por ambos descriptores es muy significativa y del orden de 70 y 55%, respectivamente, respecto a los valores iniciales medidos en 2004. De acuerdo con esto, la pendiente de la tendencia temporal (β) para ambos descriptores es significativa y muestra los valores más negativos registrados para todas las praderas analizadas. De acuerdo con estos datos, la pradera ha desaparecido por completo en algunas zonas donde las piquetas que marcaban el límite original se han quedado aisladas en medio de un sustrato completamente desvegetado. Estimamos que han desaparecido del orden de 20 m² de la superficie de pradera original. El diagnóstico de esta pradera es **REGRESIVO**. Las causas de esta regresión se atribuyen al impacto del fondeo no controlado (muertos de fondeo y anclas), pero sobre todo a la erosión causada por el paso de buceadores. En esta zona se realizan las inmersiones de buceadores inexpertos durante los cursos de formación, cuyo control de la flotabilidad es muy escaso y tienden a aletear muy cerca del fondo. La mayor regresión de la pradera en esta estación ha tenido lugar, precisamente, en la misma ruta empleada para dirigir a este tipo de buceador inexperto. Urge, por tanto, un control de la actividad del fondeo y del buceo en esta pradera para evitar un mayor deterioro de la misma.

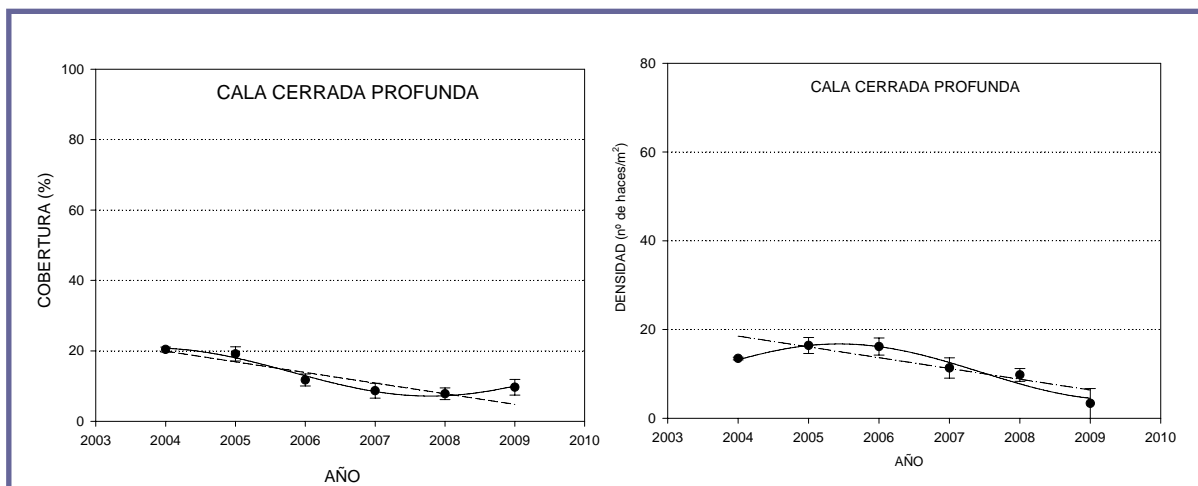


Figura 27. Evolución de los descriptores estudiados en Cala Cerrada profunda (E5).

- E6 CALA CERRADA SOMERA:** al igual que el caso anterior, la tendencia temporal de esta pradera ha sido regresiva desde 2005 llegando a causar una reducción del orden del 25% tanto de la cobertura como de su densidad de haces (ANOVA significativo para la densidad). Sin embargo, a partir de 2007 ambos descriptores han invertido la tendencia llegando a recuperar los valores iniciales medidos en 2004 en el caso de la densidad de haces. La cobertura, no obstante no se ha recuperado totalmente y se mantiene con valores medios que son un 20% inferior a la situación inicial (aunque no significativamente diferentes). Como resultado la tendencia de toda la serie temporal es estable, tal y como indican las pendientes no significativas del análisis de regresión. El diagnóstico de esta estación es, por tanto, **ESTABLE**, aunque mantiene todavía signos visibles de regresión.

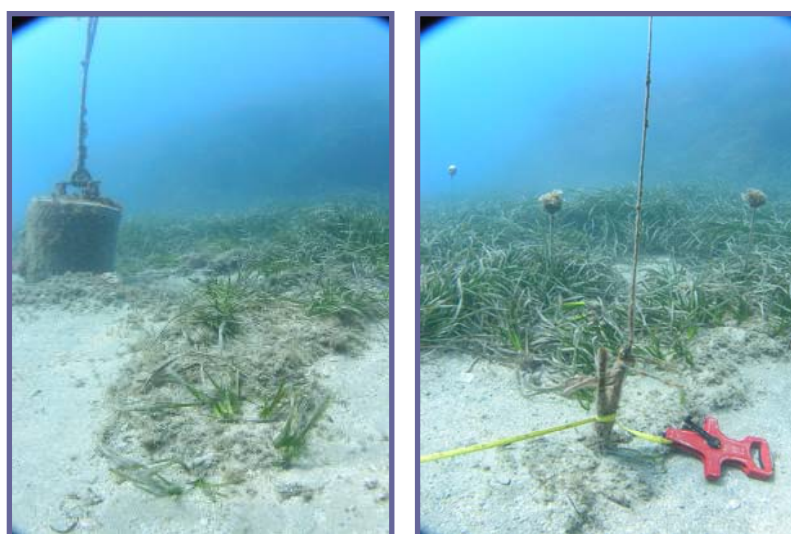


Figura 28. CALA CERRADA SOMERA (-12 m). Síntomas de erosión mecánica del límite de la pradera de *P. oceanica* por el fondeo en Cala Cerrada somera.

Esta regresión inicial ha sido causada por los mismos agentes que para Escalera-profunda, es decir, impacto del fondeo y de la frecuentación de buceadores. La tendencia de recuperación de los descriptores en los últimos años solo puede ser explicada por una reducción de la presión de los mencionados impactos y por una mayor capacidad de crecimiento vegetativo de *P. oceanica* en estas zonas más someras. Lo que no se sabe es si esta reducción de la presión antrópica es casual o es resultado de una mayor concienciación a raíz de la divulgación de los resultados de este proyecto a través de los clubes de buceo. En todo caso, los resultados sugieren también la puesta en marcha urgente de medidas de control del fondeo y del buceo en esta localidad.

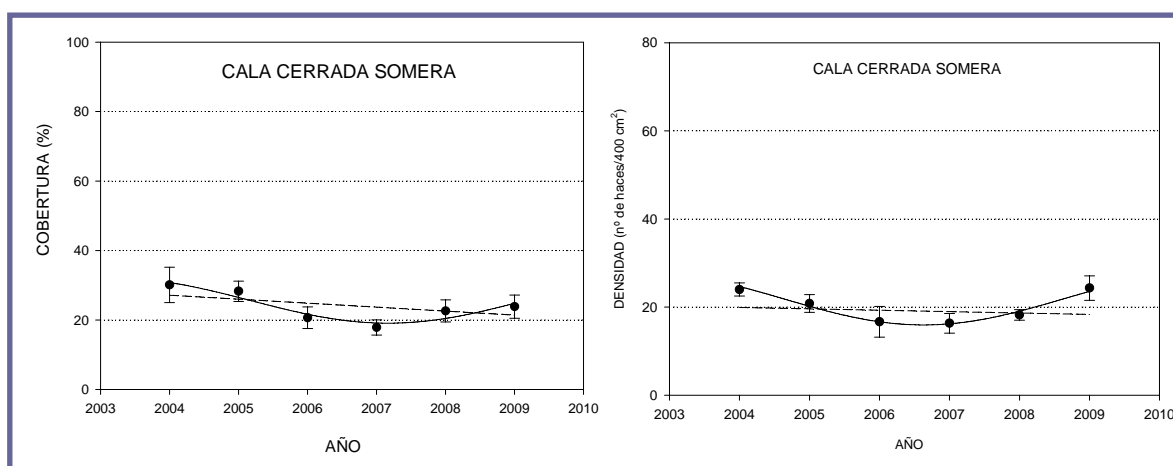


Figura 29. Evolución de los descriptores estudiados en Cala Cerrada somera (E6).

- E7 LA AZOHÍA:** Esta pradera ha mostrado un incremento significativo y casi constante de la densidad de haces desde 2004. La pendiente de la tendencia es muy positiva (0,48) y significativamente diferente de cero, y su valor medio actual es un 60% más elevado que el medido en 2004. La tendencia de este descriptor es, por tanto, claramente progresiva. La cobertura muestra leves fluctuaciones interanuales con cierta tendencia negativa (-0,24), aunque no significativamente diferente de cero. Además los valores actuales de la cobertura no son significativamente diferentes de los medidos en 2004. Por tanto, la tendencia de este descriptor es considerada estable. En conjunto, el diagnóstico del estado de esta pradera es **PROGRESIVO**. Esta pradera está situada frente la desembocadura de una rambla. Los sedimentos son, de hecho abundantes y finos, lo que indica la influencia de dicha rambla. Inmersiones realizadas justo después de episodios otoñales de lluvias torrenciales (p.e. septiembre de 2009) nos han permitido visualizar la influencia de estos sedimentos sobre la pradera, llegando a sepultar algunas manchas que mostraban un menor grado de desarrollo vertical. Puesto que no existe ningún otro tipo de perturbación (natural y/o antrópica) que actúe sobre esta pradera, la dinámica descrita puede ser la responsable de la variación temporal de la cobertura, aunque los datos indican que esta pradera se encuentra perfectamente adaptada a este tipo de perturbaciones naturales desde décadas o, probablemente, siglos.

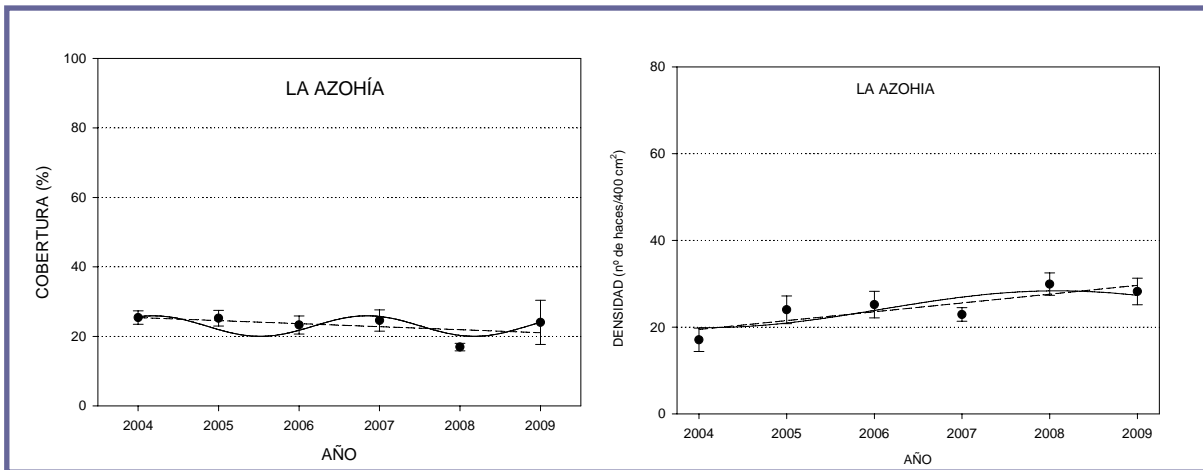


Figura 30. Evolución de los descriptores estudiados en La Azohía (E7).

- ES ISLA PLANA LEVANTE:** aquí la cobertura de la pradera muestra valores medios actuales casi un 40% más elevados que los obtenidos en 2004, pero ni este incremento (ANOVA) ni la pendiente de la tendencia temporal (0,24) son significativas. Esto se debe a que dicho incremento tan solo ha sido observado en el último año, manteniendo unos valores medios muy estables los cinco años anteriores. Este descriptor consideramos, por tanto, que presenta una tendencia estable en esta pradera. En el caso de la densidad de haces, el valor medio actual es un 30% más elevado que el obtenido en 2004, pero tampoco se trata de un incremento significativo estadísticamente. No obstante, en este caso, la pendiente es elevada (0,37) y significativa debido a una tendencia de incremento interanual casi constante a lo largo de toda la serie temporal. Por tanto, se considera este descriptor con una tendencia progresiva. En consecuencia, el diagnóstico general de la evolución de esta pradera es **PROGRESIVO**. Esta pradera no está sometida a ningún tipo de presión antrópica y se considera en un excelente estado de conservación.

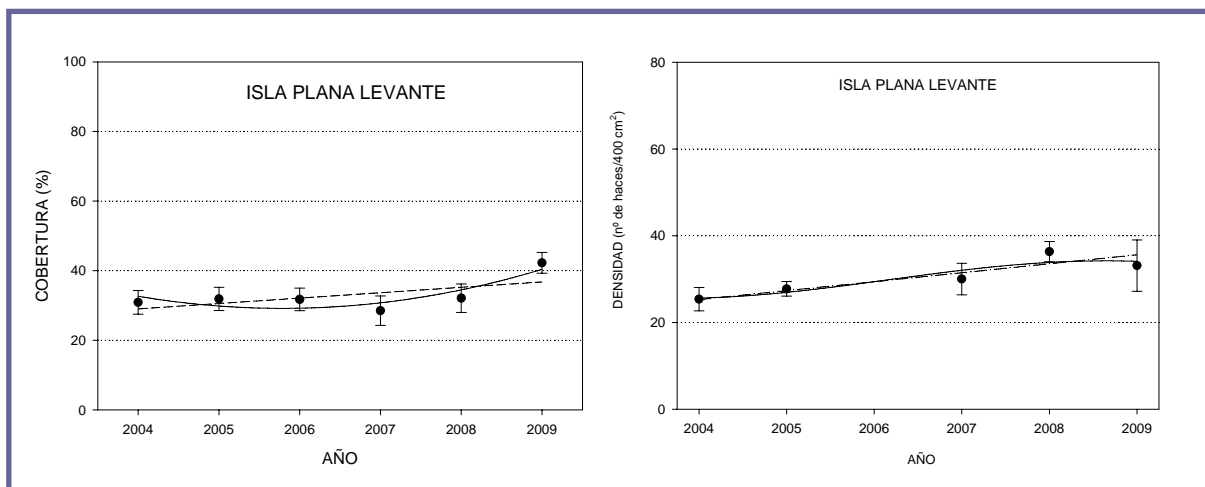


Figura 31. Evolución de los descriptores estudiados en Isla Plana Levante (E8).

- E9 CALABARDINA (CUEVA DE LA VIRGEN):** la cobertura actual de esta pradera presenta un incremento significativo de algo más del 20% respecto a la situación inicial de 2004. Sin embargo, este incremento no es significativo y la pendiente de la tendencia de la serie temporal tampoco es significativamente diferente de cero. Por el contrario la densidad de haces sí muestra un incremento significativo respecto al valor medio de 2004 (aprox. +30%). Este aumento de la densidad se ha producido en el periodo 2007-2009 y coincide con un incremento de similar magnitud medido en cuadrados fijos (40x40 cm) instalados en la misma pradera durante el mismo periodo de tiempo. Como consecuencia de este incremento en los últimos años la pendiente de la tendencia temporal de este descriptor es muy positiva (0,43) y significativamente diferente de cero. Se considera, por tanto, que la tendencia temporal de la cobertura es estable y progresiva para la densidad de haces, siendo el diagnóstico de la evolución de esta pradera de **PROGRESIVO**. Sobre esta pradera se han documentado los efectos erosivos de los fuertes temporales de componente oeste a los que está expuesta. Los rizomas están muy expuestos, con sedimento grueso y escaso, y los fragmentos de pradera arrancados tras los temporales son abundantes. No obstante, la evolución de los descriptores nos indica que esta pradera se encuentra perfectamente adaptada para persistir al impacto de este tipo de perturbaciones naturales. No existe ningún tipo de presión antrópica sobre esta pradera y se considera en un excelente estado de conservación.

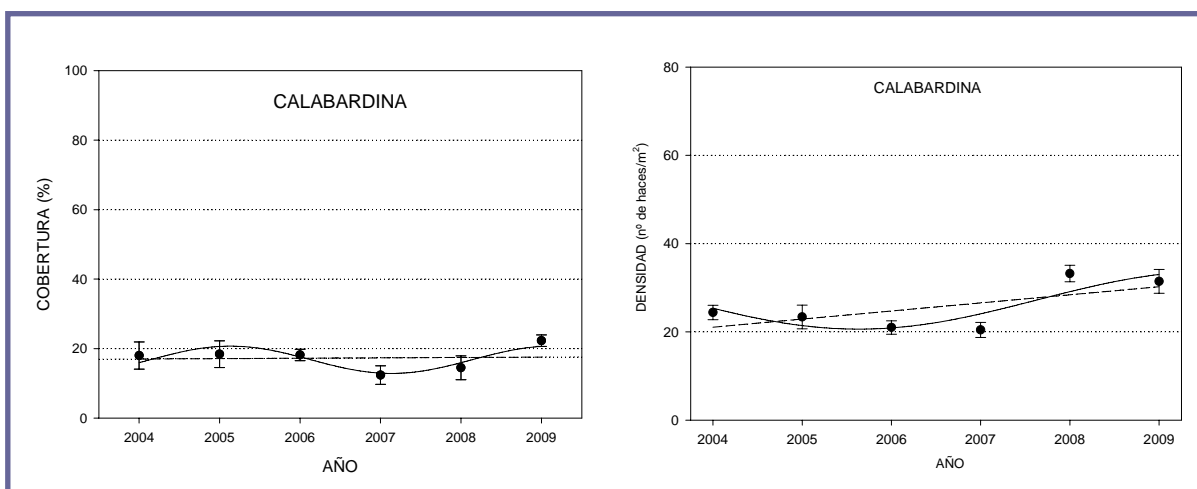


Figura 32. Evolución de los descriptores estudiados en Calabardina (E9).

- E10 ISLA DEL FRAILE:** la densidad de haces ha seguido una evolución con dinámica muy fluctuante (y significativa) desde 2004, pasando de una tendencia levemente negativa hasta 2007 a estable desde 2008. La confirmación de esta tendencia estable se debe al incremento significativo de este descriptor desde 2008, confirmado además con las tendencias de la dinámica poblaciones medidas en cuadrados fijos (40x40) instalados en esta misma pradera y durante el mismo periodo (ver ANEXO I). Este incremento ha sido muy acusado y constante desde 2007 llevando a la densidad de

haces a valores medios actuales que son estadísticamente iguales a los medidos en 2004. Como resultado, aunque la pendiente de la serie temporal 2004-09 es ligeramente positiva (+0,139), pero no significativamente distinta de cero, la tendencia de la evolución temporal de la densidad de haces en esta pradera se considera estable. La tendencia de la cobertura muestra pautas similares, aunque evoluciona de forma más constante, sin las fluctuaciones observadas para el caso de la densidad de haces. En la actualidad el valor medio es un 20% superior al medido en 2004 (pero sin diferencias estadísticas significativas) y la pendiente de la serie temporal es prácticamente cero. Por tanto, la tendencia de la evolución temporal de esta variable es también estable. De acuerdo con estos resultados, el diagnóstico general para esta pradera es **ESTABLE**.

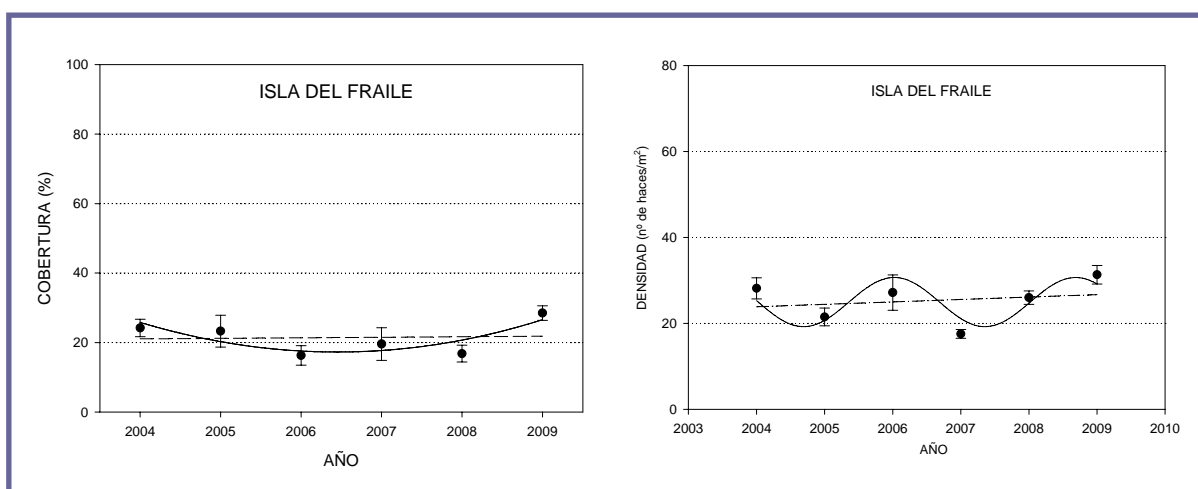


Figura 33. Evolución de los descriptores estudiados en Isla del Fraile (E10).

Las tendencias regresivas de los descriptores detectadas en los primeros años alertaban sobre una posible influencia de los vertidos de la granja marina próxima en la estructura de la pradera. Esto se apoyaba también en la detección de valores anormalmente elevados de isótopos del nitrógeno en los epífitos y tejidos foliares de esta pradera (datos propios no publicados). Tras el análisis de la serie temporal de seis años obtenida para ambos descriptores, se puede concluir que la posible influencia del vertido sobre la pradera no se ha traducido en una alteración de la estructura espacial de la misma. Resultados similares se han obtenido en otras praderas de la Región de Murcia que reciben la influencia remota de los vertidos de las piscifactorías (Ruiz et al. 2009). Desconocemos si esta influencia remota y difusa del vertido de las instalaciones acuícolas están causando alteraciones de estructura y/o funcionamiento del ecosistema de *P. oceanica* a otros niveles de organización (fisiológicos, comunidad, cadena trófica) y las repercusiones que ello pueda tener.

- **E11 ISLA PLANA PONIENTE:** tanto la densidad de haces como la cobertura presentan tendencias significativamente positivas en su evolución temporal ($\beta = +0,48$ y $+0,39$, respectivamente). Los valores medios actuales han incrementado significativamente un 30 y 40%, respectivamente, respecto a los medidos en 2004. La tendencia de ambos

descriptores y, por tanto, el diagnóstico general para esta pradera es **PROGRESIVO**. Nuevamente esta tendencia positiva se debe a un marcado y significativo incremento de la densidad de haces a partir de 2007, tras unos años previos de tendencia negativa para ambos descriptores. Los datos de dinámica poblacional obtenidos en los cuadrados fijos 40x40 cm instalados en esta misma pradera durante este periodo son consistentes con estas variaciones interanuales. Esta pradera no se encuentra expuesta a ningún tipo de presión antrópica y se considera con un estado de conservación excelente.

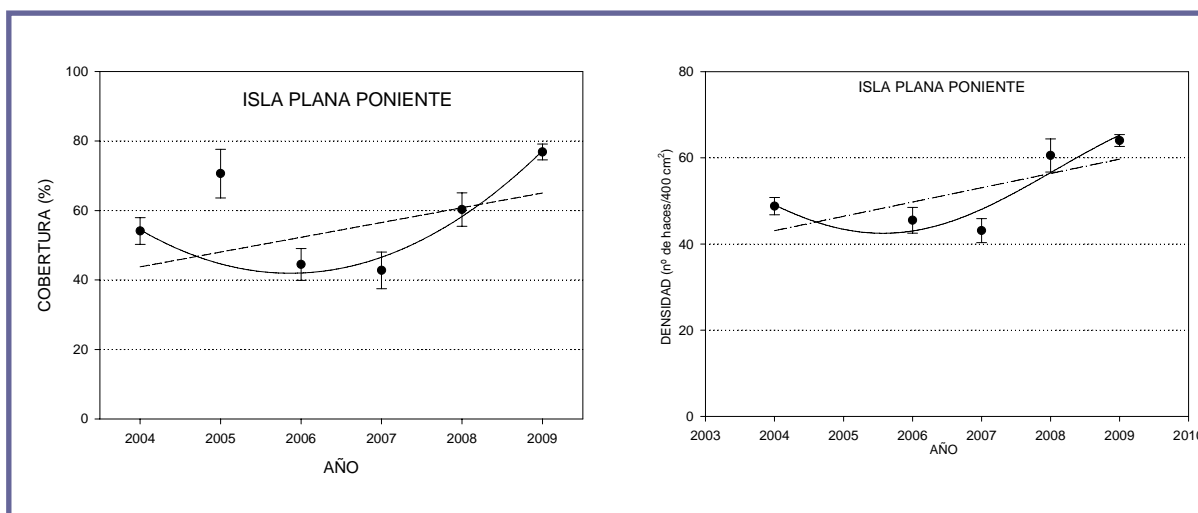


Figura 34. Evolución de los descriptores estudiados en Isla Plana Poniente (E11).

- E12 ISLA GROSA:** en esta estación la evolución temporal de la densidad de haces y la cobertura también muestra tendencias positivas, aunque solo son significativas para el caso de la cobertura (+0,40). Los valores medios actuales de ambos descriptores son, respectivamente, un 20 y 25% superiores a los medidos en 2004, pero sin diferencias significativas entre ambos años. La tendencia de ambos descriptores es, por tanto, estable, aunque la densidad muestra una dinámica interanual con fluctuaciones significativas. El diagnóstico general para esta pradera es, por tanto, **ESTABLE**. Tampoco existe una presión antrópica significativa en esta pradera y se puede considerar con un excelente estado de conservación. No obstante hay que destacar la existencia de impactos puntuales de una serie de fondeos instalados en esta pradera para controlar el acceso a la Isla Grosa, espacio natural protegido y de acceso restringido. Algunos de estos impactos puntuales se han localizado en la zona de pradera empleada para este seguimiento y han causado destrozos parciales de marcas (piquetas de señalización) y unidades muestrales (cuadrados fijos) instalados por nuestro equipo para realizar las mediciones cada año. Este balizamiento provoca además la concentración de fondeo con anclas de embarcaciones deportivas de gran eslora alrededor del perímetro de balizas, donde se extiende la pradera de *P. oceanica*. Si bien este balizamiento parece efectivo para la protección del medio terrestre de Isla Grosa, a medio y largo plazo puede ser una amenaza para la integridad del estado de conservación de la pradera de *P. oceanica*, objetivo prioritario de conservación de este espacio marino incluido en el LIC marino de la Región de Murcia. Hay que tener en

cuenta además que en esta localidad existe una de las colonias más importantes del alga invasora *Caulerpa racemosa*, que aprovecha cualquier alteración de la estructura de la pradera de *P. oceanica* para su expansión. Se recomienda por tanto una gestión más adecuada del balizamiento de Isla Grosa y un mayor control del fondeo mediante la instalación de un sistema de fondeo ecológico (ancla helicoidal tipo australiana), tal y como ya se ha implantado en otras comunidades autónomas.

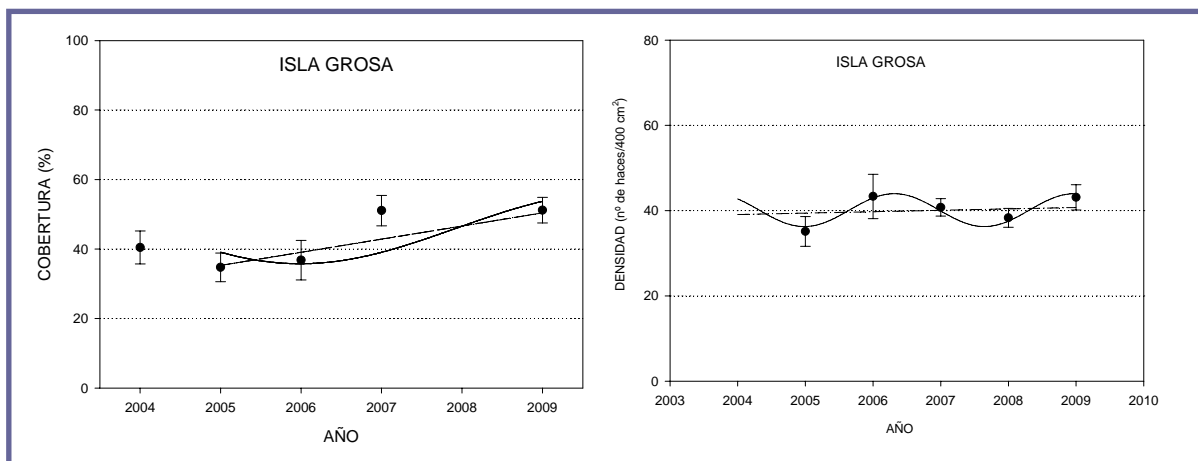


Figura 35. Evolución de los descriptores estudiados en Isla Grosa (E12).

- E13 CALA ESCALERA PROFUNDA:** en esta pradera la densidad de haces muestra variaciones interanuales fluctuantes, pero no significativas, con una tendencia plurianual ligeramente negativa, pero no significativamente diferente de cero. Los valores medios actuales de este descriptor son casi idénticos a los obtenidos en 2004. Por tanto, la tendencia de la evolución de este descriptor es estable. La cobertura, por el contrario, muestra una tendencia marcada y significativamente negativa (-0,67), casi constante desde 2004. Esta tendencia negativa es la más alta de las registradas en la red de seguimiento, de forma que los valores actuales de este descriptor son casi un 70% más bajos que los obtenidos en 2004. El diagnóstico para esta pradera es, por tanto, **REGRESIVA**. Puesto que no existe en las inmediaciones de esta pradera ningún tipo de presión antrópica que pudiera explicar este comportamiento regresivo, las causas solo pueden ser de origen natural.

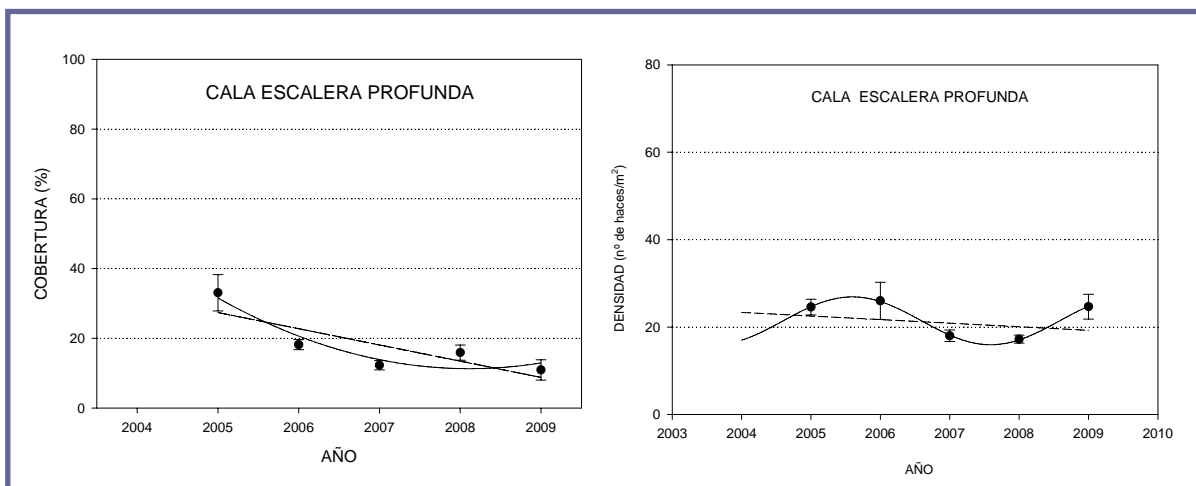


Figura 36. Evolución de los descriptores estudiados en Cala Escalera Profunda (E13).

El factor que más plausiblemente explica la tendencia regresiva de la cobertura es la exposición hidrodinámica, cuya energía es especialmente intensa en esta pradera orientada al tercer cuadrante y con una topografía submarina abrupta. Apenas existen sedimentos arenosos en esta pradera, consistiendo los mismos en gravas y guijarros de gran tamaño, lo que indica la incidencia de un alto grado de energía hidrodinámica en el fondo. Las frecuentes inmersiones realizadas en esta pradera nos han permitido confirmar visualmente los efectos erosivos de los temporales sobre las manchas de pradera. Además, los cuadrados fijos instalados para el seguimiento de la dinámica poblacional han sido destruidos varias veces tras la incidencia de fuertes temporales y nos ha obligado a realizar múltiples reparaciones. No es de extrañar que la cobertura siga esta dinámica regresiva mientras que la densidad de haces permanece estable, ya que nada indica que las condiciones del resto de factores importantes para el desarrollo vegetativo de la planta se encuentren alterados (luz, temperatura, nutrientes). De hecho, es lógico que las perturbaciones de tipo erosivo actúen especialmente sobre la cobertura de la pradera más que sobre la densidad. Se trata, por tanto, de un proceso erosivo natural. Las praderas que colonizan este tipo de ambientes parecen estar adaptadas y persisten en el tiempo, por lo que sería bastante inquietante desde el punto de vista científico que esta pradera continuara la dinámica regresiva en los años siguientes y no fuera capaz de remontar hacia sus valores iniciales. Es posible que el periodo de estudio haya coincidido con un ciclo climático plurianual con mayor incidencia de temporales de tipo histórico. También es posible que este ciclo se encuentre relacionado con algún tipo de anomalía climática relacionada con el cambio climático global y más que un ciclo se trate de una tendencia a más largo plazo. En este último caso estas praderas de Cabo Palos tenderían a desaparecer, aunque harían falta estudios de clima y oceanografía local exhaustivos para poder apoyar este tipo de especulaciones.

- **E14 PUERTO DE TOMÁS MAESTRE:** la cobertura de esta pradera muestra ciertas fluctuaciones interanuales, pero dichas fluctuaciones y la tendencia temporal resultante (β) no son significativas. Tampoco son significativas las diferencias entre

los valores medios actuales y los medidos inicialmente en 2005 y, por tanto, la tendencia de este descriptor es estable a lo largo de la serie temporal. Sin embargo, la densidad de haces si muestra una dinámica fluctuante significativa, con una tendencia general positiva (0,46) también significativa y con valores medios actuales que son un 65% significativamente más elevados que los medidos en 2005. La tendencia de este descriptor es, por tanto, progresiva y el diagnóstico general para la evolución de esta pradera es también **PROGRESIVA**. Esta pradera se encuentra justo en frente de “El Estacio” y podría estar influenciada por la salida de agua hipersalina del Mar Menor y por la contaminación causada por la elevada presencia humana en esta zona. A pesar de ello los datos indican que su estructura no muestra, por ahora, ningún indicio de alteración o regresión y, por tanto, la posible presión antrópica causada por los factores mencionados debe ser de una intensidad baja y de carácter difuso.

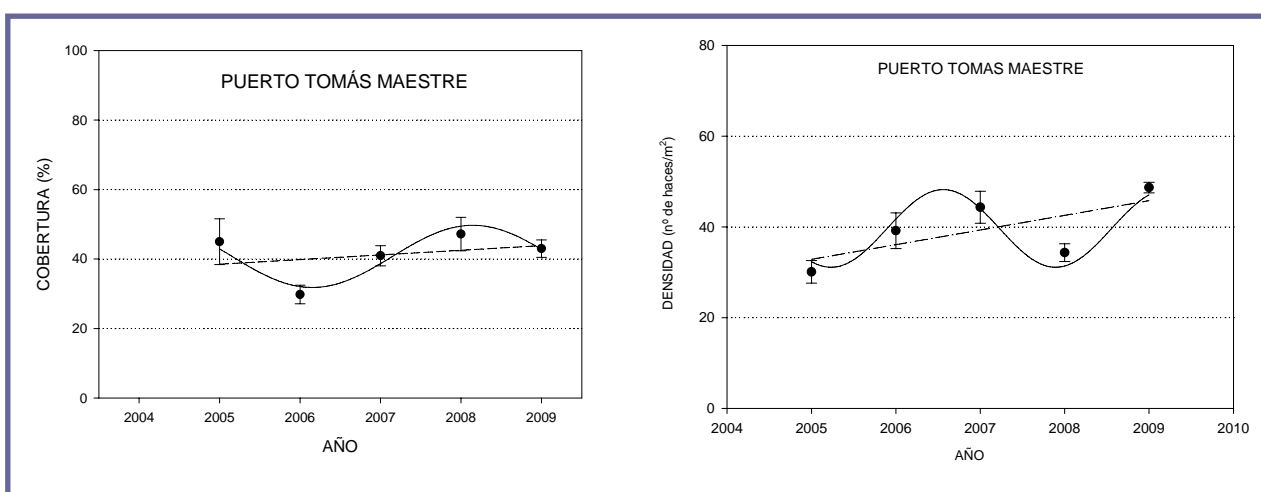


Figura 37. Evolución de los descriptores estudiados en Puerto Tomas Maestre (E14).

- E15 ISLA DE LAS PALOMAS:** la densidad de haces muestra variaciones interanuales muy suaves con una tendencia de la serie anual ligeramente positiva. Dichas fluctuaciones interanuales son significativas, pero la pendiente no tiene significación estadística y los valores actuales son iguales a los de 2005. Por tanto la evolución de este descriptor ha tenido una tendencia estable. La cobertura también muestra cierta fluctuación interanual, pero no es significativa en este caso. Sin embargo la pendiente positiva (+0,38) de la serie temporal es significativa y también lo es la diferencia entre los valores medios actuales y los medidos inicialmente en 2005, que es un 50% más baja. Por tanto, la cobertura se considera que ha tenido una evolución progresiva en esta pradera. El diagnóstico general de la evolución de esta pradera es, por tanto, **PROGRESIVA**. Hay que destacar que esta pradera ha experimentado en el pasado una importante alteración de su límite inferior debido al impacto de la pesca de arrastre. La instalación de un arrecife artificial en esta zona ha permitido una protección efectiva de esta pradera frente a dicho impacto. Los datos obtenidos en este proyecto confirman que esta pradera mantiene un desarrollo vegetativo progresivo, a lo cual sin duda ha contribuido su protección mediante el arrecife artificial. Este resultado está de acuerdo con la tendencia positiva de las praderas de *P. oceanica* protegidas mediante arrecifes

artificiales observada en otras zonas del levante español (González Correa et al. 2005).

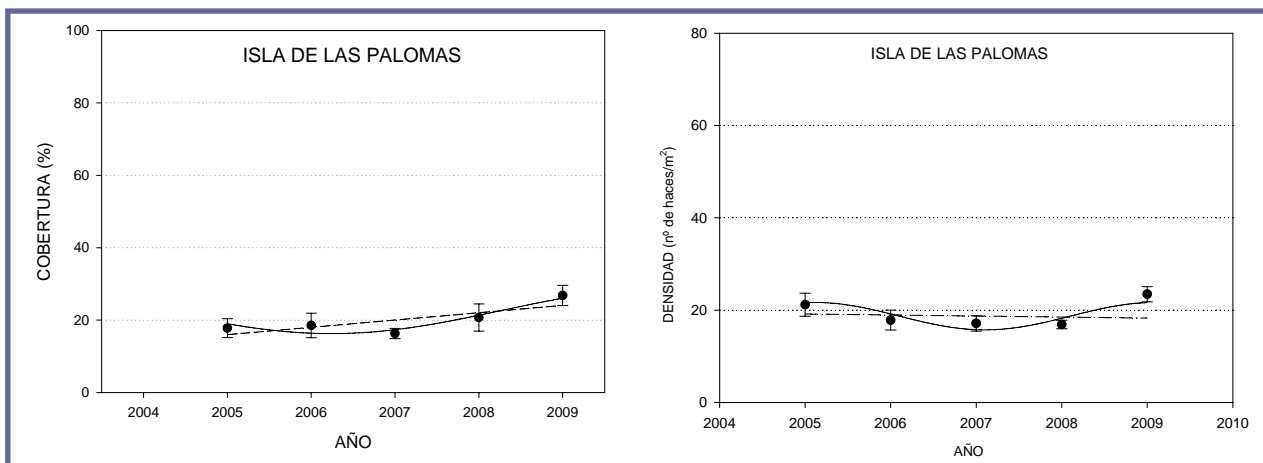


Figura 38. Evolución de los descriptores estudiados en Isla de las Palomas (E15).

- E16 CALA REONA:** la cobertura de esta pradera ha mantenido una tendencia bastante estable durante el periodo 2006-2009 (pendiente igual a cero) y sus valores actuales son estadísticamente iguales a los medidos inicialmente. La densidad de haces ha mostrado variaciones interanuales muy significativas que, aunque los valores medios actuales son estadísticamente iguales a los iniciales, han dado lugar a una tendencia positiva significativa de este descriptor ($\beta = +0,38$). El diagnóstico general para esta pradera es, por tanto, **PROGRESIVO**. Las fluctuaciones de la densidad de haces se explican por la propia dinámica del desarrollo vegetativo de la pradera y quizás también por otros factores, como la elevada energía de los temporales que actúan en las zonas someras de Cabo de Palos. Otro factor que podría causar variaciones interanuales de la densidad de haces son las elevadas densidades del erizo generalista *Paracentrotus lividus* medidas en esta estación, que se muestran en la figura 42.

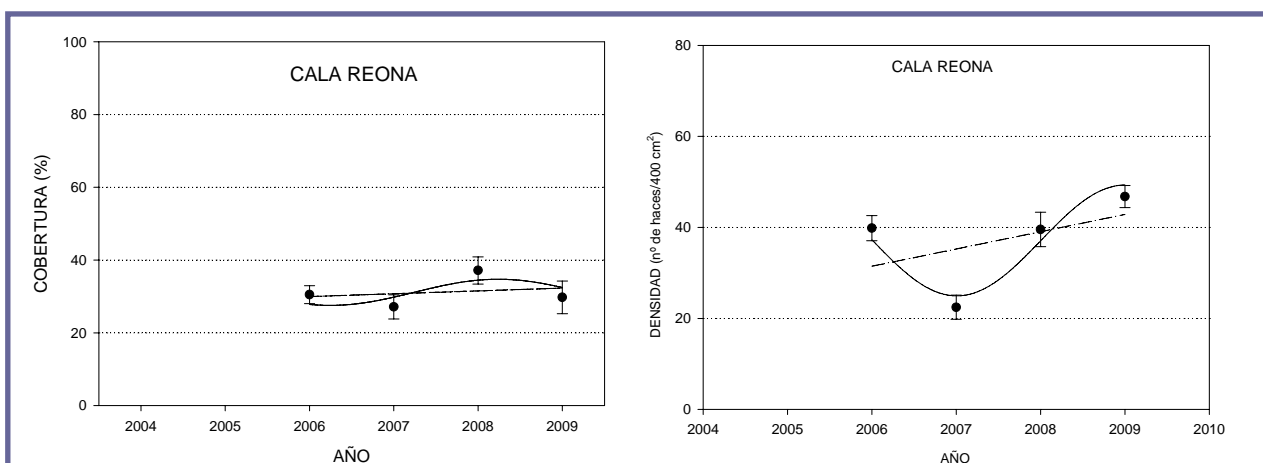


Figura 39. Evolución de los descriptores estudiados en Cala Reona (E16).

Densidad de haces										
Estación	ANOVA			Regresión lineal				Modelo ajustado		
	nº	F	p	R ²	β	B	p	modelo	R ²	
C. Túnez	E2	9,20	****	0,46	0,675	4,36	****	sinusoide	0,99	
C. Escalera somera	E3	7,88	****	0,12	0,342	2,05	*	sinusoide	0,99	
C. Cerrada somera	E5	4,84	**	0,00	-0,000	-0,003	ns	sinusoide	0,99	
C. Cerrada profunda	E6	13,00	****	0,25	-0,517	-1,983	***	sinusoide	0,98	
La Azohía	E7	4,03	**	0,24	0,485	2,14	***	sinusoide	0,99	
Isla Plana levante	E8	1	ns	0,14	0,377	1,71	*	sinusoide	1,00	
Calabardina (C. Virgen)	E9	7,95	****	0,19	0,432	1,75	**	sinusoide	0,99	
Isla del Fraile	E10	6,40	***	0,02	0,139	0,57	ns	sinusoide	0,67	
Isla Plana poniente	E11	6,98	***	0,24	0,489	3,55	**	sinusoide	0,86	
Isla Grosa	E12	1,35	ns	0,03	0,186	1,2	ns	sinusoide	0,93	
C. Escalera profunda	E13	0,62	ns	0,01	-0,083	-0,4017	ns	sinusoide	1,00	
Tomás Maestre	E14	7,72	***	0,21	0,462	3,36	**	sinusoide	0,90	
Isla Palomas	E15	3,46	*	0,02	0,148	0,54	ns	cúbico	0,92	
Cala Reona	E16	19,47	****	0,21	0,457	4,89	**	sinusoide	0,92	

Cobertura										
Estación	ANOVA			Regresión lineal				Modelo ajustado		
	nº	F	p	R ²	β	B	p	modelo	R ²	
C. Túnez	E2	2,26	ns	0,011	0,107	0,63	ns	sinusoide	1,00	
C. Escalera somera	E3	0,98	ns	0,002	-0,042	-0,31	ns	sinusoide	0,76	
C. Cerrada somera	E5	1,99	ns	0,446	-0,268	-1,39	ns	cúbico	0,83	
C. Cerrada profunda	E6	2,17	ns	0,207	-0,480	-0,27	**	sinusoide	0,97	
La Azohía	E7	1,73	ns	0,062	-0,249	-0,89	ns	sinusoide	0,46	
Isla Plana levante	E8	1,55	ns	0,062	0,249	1,39	ns	cúbico	0,75	
Calabardina (C. Virgen)	E9	1,51	ns	0,001	0,035	0,14	ns	sinusoide	0,75	
Isla del Fraile	E10	2,43	ns	0,000	-0,001	-0,01	ns	cúbico	0,68	
Isla Plana poniente	E11	9,20	****	0,153	0,391	3,67	*	cúbico	0,97	
Isla Grosa	E12	2,69	ns	0,162	0,403	3,49	*	sinusoide	0,86	
C. Escalera profunda	E13	2,69	*	0,452	-0,672	-5,37	****	cúbico	0,89	
Tomás Maestre	E14	2,66	ns	0,031	0,176	1,38	ns	sinusoide	0,89	
Isla Palomas	E15	1,97	ns	0,148	0,384	2,02	*	sinusoide	0,88	
Cala Reona	E16	1,54	ns	0,014	0,119	0,92	ns	sinusoide	0,47	

Tabla 15. Resultados de los análisis estadísticos realizados para evaluar las variaciones interanuales del porcentaje de cobertura (superior) y de la densidad de haces (inferior) de *Posidonia oceanica* observadas en cada estación de muestreo durante el periodo 2004-2008. El análisis de la varianza está realizado con los valores de todos los años de la serie temporal ns = diferencias no significativas ($P \geq 0.05$).

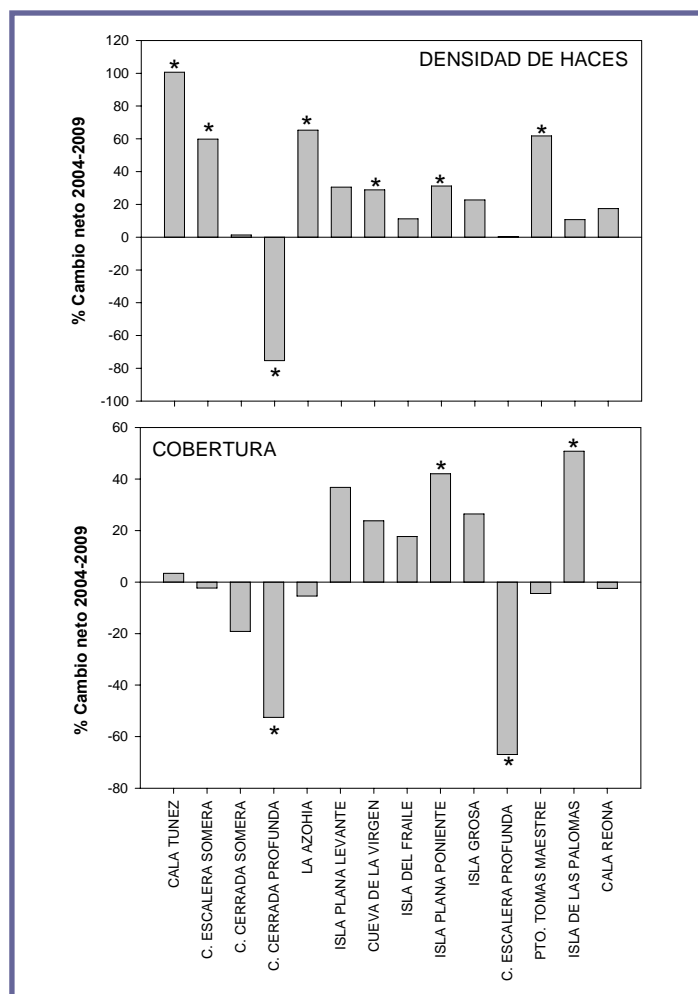


Figura 40. Porcentaje de cambio neto entre el 2004-2009 en las diferentes estaciones de seguimiento. Los asteriscos indican cambios netos significativos (SNK post-hoc, ANOVA. $P < 0,05$)

ESTACIÓN	Nº (nº años)	Status de la tendencia de la serie temporal		DIAGNÓSTICO
		densidad de haces	cobertura	
CALA TUNEZ	E2 (6)	progresivo	estable	PROGRESIVO
CALA ESCALERA SOMERA	E3 (6)	progresivo	estable	PROGRESIVO
CALA CERRADA SOMERA	E5 (6)	estable	estable	ESTABLE
CALA CERRADA PROFUNDA	E6 (6)	regresivo	regresivo	REGRESIVO
LA AZOHIA	E7 (6)	progresivo	estable	PROGRESIVO
ISLA PLANA LEVANTE	E8 (6)	progresivo	estable	PROGRESIVO
CUEVA DE LA VIRGEN	E9 (6)	progresivo	estable	PROGRESIVO
ISLA DEL FRAILE	E19 (6)	estable	estable	ESTABLE
ISLA PLANA PONIENTE	E11 (6)	progresivo	progresivo	PROGRESIVO
ISLA GROSA	E12 (5)	estable	estable	ESTABLE
CALA ESCALERA PROFUNDA	E13 (5)	estable	regresivo	REGRESIVO
PUERTO DE TOMAS MAESTRE	E14 (5)	progresivo	estable	PROGRESIVO
ISLA DE LAS PALOMAS	E15 (5)	estable	progresivo	PROGRESIVO
CALA REONA	E16 (4)	progresivo	estable	PROGRESIVO

Tabla 16. Diagnóstico del estado actual (respecto a la situación inicial en 2004) de las praderas de *Posidonia oceanica* en las estaciones de la red de seguimiento de la Región de Murcia. Las estaciones marcadas en amarillo son las que han cambiado de diagnóstico respecto al año anterior. Se indica el número de la estación y entre paréntesis el número de años de la serie temporal.

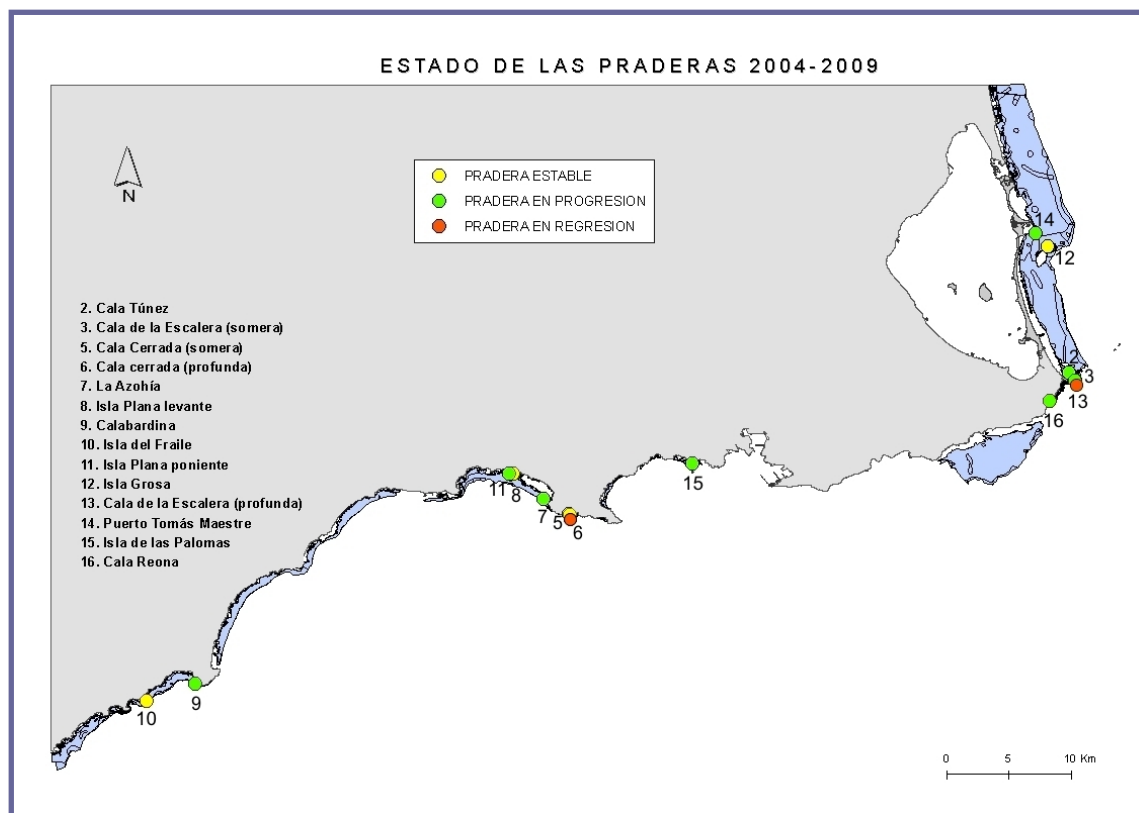


Figura 41. Diagnóstico del estado actual (de las praderas de *Posidonia oceanica* en las estaciones de la red de seguimiento de la Región de Murcia

Las elevadas densidades de erizo (8-9 indiv./m²) observadas en esta pradera no son habituales en praderas de *P. oceanica*. Al menos en la Región de Murcia, en las praderas no se encuentran individuos de esta especie, tal y como se puede observar en la gráfica en el resto de praderas. Las praderas del Mediterráneo español en las que se encuentra este erizo son solo las que se encuentran adyacentes a poblaciones de adultos sobre roca y sus densidades son inferiores al 3%, como es el caso de Cala Túnez, estación muy próxima a Cala Reona. La causa de las elevadas densidades de erizos podría ser atribuida a la influencia de los vertidos del emisario de Cala Reona, roto en la cota de profundidad de -11 m justo frente la estación de la red de seguimiento. Durante los muestreos nuestro equipo fue testigo del afloramiento de los vertidos en superficie y su transporte hacia tierra debido a vientos moderados de componente S. Precisamente, el único caso de pradera con elevadas densidades de erizos ha sido documentado en las inmediaciones de una granja marina. En este caso las densidades eran más elevadas todavía y se ha demostrado que fueron la causa de la regresión total de la pradera (Ruiz et al. 2001, Ruiz et al 2009). Se precisa, por tanto, la reparación urgente del emisario antes de que la población de erizos siga aumentando y cause un efecto significativo sobre la estructura de esta pradera.

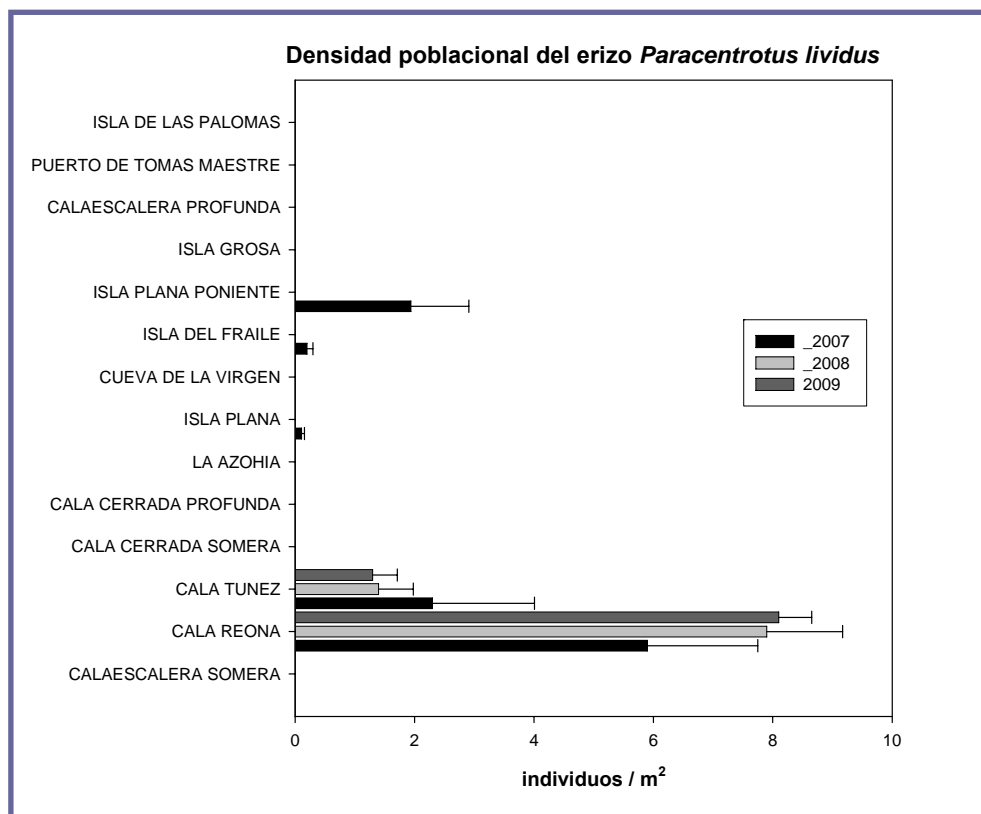


Figura 42. Evolución de la densidad poblacional de *Paracentrotus lividus* durante el periodo 2007-2009

7.2 Valoración general de resultados

Uno de los aspectos más llamativos de los resultados obtenidos en este proyecto es el modo en que ha ido cambiando el status de las tendencias temporales de los descriptores de estructura de pradera (densidad de haces y cobertura) y, por tanto, el diagnóstico general de la evolución de la pradera desde el inicio del seguimiento. Lo primero que sugiere este aspecto es la importancia de realizar mediciones repetidas de estos descriptores a lo largo de series anuales más o menos largas. Mediciones puntuales realizadas en uno o unos pocos años darán lugar sin duda a diagnósticos erróneos que pueden tener especial trascendencia si estos resultados son empleados por los gestores para, por ejemplo, la valoración ecológica de fondos marinos o la valoración del impacto de una actividad humana.

El origen de estos cambios de tendencia se debe a que muchas de las praderas estudiadas muestran patrones no lineales de variación interanual o plurianual, tanto de la densidad de haces como de la cobertura. Las causas de estas variaciones temporales son complejas y pueden ser diferentes para cada descriptor. Así pues, en praderas bajo condiciones naturales, las variaciones interanuales de la densidad de haces pueden ser debidas a ciclos interanuales de desarrollo vegetativo gobernados por factores internos y/o externos, debidos simplemente a variaciones interanuales de los factores ambientales básicos que regulan el crecimiento vegetativo de la planta, como la temperatura, la disponibilidad de luz o los nutrientes. Es ampliamente conocido que estos factores están sujetos no solo a variaciones estacionales,

sino también a variaciones temporales que pueden durar uno o varios años. Se trataría, por tanto, de ajustes del aparato vegetativo de la planta a cambios ambientales de tipo climático intraanual e interanual. Este tipo de ajustes han sido descritos en *P. oceanica* en relación a gradientes espaciales de ciertos factores ambientales relacionados con, por ejemplo, la profundidad, y en esta especie consisten fundamentalmente en cambios de su estructura (densidad de haces y cobertura) dirigidos a equilibrar el balance de carbono en relación a la disponibilidad de luz (Ruiz y Romero 2001). Ajustes similares se han descrito a nivel fisiológico en relación a variaciones estacionales de los factores ambientales (Alcoverro et al 1995), aunque la experiencia recabada a lo largo de este proyecto indica que también tienen lugar a nivel de estructura de pradera.

Puesto que las estaciones muestran patrones de variación interanual muy diferentes entre sí, otros tipos de factores que tienen una componente más local deben estar influyendo en los comportamientos descritos. En casos como Cala Escalera (somera y profunda), Cala Reona y La Azohía, el origen de las fluctuaciones interanuales de la densidad de haces esté además causado por la incidencia de otros factores ambientales distintos de los mencionados anteriormente, como la erosión causada por los temporales o la sedimentación.

Errores o artefactos muestrales debidos a p.e. escasa replicación o tamaño muestral inadecuado podrían también estar influyendo en dichas variaciones interanuales. Para determinar si las fluctuaciones interanuales de la densidad de haces medida en cuadrados de 20x20 cm al azar son reales (es decir, consecuencia del balance entre la división de haces y la mortalidad) o más bien son fruto de errores muestrales, en 2007 se instalaron en todas las estaciones cuadrados fijos de 40x40 cm en zonas densas de pradera para determinar de forma exacta el balance neto anual de la población de haces. Los resultados de estos trabajos demuestran que la variaciones interanuales de la densidad medida por ambos métodos son bastante consistentes y, por tanto, reflejan principalmente cambios reales de la pradera resultantes del balance entre la división vegetativa de los haces (reclutamiento) y la mortalidad de los mismos. Si bien esta correspondencia no es absoluta desde un punto de vista cuantitativo si lo es cualitativamente, es decir, incrementos interanuales de la densidad de haces positivos medidos con los cuadrados fijos 40x40 siempre coinciden con incrementos positivos de la densidad de haces medida a partir de cuadrados al azar de 20x20 cm o con incrementos muy pequeños estadísticamente no diferentes de cero.

Las variaciones interanuales del balance neto de la población de haces medida entre años sucesivos llega a ser bastante sorprendente. Así, por ejemplo, en algunas estaciones (Isla de las Palomas, Calabardina, Isla del Fraile y La Azohía) se pasa de un balance neto anual muy positivo, entre +30% y +50% (progresivo), en el periodo 2007-2008 a uno muy próximo a cero (entre +10% y -10%) en el siguiente periodo (2008-09). Para un mismo periodo anual, las variaciones entre cuadrados individuales representa la variabilidad espacial de la dinámica poblacional dentro de la pradera, que se ha comprobado que puede llegar a ser muy importante. En ocasiones se ha llegado a cuantificar incrementos interanuales de la densidad de haces superiores al 100% en un cuadrado individual y algo negativos (-15-20%) en un cuadrado contiguo separado unas pocas decenas de centímetros. Estos resultados muestran que la estructura de la pradera es mucho más dinámica de lo que convencionalmente se piensa. Este dinamismo de la pradera de *P. oceanica* ha sido normalmente subestimada u obviada en los

muestreos de estas praderas y, como muestran nuestros resultados su consideración es de gran importancia. También hemos constatado que la división de haces muestra una fuerte variación estacional que podría influir sobre las variaciones interanuales si los periodos de muestreo de las diferentes estaciones difieren entre sí uno o dos meses. Sería interesante y conveniente caracterizar estos patrones estacionales ya que para esta especie se asume muchas veces que este tipo de variación es despreciable debido a su lento crecimiento vegetativo.

En el caso de la cobertura, las variaciones interanuales también se pueden atribuir a factores ambientales de tipo climático, pero hay otros factores que son muy importantes a la hora de explicar el patrón espacial de la distribución de las manchas de vegetación tanto a escala de paisaje como a escalas intermedias. Estos son, por ejemplo, la influencia de la hidrodinámica superficial, la energía hidrodinámica de una zona concreta o la sedimentación. Así, por ejemplo, la acción erosiva de los temporales del tercer cuadrante ha sido especialmente notable en praderas como la de Calabardina y algunas estaciones de Cabo de Palos, llegando en algún caso a causar una regresión significativa de la pradera (p.e. Cala Escalera profunda). La sedimentación asociada a descargas terrígenas asociadas a lluvias torrenciales también parece haber sido la causa de las fluctuaciones interanuales de la cobertura de la pradera de La Azohía, aunque en este caso la pradera persiste con una cobertura estable, indicando la adaptación de la pradera a este tipo de perturbaciones naturales. Estos factores, en definitiva, también se encuentran relacionados con variaciones climáticas, pero afectan a la estructura de la pradera a una escala diferente a la que regula la densidad de haces en el interior de las manchas. Por tanto, las variaciones de ambos descriptores no tienen porqué estar correlacionadas entre sí y pueden representar procesos diferentes que actúan sobre la misma pradera. La pradera de Cala Escalera profunda es buen ejemplo de ello. De hecho, solo en cuatro estaciones (C. Cerrada somera, Isla Plana poniente y levante y C. Túnez) ambos descriptores co-varían simultáneamente a lo largo de los años. Esto pone en evidencia la necesidad de muestrear cada descriptor a su escala adecuada. Muestreos de la densidad con cuadrados de tamaño superior a 400 cm² podrían, por ejemplo, integrar conjuntamente variaciones de ambos descriptores y, por tanto, subestimar los valores reales de densidad dentro de las manchas de pradera.

En algunos casos se ha registrado un incremento de la cobertura de la pradera de un 40-50% en un periodo de tan solo dos años, como es el caso de la pradera de Isla Plana poniente y levante y de Isla de Las Palomas. Esto implica una dinámica de colonización muy activa por los rizomas, lo que sorprende en cierta medida por la lentitud del desarrollo vegetativo de esta especie. No creemos probable que estas variaciones sean debidas a artefactos metodológicos ya que la cobertura es una medida totalmente controlada por los miembros del equipo de investigación, que a su vez, se encuentran intercalibrados entre sí para producir errores mínimos (< 5%) en las mediciones realizadas entre diferentes muestreadotes. La forma de medir esta variable podría introducir otro tipo de artefacto muestral. Los transectos de 10 m de longitud empleados para su medición no tienen una posición absolutamente fija, sino que se instalan en cada visita siguiendo un rumbo determinado desde cada piqueta. Teniendo en cuenta que el paisaje de la pradera puede ser muy heterogéneo y que la posición del transecto no es exacta, existe la posibilidad de que el error del método de medida influya en la variabilidad del descriptor. No obstante, dicho error, en ningún caso explicaría variaciones interanuales del 40 o 50% como se ha mencionado anteriormente. Por tanto, pensamos que

la cobertura también puede ser un descriptor más dinámico de lo que tradicionalmente se piensa y medidas puntuales del mismo realizadas en uno o pocos años también podría conducir a diagnósticos equivocados.

Como ya se ha resaltado en ediciones anteriores no es posible extrapolar los resultados de las estaciones de la red de seguimiento al conjunto de las praderas de la Región de Murcia. Es decir, la proporción de praderas en regresión en esta región no es proporcional al porcentaje de estaciones en regresión de la red de seguimiento. Esto es debido a que las 14 estaciones seleccionadas no son una muestra al azar representativa de toda la extensión de praderas de la Región de Murcia. En primer lugar porque representan una superficie muy pequeña de ésta y, en segundo lugar, por que su selección se encuentra sesgada hacia zonas seleccionadas por la ubicación de los centros de buceo y que tienen un buen estado de conservación.

No obstante, se puede realizar otro tipo de análisis más ajustado al contexto de este proyecto separando las estaciones que, casi con seguridad, representan una condición natural (sin influencia de la actividad humana) de aquellas que, en mayor o menor grado, se encuentran bajo la influencia de algún tipo de presión antrópica (independientemente de su intensidad o persistencia). Los resultados de éste análisis revelan que un 85% de las praderas, tanto las que se encuentran en condiciones naturales en excelente estado de conservación como las que están (o han estado) expuestas a algún tipo de presión antrópica, han tenido una evolución estable o progresiva en el periodo que abarca este estudio. El resto corresponde a un caso de pradera en regresión por causas naturales (Cala Escalera profunda) y también un solo caso de regresión por causas antrópicas (Cala Cerrada profunda).



Figura. 43. Detalle de los trabajos de seguimiento en la estación de Isla Grosa (-5m). Fotografía: J.M. Ruiz

En ediciones anteriores, la proporción de praderas de la red de seguimiento en regresión por causas antrópicas parecía ser mayor que la diagnosticada en el momento actual. Las causas de este cambio de situación son diversas. Así, por ejemplo, la pradera de Isla del Fraile presentó tendencias regresivas durante los tres primeros años que se relacionaron con la influencia de una granja marina localizada en la zona. A medida que la serie temporal del estudio ha ido

ampliándose, las variaciones interanuales han ido modificando la tendencia inicial hacia una tendencia estable. Algo parecido se podría comentar para el caso de la pradera de Cala Reona, presumiblemente influenciada por los vertidos escapados de una rotura de un emisario próximo, que actualmente muestra una estructura de pradera con evolución progresiva. Estos resultados indican que, excepto para el caso de Cala Cerrada profunda, la presión antrópica de las praderas: a) es negligible o tiene una intensidad lo suficientemente baja como no causar ningún tipo de alteración a nivel de estructura de pradera, o b) los impactos considerados son capaces de causar una alteración leve de la estructura de la pradera, pero estos efectos son enmascarados por las variaciones interanuales propios de la pradera. Con los datos disponibles no es posible determinar en que situación se encuentra cada pradera. También desconocemos si dicha presión esta actuando a otros niveles de organización de la pradera. Además, esta situación podría cambiar, bien por una intensificación de los vertidos o bien por interacción con otros factores de tipo climático. Por tanto, para estas praderas no podemos concluir que no existe influencia o impacto antrópico y mientras persistan las causas de dicho impacto (vertidos orgánicos de la acuicultura y urbanos) éstas praderas deben seguir siendo controladas, aunque debería incluirse algún tipo de descriptor adicional para eliminar incertidumbre.

La pradera de Cala Cerrada es la que ha experimentado un impacto significativo de la actividad humana a consecuencia de la intensificación de la frecuentación derivada de actividades náuticas y buceo. En la parte somera de esta pradera se detectó inicialmente una regresión de la estructura de la pradera a consecuencia de un fondeo. Esta tendencia regresiva ha revertido en los últimos años en una tendencia progresiva, que podría ser interpretado como una recuperación del impacto inicial del fondeo. Es posible que el fondeo tuviera un impacto muy localizado cuya extensión se estabilizara en un par de años y en los años siguientes las condiciones han sido óptimas a favor del desarrollo vegetativo de la planta. La parte profunda de esta pradera es la que ha experimentado una regresión significativa a consecuencia del impacto continuado del fondeo y de la frecuentación por buceadores. Esta regresión ha supuesto la desaparición de varias decenas de metros cuadrados. El caso de Cala Cerrada, independientemente de la posible ralentización y/o recuperación del impacto inicial en su parte somera, sugiere la implementación de medidas urgentes de control de las actividades náuticas y de buceo en la zona, especialmente teniendo en cuenta que es una zona incluida en el LIC marino de Murcia y con un interés de conservación prioritaria en la futura reserva marina de Cabo Tiñoso.

Finalmente, los resultados obtenidos apuntan a que la regresión de las praderas de *Posidonia oceanica* tiene un carácter local, asociado bien a la presencia de actividad humana o bien a perturbaciones naturales locales (exposición a temporales, inundaciones de sedimento). Todas las praderas estudiadas bajo condiciones naturales presentan una dinámica estable o progresiva sobre un periodo de entre 4 y 6 años, excepto Cala Escalera profunda afectada por algún tipo de proceso erosivo aparentemente natural. Estos resultados están de acuerdo con otros trabajos en los que se muestra un balance positivo del desarrollo vegetativo de esta especie en zonas bien conservadas del Mediterráneo (González Correa et al. 2007). Estos trabajos, por tanto, no están de acuerdo con valoraciones realizadas por otros estudios en el Mediterráneo que establecen que las praderas de *P. oceanica* se encuentran en regresión generalizada en respuesta a la acumulación de efectos de la actividad humana y procesos climáticos globales (Marbà et al. 1996). No obstante no hay que descartar la posible

incidencia de cambios globales del clima en el estado de conservación de las mismas, especialmente las que se encuentran en condiciones ambientales extremas, como las praderas profundas o las de zonas con energía hidrodinámica muy elevada.



Figura 44. Detalle de dos estaciones de la red de seguimiento de las praderas de *P. oceanica* de la Región de Murcia. Fotografías: J.M. Ruiz

7.2.1. Referencias bibliográficas

- Alcoverro, T., C.M. Duarte and J. Romero. 1995. Annual growth dynamics of *Posidonia oceanica*: contribution of large-scale versus local factors to seasonality. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 120: 203-210.
- González-Correa JM, J Bayle, JL Sánchez-Lizaso, C Valle, P Sánchez-Jeréz, JM Ruiz. 2005. Recovery of deep *Posidonia oceanica* meadows degraded by trawling. *J Exp Mar Biol Ecol* 320: 65-76.
- González-Correa JM, JT BayleSempere, P Sánchez-Jeréz, C Valle. 2007. *Posidonia oceanica* Meadows are not declining globally. Analysis of population dynamics in marine protected areas of the Mediterranean Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 336: 111-119.
- Ruiz JM, M Pérez, J Romero. 2001. Effects of fish farm loading on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Marine Pollution Bulletin* 42: 749-760.
- Ruiz JM, J Romero. 2001. Effects of *in situ* experimental shading on the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series* 215: 107-120.
- Ruiz JM, C Marco Méndez and JL Sánchez Lizaso. 2009. Remote influence of off-shore fish farm waste on Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Mar. Environ. Res.* (2009), doi:10.1016/j.marenvres.2009.09.002

7.3 Calidad de los datos

La experiencia de los años anteriores ha ido obligando a realizar numerosas modificaciones de los métodos del proyecto tendentes a mejorar aspectos tan importantes como la seguridad de las inmersiones o la calidad científica de los datos. Estas modificaciones incluyen, entre otras, aspectos pedagógicos de la formación de los buceadores, reducción del número de participantes y reducción del número de mediciones. Así, tras seis años de experiencia, ha sido posible calibrar todos los factores y variables de la metodología empleada y nos ha permitido consolidar un protocolo definitivo para llevar a cabo con éxito este tipo de proyectos, obteniendo datos científicamente válidos. Este objetivo se ha confirmado mediante la realización de controles específicos de los descriptores. Así, por ejemplo, la instalación de cuadrados fijos de 40x40 cm en todas las estaciones de la red ha permitido contrastar la fiabilidad de las variaciones interanuales de la densidad de haces obtenidas mediante el método de medición de este descriptor.

7.4 Participación

Actualmente es uno de los proyectos más demandados como actividad alternativa por el colectivo de buceadores a nivel nacional y las críticas recibidas han sido siempre excelentes. Como todos los años la demanda de plazas fue muy superior al número total ofertado. La reducción de participación desde el año 2004 (tabla 17) se debe únicamente a criterios técnicos, del equipo científico del IEO. Con el fin de aumentar la seguridad en las inmersiones (participa personal cada vez más cualificado para bucear y la duración de las inmersiones se ajusta mejor a la curva de seguridad de la inmersión), la calidad de la formación también es mayor (lo cual se refleja en la elevada calidad del trabajo realizado por los voluntarios durante la inmersión) y todo repercute finalmente en una excelente calidad de resultados. Hay que destacar que no se ha producido ningún tipo de accidente de buceo durante las inmersiones, lo cual se debe también al excelente criterio de los centros de buceo a la hora de organizar y planificar la inmersión.

Algunos de estos aspectos se reflejan numéricamente en la siguiente tabla:

Año	Nº estaciones	Nº puntos/Est	Centros	nº Voluntarios
2004	9	10	8	107
2005	13	8	13	83
2006	14	6	10	49
2007	14	6	10	32
2008	14	6	11	47
2009	14	6	12	46

Tabla 17. Caracterización de la participación en 2009.

Como se ve en la tabla, el número total de buceadores participantes con la configuración actual del proyecto es de 56 (plazas ofertadas), pero finalmente han participado 46 personas en 2009 debido a que las condiciones meteorológicas adversas han obligado a suprimir alguna de las salidas planeada con los voluntarios.

8. CONCLUSIONES

Aspectos generales del proyecto:

1. La demanda de participación en el proyecto sigue siendo elevada, observándose un número de solicitudes superior al de las plazas ofertadas. Esta situación indica el elevado grado de interés social que despierta el proyecto siendo así como que los objetivos divulgativos del mismo se están alcanzado satisfactoriamente.
2. La experiencia acumulada hasta la fecha ha permitido refinar y definir un protocolo de trabajo que compatibiliza aspectos básicos como la seguridad de los buceadores participantes, las tareas de divulgación y la calidad científica de los datos obtenidos por los voluntarios.
3. individuos y tamaño de nacra (*P. nobilis*) ha sido una actividad introducida desde 2008 y de gran aceptación entre el público participante. Los buenos resultados obtenidos animan a continuar y perfeccionar estos censos con los voluntarios en las siguientes ediciones del proyecto.

Aspectos relativos al estado de las praderas:

4. El diagnóstico de muchas de las praderas estudiadas ha cambiado en relación al emitido en ediciones anteriores. Esto se debe al comportamiento no lineal de la evolución de los descriptores de la pradera y a la influencia de las fluctuaciones interanuales o plurianuales sobre las tendencias temporales a medida que aumenta el tamaño de la serie temporal. Se pone en evidencia, por tanto, la importancia de realizar este tipo de seguimientos a largo plazo, especialmente si sus resultados tienen trascendencia en aspectos relacionados con la gestión de los recursos naturales y la actividad humana.
5. La instalación de cuadrados fijos de 40x40 cm en todas las estaciones de la red durante el periodo 2007-2009, ha permitido comprobar que estas variaciones interanuales de los descriptores son cambios temporales reales relacionados con el balance neto anual de la dinámica poblacional de la pradera. Se descarta que este tipo de fluctuaciones se consecuencia de artefactos muestrales y, por tanto su interpretación tiene una base fundamentalmente biológica.
6. La mayor parte de las praderas que se encuentran bajo condiciones naturales han tenido una evolución estable o progresiva en el periodo 2004-2009. Tan solo una pradera presenta una tendencia clara y significativamente regresiva (Cala Escalera profunda), probablemente a consecuencia de perturbaciones aparente mente naturales.

7. De las praderas estudiadas sometidas a algún grado de presión antrópica, solo la que estaba expuesta a un grado intenso de perturbación ha demostrado tener una evolución clara y significativamente regresiva en el periodo 2004-2009. Esta estación es Cala Cerrada profunda y la causa es la erosión sobre el fondo por el fondeo no controlado y el paso de buceadores. Se recomienda la implantación de acciones de gestión urgentes para controlar el fondeo y el buceo en esta y otras (p.e. Isla Grosa) zonas de especial interés de conservación en las que esta actividad es (o puede ser) una amenaza para la pradera de *P. oceanica*.
8. El resto de praderas supuestamente sometidas a influencia antrópica presentan una evolución temporal con tendencia estable o progresiva en el periodo 2004-2009. Algunas de estas praderas han mostrado tendencias regresivas en ediciones anteriores que han revertido finalmente en estables o progresivas. En estas praderas no es posible discernir si: a) el impacto es nulo o tiene una intensidad lo suficientemente baja como no causar ningún tipo de alteración a nivel de estructura de pradera, o b) los impactos considerados son capaces de causar una alteración leve de la estructura de la pradera, pero estos efectos son enmascarados por las variaciones interanuales propios de la pradera. Por tanto, se recomienda continuar con el seguimiento de estas praderas incluyendo otros descriptores que permitan reducir este grado de incertidumbre.
9. Los resultados obtenidos apuntan a que la regresión de las praderas de *Posidonia oceanica* en la Región de Murcia, bien de origen natural o bien de origen antrópico, es de carácter local. Por tanto, se descarta la posibilidad de una regresión general de las praderas de *Posidonia oceanica* de la Región de Murcia a consecuencia de cambios ambientales a escala regional o global, tal y como se ha sugerido desde otros ámbitos científicos.
10. A pesar de la conclusión anterior, la posibilidad de que la estructura de las praderas se vea afectada a largo plazo por el impacto del cambio climático global no debe ser descartada y, en este sentido, se debe prestar especial atención a praderas que está próximas a condiciones ambientales extremas (respecto al rango normal de condiciones ambientales a las que se encuentran adaptadas), como las praderas profundas o las que se encuentran en zonas de energía hidrodinámica especialmente intensa (p.e. Cabos).

ANEXO I. Floración en las praderas de Posidonia oceanica de la Región de Murcia en 2009

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

Posidonia oceanica, como el resto de fanerógamas marinas, es capaz de reproducirse mediante fenómenos de reproducción sexual que implican el desarrollo de flores bien diferenciadas. Sin embargo, estos mecanismos de reproducción sexual no son tan frecuentes como los observados en otras especies y tienen una importancia menor en los procesos de colonización y dispersión de la especie respecto a los fenómenos asexuales o vegetativos (a través del crecimiento del rizoma horizontal).

El ciclo sexual de *P. oceanica* se puede resumir en cuatro fases bien diferenciadas, a saber:

1. *Floración*: las flores aparecen a principios de otoño, agrupadas en inflorescencias a modo de espiga (ver figura 1). Cada espiga contiene varias espigas más pequeñas, denominadas especulas, en las que se desarrollan varias flores hermafroditas. Cada flor posee un solo óvulo y varias anteras dehiscentes, visibles a simple vista normalmente a partir del mes de diciembre, en las que se forman grandes cantidades de un polen especialmente adaptado a la dispersión en medio acuático.
2. *Fecundación y formación del fruto*: La fecundación tiene lugar normalmente sobre el mes de octubre. Los óvulos una vez fecundados se van engrosando hasta formar el fruto, que por su particular aspecto similar a una oliva son conocidos vulgarmente como “oliva de mar” y que suelen ser visibles en la pradera en el mes de diciembre.
3. *Dispersión del fruto y germinación de la semilla*: Una vez maduros, los frutos se desprende de la planta y como consecuencia de su flotabilidad positiva se desplazan hasta la superficie, dispersándose entonces a la deriva. Cuando el fruto se abre, se 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 (ver figura 1).

La floración de *P. oceanica* es un fenómeno esporádico e irregular que presenta una gran variabilidad temporal y espacial (Díaz Almela et al., 2006; Díaz Almela et al., 2007; Borum & Greve, 2004) Además, como consecuencia de fenómenos naturales como los efectos erosivos asociados a un fuerte hidrodinamismo o el herbivorismo una buena parte de las flores no acaba generando frutos. Los frutos a su vez presentan una probabilidad baja de germinar, enraizar y sobrevivir a la inestabilidad del sedimento. Por tanto la formación de una nueva mancha de pradera a partir de semillas es, como se comentaba, anteriormente poco probable.

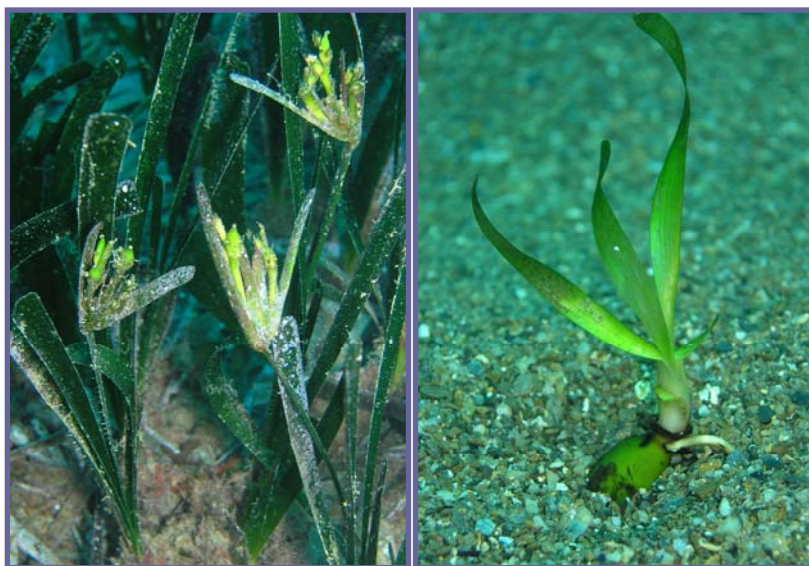


Figura 1. Detalle de una inflorescencia de *P. oceanica* (izquierda.) y de una semilla después de la germinación (derecha.).

La floración es un fenómeno escaso y aparentemente impredecible si bien parecen existir unas pautas cíclicas que podrían estar relacionadas a su vez con cambios cíclicos ambientales (Díaz Almela et al., 2007). En relación a este aspecto cabe indicar que diversos autores han sugerido que los fenómenos de floración podrían verse favorecidos o motivados por anomalías en la temperatura del mar, especialmente ante periodos en los que se produce un mayor calentamiento de la masa de agua (veranos calurosos). La floración sería en estos casos una respuesta a procesos de degradación de la pradera asociado a fenómenos de estrés térmico, tal y como ya ha sido descrito en plantas terrestres (Díaz Almela et al., 2007). En cualquier caso, los mecanismos responsables de esta respuesta siguen siendo desconocidos.

El número de haces en floración en las praderas de *P. oceanica* suele presentar unos valores relativamente bajos, inferiores al 3%, si bien se han descrito fenómenos de floración masiva en los que se han obtenido valores superiores al 10%. (Díaz Almela et al., 2006; Borum & Greve, 2004). En el caso de la Región de Murcia existe poca información relativa a eventos de reproducción, observándose en los pocos estudios desarrollados valores inferiores al 1% de haces en floración (Díaz Almela et al., 2006). Las importantes variaciones observadas en la intensidad de floración de las praderas del mediterráneo han sido asociadas, además de a los fenómenos de calentamiento del mar antes mencionados, a factores locales como la profundidad o la disponibilidad de nutrientes.

En cualquier caso, como ya se comentaba anteriormente, la importancia de la reproducción sexual en *P. oceanica* es todavía poca conocida. La floración de fanerógamas, el desarrollo completo de los frutos y la germinación de la semilla, constituyen indicadores inequívocos del buen estado y vigor de las praderas. Además, fenómenos como el cambio climático pueden a su vez tener consecuencias sobre la fenología reproductiva (variaciones en la intensidad de floración, por ejemplo) que a su vez puede ser uno de los mecanismos implicados en los cambios en la distribución y abundancia a pequeña y gran escala de las praderas de *P. oceanica* (Díaz Almela et al., 2007). Por tanto, el estudio de los fenómenos de floración en las praderas de la red

de seguimiento puede ser importante para valorar el funcionamiento y estado ecológico de las praderas a largo plazo. En el presente anexo se muestran los resultados obtenidos en la campaña de 2009.

2. METODOLOGÍA.

Para la caracterización cuantitativa de los procesos de floración en las distintas praderas de estudio se determinó el índice de intensidad de floración (FI), entendido este como el número de flores producidas por cada haz (n° inflorescencias haz^{-1}). Para la estima de esta variable se cuantifico el número de inflorescencias y haces presentes en nueve cuadrados ($0,04\text{m}^2$) dispuestos al azar en zonas de máxima densidad de pradera en cada una de las estaciones sobre una superficie de aproximadamente 600m^2 (ver apartado 5 del presente documento), así como en los seis cuadrados fijos ($0,16\text{m}^2$) instalados en cada estación para el seguimiento de la pradera (ver anexo IV). Se anotaba además la presencia de inflorescencias fuera de los cuadrados de muestreo. Todos los muestreos fueron realizados entre octubre y noviembre de 2009, que es la época del año en que aparecen las inflorescencias.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los principales resultados obtenidos, relativos a los valores de FI obtenidos en las distintas praderas objeto de estudio se muestran en la tabla 1. Se observó la presencia de inflorescencias en todas las estaciones de muestreo. En la Figura 1 se muestra la distribución de frecuencias para los valores de FI obtenidos en todos los cuadrados de muestreo ($N = 208$). El 92% de las observaciones cae en el rango de $\text{FI} = 0-0,015$ inflorescencias haz^{-1} y el 8% restante en el rango de FI entre 0,015 y 0,095 inflorescencias haz^{-1} , con un valor medio de la distribución marcadamente sesgado hacia valores muy próximos a cero ($0,0033 \pm 0,012$ inflorescencias haz^{-1}). Este tipo de distribución es debido al marcado agrupamiento de las inflorescencias en manchas y su elevada dispersión en las praderas estudiadas.

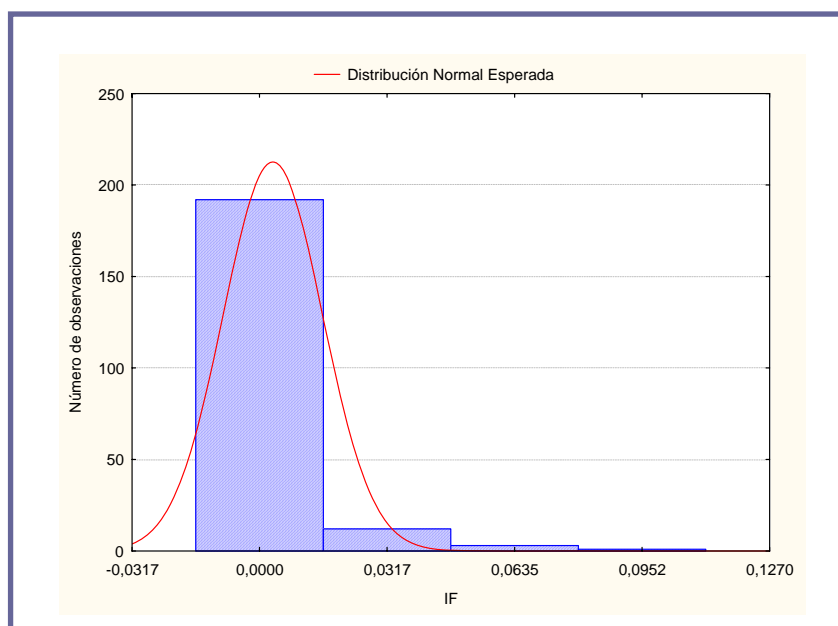


Figura 2. Distribución de frecuencias de los valores de FI medidos en los cuadrados de muestreo.

El valor medio del IF en las praderas en las que aparecieron inflorescencias en los cuadrados de muestreo (5 de un total de 14) varía entre $0,006 \pm 0,003$ y $0,021 \pm 0,012$ inflorescencias haz^{-1} . En el resto de praderas no se observaron inflorescencias dentro de los cuadrados de muestreo, pero sí fuera de los mismos, asignándosele un valor de IF entre cero y 0,006 p.e. 0,003, que es el mínimo del FI anual observado en praderas del Mediterráneo Occidental (Díaz Almela et al. 2005). Los valores mínimos de IF se registraron en Isla Plana Poniente ($0,006$ flores haces^{-1}) y los valores máximos se obtuvieron en Cala Túnez ($0,021$ y $0,010$ inflorescencias haz^{-1}).

ESTACIÓN	Prof. m	Cobertura %	Densidad haces m^2	IF (inflorescencias haz^{-1})	
				rango	Media (ES)
E2_ CALA TUNEZ	6	44,56	49,56	0 - 0,095	0,015 (0,005)
E3_ CALA ESCALERA SOMERA	7	44,37	47,67	+	0,003
E5_ CALA CERRADA SOMERA	12	24,33	24,33	+	0,003
E6_ CALA CERRADA PROFUNDA	20	9,69	3,33	0 - 0,071	0,004 (0,004)
E7_ PLAYA DE LA AZOHÍA	17	24,03	28,22	0 - 0,021	0,004 (0,004)
E8_ ISLA PLANA LEVANTE	6	42,26	33,11	+	0,003
E9_ CALABARDINA	15	22,28	31,44	0 - 0,043	0,006 (0,006)
E10_ ISLA DEL FRAILE	15	28,49	31,33	+	0,003
E11_ ISLA PLANA PONIENTE	2	76,85	64,00	0 - 0,041	0,008 (0,002)
E12_ ISLA GROSA	5	51,19	43,11	+	0,003
E13_ CALA ESCALERA PROFUNDA	17	10,95	24,67	0 - 0,05	0,005 (0,005)
E14_ PUERTO TOMÁS MAESTRE	7	43,00	48,67	+	0,003
E15_ ISLA DE LAS PALOMAS	16	26,81	23,44	+	0,003
E16_ CALA REONA	6	29,76	49,56	+	0,003

Tabla 1. Rangos de IF obtenidos en los cuadrados de muestreo y valores medios (\pm ES) para cada pradera. De cada pradera se indica además la profundidad, su densidad de haces y cobertura.(+) : presencia de inflorescencias en la pradera .

Teniendo en cuenta estos resultados, el promedio del FI medio obtenido para todas las praderas estudiadas (en total 14, incluyendo las que no se observaron flores dentro de los cuadrados) fue de $0,005 \pm 0,015$ inflorescencias haz^{-1} , que supone unos porcentajes de haces con inflorescencias por debajo del 1%.

Los valores medios de IF obtenidos para todas las praderas estudiadas son del orden de los valores mínimos de floración anual observados en el mediterráneo occidental durante el periodo 1972-2004 ($0,003$ inflorescencias haz^{-1} , año 1984; Díaz Almela et al., 2006) y se sitúan en un orden de magnitud por debajo de los observados en praderas de Región de Murcia durante los fenómenos de floración masiva ocurridos en los años 2003 y 2004 ($0,02$ inflorescencias haz^{-1} en 2003 y $0,05$ inflorescencias haz^{-1} en 2004; Díaz Almela et al., 2006).

En conclusión, la floración en las praderas de *P. oceanica* de la Región de Murcia en 2009 ha sido un fenómeno extensivo. En promedio, la intensidad del fenómeno es baja ($< 1\%$) debido a la elevada heterogeneidad de las manchas de inflorescencias tanto dentro como entre praderas. A pesar de ello en algunas praderas (Cala Túnez, Cala Cerrada profunda, La Azohía, Calabardina, Isla Plana poniente y Cala Escalera profunda) se han observado manchas de inflorescencias muy densas (hasta un 3,3% de haces con inflorescencias).

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Díaz-Almela E., Marbá N., Álvarez E., Balestri E., Ruiz-Fernandez J.M., Duarte C.M. 2006. Patterns in seagrass (*Posidonia oceanica*) flowering in the Western Mediterranean. *Marine Biology*, 148, 732-742.

Díaz-Almela E., Marbá N., Duarte C.M.. 2007. Consequences of Mediterranean warming events in seagrass (*Posidonia oceanica*) flowering records. 2007. *Global Change Biology*, 13, 224-235.

Borum J., Greve T.M. 2004. The four seagrass species. In: *European Seagrasses: an introduction to monitoring and management*. Borum, Duarte, Krause-Jensen y Greve Eds. Publ. UE.

ANEXO II. Dimensiones de los ejemplares de nacra (*Pinna nobilis*) encontrados en todas las estaciones.

ESTACIÓN	AÑO	TRANSECTO	NACRA #	ALTURA DESDE SUSTRATO (HS)	ANCHURA TOTAL (AT)	ANCHURA EN LA BASE (AS)
	2009	1	N22	29	29	24
	2009	1	N23	37	24	19
	2009	1	N24	37	23	15
	2009	1	N25	39	20	15
	2009	1	N26	19	12	11
	2009	1	N27	43	24	13
	2009	2	N28	23	11,5	18
	2009	2	N29	27	19	14
	2009	2	N30	44	22	11
	2009	2	N31	39	20	13
	2009	2	N32	31	22	17
	2009	2	N33	11	6	5
	2009	2	N34	42	17	1
	2009	2	N35	35	20	18
	2009	2	N36	23	20	15
	2009	2	N37	30	20	13
	2009	2	N38	27	19	17
	2009	2	N39	22	17	12
	2009	2	N40	61	23	1
	2009	2	N41	30	23	17
	2009	2	N42	22	17	15
	2009	2	N43	24	21	15
	2009	2	N44	25	23	16
	2009	3	N45	33	21	13
	2009	3	N46	30	20	16
	2009	3	N47	33	16	7
	2009	3	N48	35	19	15
	2009	3	N49	32	20	17
	2009	3	N50	27	22	17
	2009	3	N51	25	17	13
	2009	3	N52	32	21	18
	2009	3	N53	26	18	15
	2009	4	N54	21	16	14
ISLA GROSA	2009	4	N55	30	19	13
	2009	4	N56	35	18	13
	2009	4	N57	25	19	13
	2009	4	N58	29	20	14
	2009	4	N59	27	23	22
	2009	4	N60	39	23	18
	2009	4	N61	19	16	16
	2009	4	N62	35	20	13
	2009	4	N63	32	22	20
	2009	4	N64	33	19	16
	2009	4	N65	27	18	15
	2009	4	N66	24	18	15
	2009	4	N67	13	14	12
	2009	5	N68	25	17	10
	2009	5	N69	13	12	8
	2009	5	N70	28	20	15
	2009	5	N71	30	16	8
	2009	5	N72	39	21	15
	2009	5	N73	30	20	11
	2009	5	N74	28	17	12
	2009	5	N75	26	18	13
	2009	5	N76	28	18	11
	2009	5	N77	31	21	14
	2009	5	N78	38	24	15
	2009	6	N79	32	19	13
	2009	6	N80	34	19	16
	2009	6	N81	32	21	13
	2009	6	N82	34	20	11
	2009	6	N83	24	19	10
	2009	6	N84	16	8	5
	2009	6	N85	33	20	12
	2009	6	N86	40	23	13
	2009	6	N87	31	17	8
	2009	6	N88	33	21	13
Media total				29,96	19,14	13,52
SEM				0,98	0,45	0,50

ESTACIÓN	AÑO	TRANSECTO	NACRA #	ALTURA DESDE SUSTRATO (HS)	ANCHURA TOTAL (AT)	ANCHURA EN LA BASE (AS)
LA AZOHIA	2009	3	N1	20	32	27
	2009	3	N2	22	18	13
	2009	3	N3	33	27	21
	2009	4	N4	30	30	24
	2009	5	N5	25	21	14
	2009	5	N6	32	26	20
	2009	5	N7	33	21	13
Media total				27,86	25,00	18,86
SEM				2,06	1,95	2,13
ISLA PLANA LEVANTE	2009	2	N8	25	13	9
	2009	2	N9	33	20	13
	2009	5	N10	36	20	28
	2009	5	N11	37	21	41
	2009	5	N12	23	16	8
	2009	6	N13	32	20	32
	2009	6	N14	36	20	33
	2009	6	N15	27	18	8
Media total				31,13	18,50	21,50
SEM				1,92	0,96	4,74
CUEVA DE LA VIRGEN	2009	4	N16	45	21	17
	2009	4	N17	41	41	16
Media total				43,00	31,00	16,50
SEM				2,00	10,00	0,50
ISLA DEL FRAILE	2009	2	N18	27	23	16
	2009	3	N19	31	24	19
	2009	5	N20	7	3,5	
	2009	5	N21	38	24	15
Media total				25,75	18,63	16,67
SEM				6,65	5,05	1,04
TOMAS MAESTRE	2009	1	N89	26	18	11
	2009	1	N90	10	8	6
	2009	1	N91	15	13	10
	2009	6	N92	9	7,5	4,5
Media total				15,00	11,63	7,88
SEM				3,89	2,46	1,56
ISLA DE LAS PALOMAS	2009	2	N93	25	19	11
	2009	2	N94	28	18	11
	2009	3	N95	28	22	15
	2009	6	N96	24	21	14
Media total				26,25	20,00	12,75
SEM				1,03	0,91	1,03
CALA REONA	2009	3	N97	25	17	2
Media total						
SEM						

ANEXO III. Distribución y dispersión del alga invasora *Caulerpa racemosa* en el litoral de la Región de Murcia

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

El alga exótica invasora *Caulerpa racemosa* var *cylindracea* alcanzó las costas murcianas en 2005. Desde entonces su expansión en la costa murciana ha sido muy rápida y ha llegado a cubrir considerables superficies entre 10 y 30 metros de profundidad. Todos los detalles de esta expansión entre 2005 y 2007 pueden ser consultados en la memoria de 2007 de este proyecto.

En las superficies ocupadas el alga llega a alcanzar importantes biomasas que recubren por completo la comunidad bentónica original e interfiere en los flujos de intercambio entre el agua y los sedimentos. Sin embargo, tanto el grado de desarrollo del alga como su interacción con las comunidades nativas originales depende de numerosos factores, tanto abióticos (profundidad, luz, temperatura, naturaleza del sustrato, etc.) como bióticos (herbívoros y estructura de la comunidad). Por tanto, se observa mucha variación del grado de colonización del alga no solo entre localidades sino también dentro de una misma localidad. No todas las comunidades están siendo igualmente afectadas. Mientras las comunidades de algas fotófilas (y las de *maërl* en algunos sitios p.e. Cbo Tiñoso) están siendo completamente cubiertas y desplazadas por el alga, algunas comunidades de algas con un estrato “arbóreo” bien desarrollado (p.e. la comunidad de *maërl* de Calblanque) y las praderas de *Posidonia oceanica* parecen ofrecer resistencia a la penetración del alga.



Figura 1. Fondos invadidos por *Caulerpa racemosa* en Cabo Tiñoso . Fotografías: J.M. Ruiz

Junto con otros aspectos no abordados por este proyecto, el seguimiento y conocimiento de estas interacciones entre el alga invasora y las comunidades nativas es en este momento importante para comprender y valorar cuales van a ser las consecuencias de esta invasión, tanto a nivel de ecosistema como a nivel de la actividad del hombre sobre los recursos marinos que dependen del buen funcionamiento de los ecosistemas, como la actividad pesquera. De acuerdo con esto y los objetivos de este proyecto, nuestro equipo va a continuar documentando la dispersión geográfica del alga en nuestra región, pero nuestro mayor interés se va a enfocar

hacia la interacción del alga invasora con la pradera de *P. oceanica*.

2. METODOLOGÍA

a) Dispersión geográfica. En 2009 se ha obtenido nueva información sobre la distribución del alga en la Región de Murcia, bien directamente, a través de las inmersiones del grupo investigador, o bien indirectamente, a través de avisos fiables por parte de particulares, centros de buceo, buceadores deportivos, consultoras y otros centros de investigación. Tras solicitar los correspondientes permisos, se han realizado un total de 15 inmersiones en la RMIP de Cabo de Palos-Islas Hormigas para detectar la presencia del alga invasora en las zonas de mayor sensibilidad ecológica. Las charlas de formación impartidas a los buceadores voluntarios participantes en los muestreos del proyecto ha sido el principal vehículo de difusión de la problemática del alga.

b) Interacción con *P. oceanica*. El estudio de la interacción del alga con la pradera de *P. oceanica* se ha realizado en tres localidades en las que la presencia y dispersión del alga se ha producido con especial intensidad y se encuentra bien documentada en informes anteriores: Isla Grosa (-11 m), Calblanque (-25-26 m) y Cabo Tiñoso (El Muellecico, -22 m). En cada una de estas localidades, las dos cuestiones fundamentales a valorar son i) la capacidad de penetración del alga dentro de la pradera y ii) una vez consigue penetrar en la pradera ¿es capaz de alterar la estructura de la pradera?. Ambas cuestiones apenas han sido evaluadas en el Mediterráneo, aunque muchos investigadores han pronosticado la regresión de las praderas en zonas colonizadas por el alga. Para responder a estas cuestiones, en cada estación se instalaron cuadrados fijos de 40x40 cm en los límites de pradera en contacto con sustratos completamente colonizados por el alga (biomasa entre 16 y 63 g PS m⁻², datos no publicados). En los cuadrados se han realizado recuentos muy precisos del número de haces de *P. oceanica* para conocer el balance poblacional neto anual. Los resultados de estos trabajos forman parte de una investigación en curso y serán publicados al finalizar la misma. Para obtener información adicional sobre este tema contactar directamente con Juan Manuel Ruiz (jmruiz@mu.ieo.es)



Figura 2. Fondos invadidos por *C. racemosa* en Isla Grosa (-12 m; izda.) y Calblanque (-26 m; dcha).
Fotografías: J.M. Ruiz

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Dispersión geográfica: evolución y situación actual.

En la figura 2 se ilustra la dispersión del alga invasora en los fondos de la Región de Murcia desde la aparición de la primera colonia en Calblanque en 2005 hasta 2008.

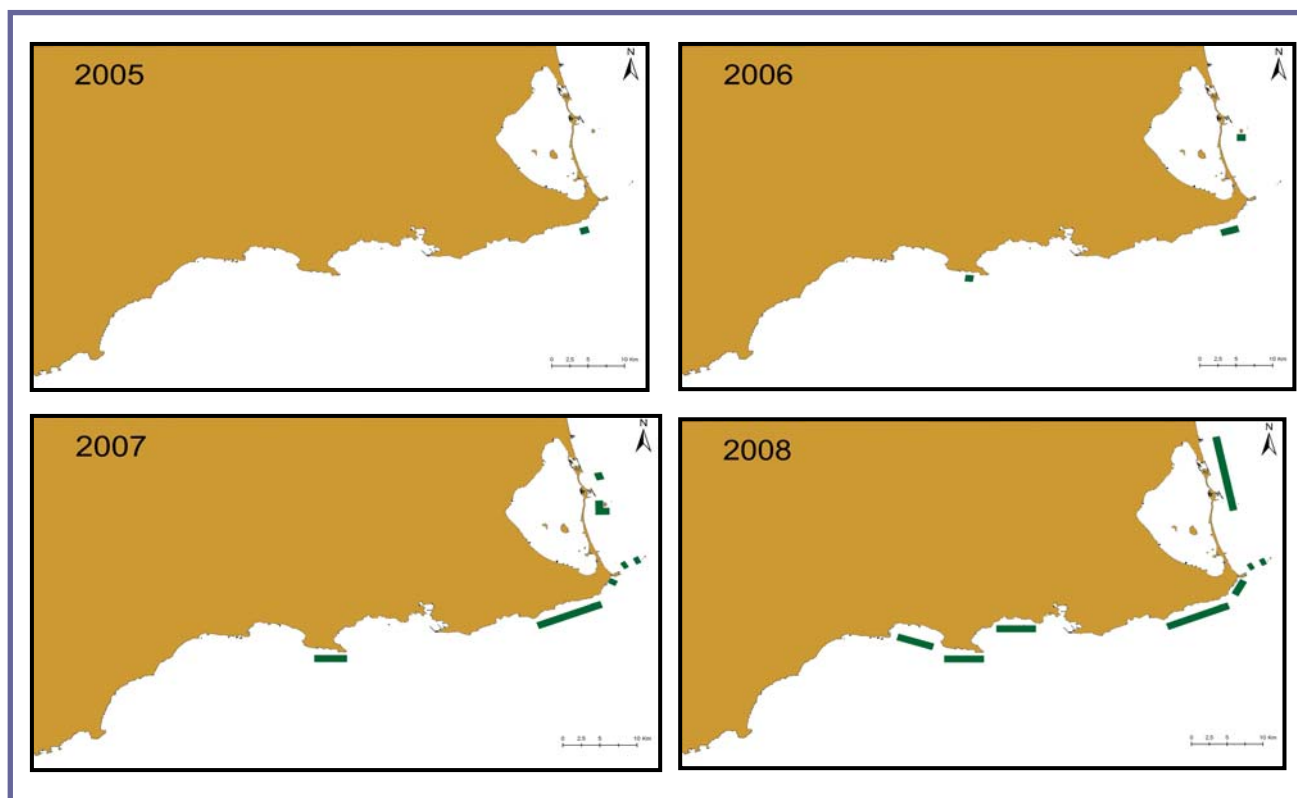


Figura 3. Fondos invadidos por *C. racemosa* en Isla Grosa (-12 m; izda.) y Calblanque (-26 m; dcha).

En 2009, la información recabada permite afirmar que la presencia del alga en la Región de Murcia es casi total. La presencia de *C. racemosa* se ha confirmado para todo el sector sur-occidental, desde Mazarrón hasta el límite provincial con Almería. En esta zona, el alga se encuentra presente tanto en comunidades mediolitorales como en zonas más profundas, sobre comunidades de detritico.

Se confirma la presencia del alga frente todo el litoral de La Manga hasta Cabo de Palos a partir del límite inferior de la pradera de *P. oceanica*. También ha sido observada en zonas someras frente la playa de El Mojón (S. Pedro del Pinatar) y la superficie de fondo colonizado en Isla Grosa también ha aumentado.

En la Reserva Marina de Cabo de Palos-Islas Hormigas, la superficie colonizada por el alga también ha aumentado considerablemente, encontrándose presente en todas las calas de Cabo de Palos. En los bajos que forman parte del núcleo central de la reserva, se mantienen las antiguas colonias detectadas en Isla Hormiga y Piles II y han aparecido nuevas colonias en Piles

I y en el bajo de El Mosquito. En 2007 el perímetro de la colonia de Isla Hormiga, a -32 m de profundidad, fue delimitado con piquetas y su superficie era de unos 3 m². En la actualidad esta mancha se ha extendido sobre una superficie mucho mayor en dirección norte, colonizando la comunidad de maërl hasta una profundidad de más de 37 m. Debido a limitaciones del buceo autónomo, no se pudo determinar la profundidad máxima alcanzada por el alga ni los límites hacia el norte, pero se sospecha que continua en dirección norte uniéndose a las zonas ya colonizadas frente a La Manga sobre ese mismo rango batimétrico. A parte de la comunidad de maërl, no se ha observado el alga colonizando otra comunidad, ni siquiera las comunidades de coralígeno con formaciones densas de gorgonias (*Eunicella spp*) presentes en las zonas inmediatamente adyacentes.



Figura 4. Fondos invadidos por *C. racemosa* en Cabo de Palos.. En la imagen de la derecha se observa la situación actual de la primera mancha de *C. racemosa* observada en 2007. Fotografías: J.M. Ruiz

En el bajo de El Mosquito, se detectó una mancha del alga de unos 2 m² a 18 m de profundidad y otra de menos de 1 m². Tampoco aquí se ha observado colonización del alga en la comunidad de coralígeno.

A pesar de esta continua expansión del alga a lo largo de la geografía del litoral murciano, desde otoño de 2009 hemos constatado un proceso de regresión del alga en algunas zonas que han estado densamente colonizadas desde 2005. En verano, las poblaciones ya existentes de Cabo Tiñoso, Calblanque, Isla de las Palomas e Isla Grosa, se encontraban con un grado de desarrollo vegetativo visiblemente avanzado y similar al observado en años anteriores. Sin embargo, a partir de septiembre de 2009, justo después de unas lluvias torrenciales y unos fuertes temporales de poniente, las inmersiones realizadas por el grupo de investigación pudieron constatar la desaparición total del alga en las mencionadas zonas.

Teniendo en cuenta que los meses de otoño son los que el alga presenta su máximo de desarrollo vegetativo y que este tipo de fluctuaciones estacionales de *C. racemosa* solo se han descrito en zonas muy someras, el suceso descrito resulta bastante llamativo y, aunque es todavía prematuro, podría sugerir un síntoma de regresión del alga en la región. En todas las zonas mencionadas (excepto en Isla Grosa), el alga ha estado presente sin apenas cambiar su abundancia a lo largo de todo el año, incluso en los meses de invierno con temperaturas del agua de 13°C.

Esta dinámica de colonización-desaparición a medio y largo plazo ha sido descrita para otras algas invasoras, incluyendo especies del mismo género como *C. taxifolia*, que actualmente se encuentra en regresión en muchas de las zonas densamente colonizadas en el Mediterráneo desde los años 80. No obstante, como ya se ha comentado, es muy temprano para concluir algo así y habría que esperar a ver como evoluciona el alga en las zonas mencionadas a lo largo de 2010 para comprobar si esta regresión forma parte de un ciclo estacional o del inicio de un proceso de regresión.

4. CONCLUSIONES

- a) En 2009, el alga invasora *C. racemosa* se encuentra ya presente a lo largo de toda la geografía del litoral de la Región de Murcia, aunque su presencia no es homogénea entre sitios y profundidades.
- b) La presencia del alga invasora en la reserva marina de Cabo de Palos-Islas Hormigas ha aumentado en los últimos años, pero la extensión de la superficie colonizada es todavía bastante limitada y parece estar restringida a los fondos de detrítico con maërl. Por ahora no parece ser una amenaza para las comunidades de coralígeno con facies de gorgonias especialmente abundantes y desarrolladas en este espacio marino protegido.
- c) A pesar de su expansión creciente a escala regional, desde otoño de 2009 el alga invasora ha desaparecido por completo de amplias extensiones de fondos en los que el alga había desarrollado densas y extensas colonias (Cabo Tiñoso, Calblanque e Isla Grosa). Se desconoce si se trata de un fenómeno estacional o de un síntoma inicial de regresión a gran escala similar al documentado en el Mediterráneo para su congénere invasor *C. taxifolia*.
- d) Por ahora, los estudios realizados en localidades con praderas de *P. oceanica* colonizadas por el alga invasora, confirman la resistencia de este hábitat a ser invadidas por el alga. Durante un periodo de tres años (2007-2009) el alga apenas ha sido capaz de penetrar en el interior de la pradera y de causar la más mínima alteración de su estructura y dinámica poblacional. Investigaciones paralelas llevadas a cabo por el grupo de investigación del IEO indican que el mantenimiento de la cubierta foliar de la pradera actúa a modo de barrera contra la dispersión del alga limitando la luz para su crecimiento. No obstante, será necesario prolongar el estudio para conocer si la interacción competitiva entre ambos macrófitos cambia en algún sentido a largo plazo.

**ANEXO IV. COORDINACIÓN DE REDES DE CONTROL DE
POSIDONIA OCEANICA DEL LITORAL MEDITERRANEO ESPAÑOL**

En 2009, la Fundación Biodiversidad, ha financiado el proyecto POSIMED cuyo objetivo principal ha sido la integración en una red nacional de todas las redes de seguimiento de *Posidonia oceanica* actualmente en funcionamiento en el litoral Mediterráneo español. El proyecto ha sido coordinado por el Institut de Ecologia Litoral, responsable de la red de Posidonia de la Comunidad Valenciana, y han participado los responsables del resto de redes:

- Cataluña: Generalitat de Catalunya.
- Baleares: Dirección General de Pesca del Gobierno Balear y Consell de Menorca
- Murcia: Instituto Español de Oceanografía y Servicio de Pesca y Acuicultura de la Comunidad Autónoma de Murcia.

Han participado también otras comunidades autónomas en las que la implantación de una red de posidonia está en marcha o en proyecto:

- Andalucía: Junta de Andalucía
- Melilla: Ecologistas en Acción.

Con esta iniciativa se pretenden alcanzar una serie de objetivos específicos:

- Crear una herramienta para contribuir al conocimiento del funcionamiento a largo plazo de las praderas de *P. oceanica* a gran escala.
- Crear un entorno general común que facilite la difusión de los datos obtenidos por las diferentes redes y su aplicación a gestión e investigación.
- Crear un entorno general común que fomente y facilite la participación ciudadana en los objetivos de las diferentes redes, principalmente como buceadores voluntarios.

Para alcanzar dichos objetivos, el proyecto contemplaba tres acciones que han sido desarrolladas a lo largo de 2009:

1. *Creación de una página web del proyecto.*

La dirección de la página web es www.posimed.org y en ella se pueden obtener contenidos comunes de todas las redes y contenidos específicos de cada una de ellas: noticias, resultados, informes, publicaciones, convocatorias, fotografías, vídeos, etc. La página contiene además una parte privada a la que tienen acceso los voluntarios participantes en la que pueden comunicarse a través de sus propios blogs y página web.

2. *Comparación de metodologías de muestreo*

Los métodos empleados para la medición del estado de la pradera de *P. oceanica* difieren entre las diferentes redes. Estas diferencias son lo suficientemente importantes como para que los resultados obtenidos en diferentes regiones geográficas no sean comparables entre sí. Para cuantificar estas diferencias, se realizó una campaña en Formentera a la que asistieron representantes todas las redes y aplicaron simultáneamente sus respectivos métodos sobre una serie de praderas. Los resultados pusieron en evidencia que las diferencias entre métodos son significativas. A raíz de estos resultados, una homogenización de metodologías pondría en

riesgo las series históricas de datos obtenidas por las diferentes redes, aunque ha sido un ejercicio sumamente positivo como análisis crítico de las metodologías, su aplicación e interpretación de resultados obtenidos por las mismas.

3. Intercambio de voluntarios

En septiembre se celebró en L'Startit (Gerona) una reunión de voluntarios participantes en las diferentes redes y sus respectivos voluntarios. El objetivo de esta reunión ha sido comprobar los errores de muestreo cometidos por grupos de voluntarios de diferentes procedencias empleando un mismo método de muestreo. Para ello se organizó un ejercicio de muestreo en diferentes praderas de la zona empleando las técnicas de muestreo normalmente utilizadas en la red de Cataluña. Los resultados fueron bastante satisfactorios y demostraron que los diferentes grupos de voluntarios produjeron resultados similares. De esta experiencia surge la idea de repetir cada año unas jornadas de intercambio de voluntarios que además fomentaría la difusión e interconexión entre los diferentes proyectos de seguimiento.

La divulgación del proyecto se ha llevado a cabo además mediante la distribución de 10.000 trípticos y 500 carteles en centros de buceo, instituciones, asociaciones, ONG's, etc.

Información más detallada de los resultados de estas experiencias contempladas en el proyecto POSIMED puede ser consultada en la página web del proyecto.

ANEXO V. Listado de buceadores voluntarios participantes 2009

NOMBRE	APELLIDOS
José	Mateos Jiménez
Eric	Fluet Sánchez
Javier	Hernández Espinosa
Giosue	D'orazio
Daniel	Vera Muñoz
Rafael	Ruiz García
Concha	Alcaraz Sánchez
Beatriz	Pérez Gázquez
Fco. Javier	Olmo Alonso
Enrique	Díaz Bernabé
José Luis	Sánchez-Migallon Egea
Jesús Fernando	López Soto
Gimena	García de la Serna
M ^a Pilar	Gómez Sáez
Yago	Fernández Gutiérrez
Vanessa	Gutiérrez Extremadura
Javier	Goynes Torres del Molino
José Antonio	Vidal Martines
Oscar	Sánchez Hernández
Juan Pedro	Iglesias Viudes
Iratxe	Guelbenzu
Miguel Ángel	Contreras Delgado
Carlos	Ruiz Galindo
Lucia	González García
José Gines	Ros Morales
Edward	Benson
Pilar	Díaz Sánchez
Antonio Fernando	Antolinos Botía
Pedro José	Robles López
Ana Maria	Morales Serrano
David	Parra Perep
Nerea	Alonso Duran
Juan Carlos	Valdés Albistur Hellín
Emilio	Vázquez Rubio
Julián	Blázquez
Enrique	Viejo Morano
Borja	Carmona
Federico	García

NOMBRE	APELLIDOS
<i>Carlos Antonio</i>	<i>Zamorano</i>
<i>Mercedes</i>	<i>Arévalo</i>
<i>Quique</i>	<i>García</i>
<i>Antonio</i>	<i>Arnao</i>
<i>Aurora</i>	<i>Requena</i>
<i>Francisco</i>	<i>Esteban</i>
<i>Manuel</i>	<i>González Díaz</i>
<i>Ángel</i>	<i>Hernández Contreras</i>

ANEXO VI. Dossier fotográfico

a. Voluntarios 2009





b. Formación y trabajo de campo





c. Equipo investigador



