



**HÁBITATS DE *POSIDONIA OCEANICA*: CENSO DE NACRAS (*Pinna nobilis*)
EN ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS MARINOS
DE LA COMUNIDAD VALENCIANA**



Obra Social
Fundación "la Caixa"



**GENERALITAT
VALENCIANA**

CONSELLERIA DE INFRAESTRUCTURAS,
TERRITORI I MEDIU AMBIENT

vaersa
grupo
GENERALITAT VALENCIANA

Documento elaborado por:

Ángel Manuel Enguix Egea (Dirección facultativa)
Jesús Enrique Argente García
Vicente Castañer Franch
Javier Chicharro Gil
Zafira Ferrer Allkins

Proyecto Financiado por:

Fundación Obra Social La Caixa



Obra Social

Fundación "la Caixa"

EQUIPO DE TRABAJO

Ángel Manuel Enguíx Egea¹

Jesús Enrique Argente García²

Vicente Castañer Franch²

Zafira Ferrer Allkins²

Javier Chicharro Gil²

María García Sanz³

Jaime Bernardeau Esteller⁴

Eduardo Mínguez⁴

¹ Jefe de sección en gestión de proyectos en espacios naturales protegidos. CITMA.

² Equipo de trabajo del medio marino. VAERSA. Generalitat Valenciana.

³ Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir.

⁴ Asociación Poseidón.

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	4
2. INTRODUCCIÓN	7
3. OBJETIVOS.....	8
4. MATERIAL Y MÉTODOS	9
4.1. Área de estudio	9
4.2. Praderas de <i>Posidonia oceanica</i> : Biología y conservación.....	10
4.3. <i>Pinna nobilis</i> : Estudio de especies bioindicadoras para la caracterización de las praderas de <i>P. oceanica</i>	12
4.4. Metodología: Cobertura y densidad de haces de <i>P.oceanica</i>	15
4.4.1. Medición de la cobertura.	15
4.4.2. Medición de la densidad de haces	16
4.4.3. Medición de densidad en estaciones fijas.....	16
4.5. Metodología: Censos de <i>P.nobilis</i>	17
4.5.1. Técnica de muestreo-remuestreo.....	17
4.5.2. Censo en círculos.....	18
4.5.3. Medida de la orientación de las valvas	19
4.6. Instalación de sensores de temperatura	19
5. RESULTADOS.....	20
5.1. Cobertura y densidad de haces de <i>P. oceanica</i>	20
5.1.1. Estaciones de muestreo en ENP establecidas en zonas de muestreo de <i>P.nobilis</i>	20
5.1.2. Seguimiento periódico de <i>P.oceanica</i> en la Cala del Pope 2010-2012	21
5.2. Transectos de muestreo-remuestreo de <i>P. nobilis</i>	24
5.2.1. Distribución de tallas.....	24
5.2.2. Densidad de individuos	26
5.2.3. Supervivencia.....	26
5.2.4. Orientación de las valvas.....	27
5.3. Censos en círculo de <i>P. nobilis</i>	29
5.4. Registros de temperatura	32
6. DISCUSIÓN..	34
7. CONCLUSIONES	38
8. AGRADECIMIENTOS..	39
9. REFERENCIAS	40
10. ANEJO FOTOGRÁFICO	44

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Los espacios naturales protegidos de la Comunidad Valenciana contribuyen a la conservación de los hábitats estructurales y de las comunidades biológicas más importantes y representativas del Mediterráneo. Su protección permite la recuperación de la biodiversidad marina asociada a los ecosistemas marinos.

El uso público en el medio marino costero se ha incrementado notablemente en los últimos años, las actividades más comunes son las relacionadas con la náutica y la práctica del buceo recreativo. El desarrollo de estas actividades implica el uso de embarcaciones que se concentran en determinados lugares, caracterizados por ofrecer refugio del viento y oleaje y por poseer fondos marinos en buen estado de conservación que permiten la práctica del buceo recreativo y del esnórquel. Las embarcaciones requieren estar fondeadas en estos lugares para desarrollar su actividad, para lo que utilizan anclas y cadenas que crean efectos destructivos sobre los fondos marinos.

Por un lado, las anclas tienen un efecto de garreo cuando la embarcación, una vez fondeada, se somete a la acción de vientos y corrientes, que producen un desplazamiento del ancla sobre el fondo causando un efecto erosivo sobre las comunidades marinas (Fig. 1A). Por otra parte, los cambios de dirección del viento y corrientes, causan un efecto de borneo de la embarcación y las cadenas son arrastradas por el fondo, arando especies sensibles como las fanerógamas marinas *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 (Montefalcone *et al.*, 2008) y *Cymodocea nodosa* Ascherson (Fig. 1B).

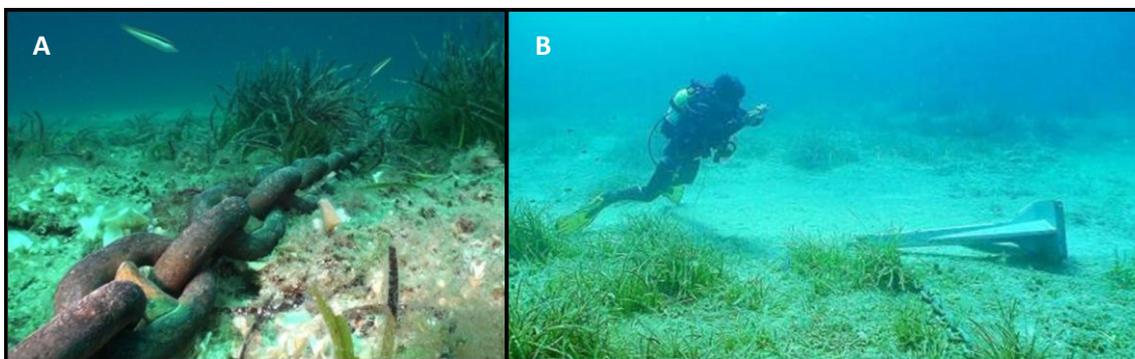


Fig. 1. Partes del sistema de fondeo habitual en fondos marinos con *P. oceanica*; cadena (A) y ancla (B).

Debido a la fuerte repercusión que tienen estas actividades en el desarrollo socioeconómico de ciertas regiones, el establecimiento y cumplimiento de normativas que determinen restricciones en las zonas de fondeo o sanciones administrativas es complejo. Sin embargo, en los últimos años el grado de concienciación de gobiernos y comunidades autónomas ha llevado a proteger los fondos marinos y conservar los valores naturales que estos albergan.

En muchas zonas frecuentadas por embarcaciones, se dispusieron sistemas de fondeo basado en lastres de hormigón con cadena que limitan los puntos de amarre a áreas concretas, no sufriendo estas la erosión por garreo de anclas, ya que no se emplean, pero sí el arado sufrido por el movimiento de las cadenas por el fondo.

Este sistema se ha comprobado que no es efectivo para la protección de los fondos marinos y además, los lastres pueden ser desplazados por el mal uso, debido al amarre de embarcaciones demasiado grandes, ampliando así la zona degradada.

Teniendo en cuenta los problemas generados por la falta de control y regulación de estos usos, se ha empezado a tomar medidas y los programas de instalación de sistemas de fondeo de bajo impacto son habituales en muchos países, que establecen zonas de amarre en los espacios naturales marinos protegidos. En la actualidad, la tendencia es el uso de anclajes de bajo impacto, que ofrecen varios sistemas según el tipo de sustrato al que se fijan, pudiendo ser roca (Fig. 2A), fondos blandos (Fig. 2B) o incluso sobre praderas de *P. oceanica* (Fig. 2C), siendo sus efectos negativos nulos sobre las comunidades marinas.

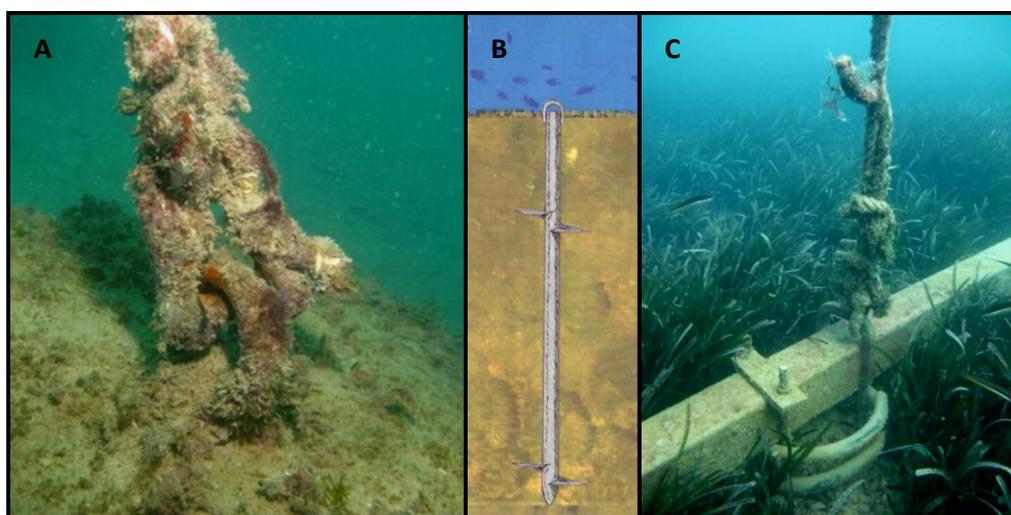


Fig. 2. Tipos de sistema de anclaje en distintos sustratos. En roca (A), en fondos blandos (B) y en *P. oceanica* (C).

Durante los años 2008 y 2009 la actual Consejería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente puso a disposición de los usuarios del sector náutico, boyas de amarre en el Parque Natural de Serra Gelada y su entorno litoral y en la Reserva Natural de los fondos marinos del Cabo de San Antonio, en la provincia de Alicante, mediante la instalación de anclajes de



Fig. 3. Ejemplar de *Pinna nobilis* sustraído y con valva rotas posiblemente por el efecto de un ancla.

bajo impacto. El objetivo principal fue regular el uso público en el medio marino, en concreto, el fondeo de embarcaciones de recreo y de empresas dedicadas al buceo deportivo, evitando así la degradación de las praderas de *Posidonia oceanica* y comunidades biológicas sensibles (Fig. 3).

En el año 2010 la CMAUH de la Generalitat Valenciana encargó un estudio cuyo principal objetivo era la caracterización, seguimiento y monitorización de las praderas de *Posidonia oceanica* en la Reserva Natural de los fondos del Cabo San Antonio (Parque Natural del Montgó) en las zonas adyacentes de los sistemas de fondeo instalados en los años 2008 y 2009, con el fin de monitorizar la evolución y el estado de conservación de las praderas donde se han instalado estos sistemas de amarre de embarcaciones, así como detectar posibles impactos sobre ellas derivado de la instalación de dichos sistemas.

Por tanto, es necesario continuar y ampliar el alcance de los seguimientos de fauna y flora marina, con el objetivo de disponer de series temporales extensas que permitan detectar y entender los cambios que se producen en los hábitats protegidos y ecosistemas en general, llevando a cabo una gestión óptima y coherente.

2. INTRODUCCIÓN

El Mediterráneo es considerado uno de los puntos calientes de biodiversidad del planeta, alberga el 6% de las especies marinas conocidas en el mundo, contando con un gran número de especies endémicas que solo habitan en sus aguas.

Las praderas de *P. oceanica* albergan una gran biodiversidad y están catalogados como tipo de hábitat prioritario, según la Directiva Hábitats europea (92/43/CEE) de la Red Natura 2000. A nivel de especie, está protegida según el anexo 1 de la Convención de Berna. Es una especie catalogada como vulnerable por el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas y por el Anexo II del Convenio de Barcelona (IUCN Red List of Threatened Species, 2012). A nivel nacional, el tipo de hábitat 1120* está protegido según Real Decreto 7/12/1995, BOE nº310.

El tipo de hábitat 1120 *Posidonion Oceanicae*: Praderas de *Posidonia oceanica* (*) está constituido por praderas submarinas milenarias formadas por la angiosperma marina *Posidonia oceanica*, endémica del mar Mediterráneo, que coloniza substrato duro o blando, con un crecimiento muy lento. En las costas españolas, en aguas transparentes y oligotróficas llegan a alcanzar los 45 m de profundidad. El hidrodinamismo es un factor importante que limita claramente su crecimiento en las costas abiertas. Las praderas de *P. oceanica* están fuertemente modeladas por las corrientes de fondo costeras. Respecto a la temperatura, el crecimiento de la planta se reduce y su mortalidad aumenta en los veranos muy cálidos. Se ha sugerido que la mayor floración de *P. oceanica* tras estos veranos cálidos podría ser una respuesta al estrés térmico.

El ecosistema que conforman las praderas de *P. oceanica* es necesario para muchas especies que allí se reproducen y alimentan, *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758, es una especie amenazada dependiente de este hábitat. Está catalogada como vulnerable por el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas y también por el Anexo IV de la Directiva Hábitat y el Anexo II del Convenio de Barcelona (IUCN Red List of Threatened Species, 2012). El estudio de su distribución geográfica y de su dinámica poblacional es importante para localizar posibles amenazas de origen antrópico. Una de las líneas prioritarias de investigación es la del efecto del calentamiento global en las praderas de *P. oceanica*. La utilización de especies bioindicadoras calcáreas como *P. nobilis*, es

de gran interés, y mediante el registro de series temporales de temperatura, contribuye a determinar cómo afectan las variaciones térmicas en el desarrollo de las partes estructurales de los individuos y en su distribución poblacional.

3. OBJETIVOS

El objeto de la presente actuación es el seguimiento y estudio del hábitat prioritario 1120 de la Red natura 2000 praderas de *Posidonia oceanica*, a través del censo de nacras (*Pinna nobilis*) y el estudio de los descriptores básicos de *P. oceanica*. *P. nobilis* es una importante especie indicadora del estado de salud de las praderas. Las variaciones en la abundancia y estructura de tamaños de las poblaciones de *P. nobilis* puede ser un indicador de la calidad de las aguas y de la estabilidad mecánica de las praderas de *Posidonia oceanica*.

Los objetivos principales de este proyecto son:

- Continuar y ampliar el seguimiento periódico del estado de conservación de las praderas de *P. oceanica* de los espacios naturales protegidos de la Comunidad Valenciana.
- Establecer un seguimiento periódico mediante censos de individuos de *P. nobilis*.
- Detectar las zonas de máxima concentración de individuos de *P. nobilis* para focalizar los esfuerzos en materia de gestión.
- Iniciar series temporales de datos de larga duración sobre la dinámica poblacional.
- Evaluar el estado de conservación de las praderas de *P. oceanica* con poblaciones de *P. nobilis*.
- Determinar las zonas en las que la posibilidad de producirse agresiones antrópicas sea mayor y establecer medidas de gestión adecuadas.
- La instalación de sensores de temperatura en espacios naturales protegidos con ámbito marino de la Comunidad Valenciana.
- Impulsar campañas de sensibilización.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

El presente estudio se ha desarrollado en 3 espacios naturales protegidos costero-litorales de la Comunidad Valenciana, Reserva Natural Marina de Irta, Reserva Natural de los fondos marinos del Cabo de San Antonio y Parque Natural de Serra Gelada y su entorno litoral (Fig. 4). Se han establecido diferentes zonas de muestreo de *P.nobilis* y *P.oceanica* según su ubicación, en concreto, se han diferenciado 3 zonas en cada ENP de la provincia de Alicante (Fig. 6 y 7) y 1 zona en el de Castellón (Fig. 5). Tras diversas prospecciones, se han determinado las zonas con mayor presencia del bivalvo *P.nobilis*, limitando a una la zona de muestreo en Irta por su restringida localización (Fig. 5, zona B). Además, se ha realizado el seguimiento periódico de las praderas de *P.oceanica*, continuándolo en la zona de muestreo de la Cala del Pope en el Cabo de San Antonio, donde se inició el año 2010.

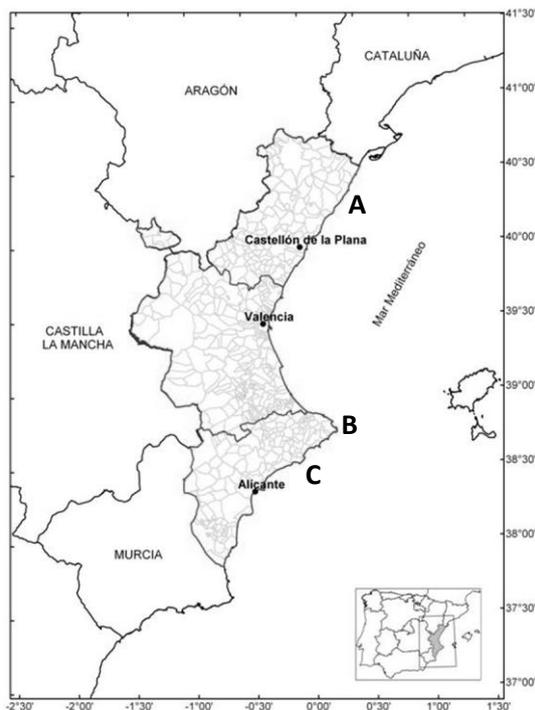


Fig. 4. Situación de las áreas de estudio. Reserva Natural Marina de Irta (A), Reserva Natural de los fondos marinos del Cabo de San Antonio (B) y Parque Natural de la Serra Gelada y su entorno litoral (C).

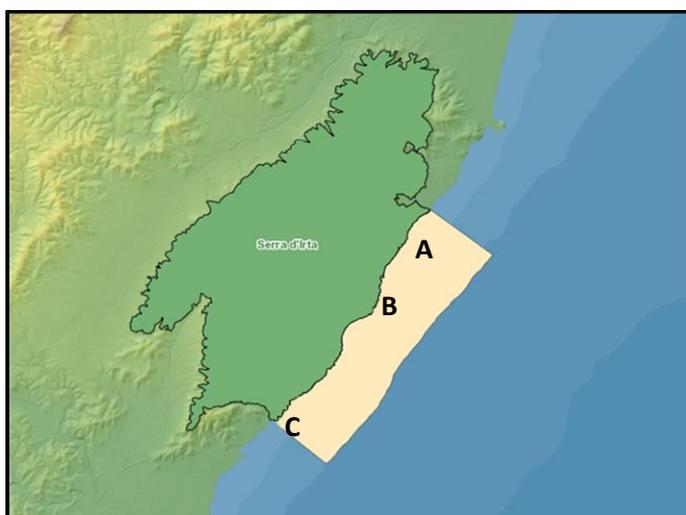


Fig. 5. Zonas de muestreo y prospección de Badum (A), Playa Irta (B) y Mundina (C) en la Reserva Natural Marina de Irta (en blanco), Parque Natural (en verde).

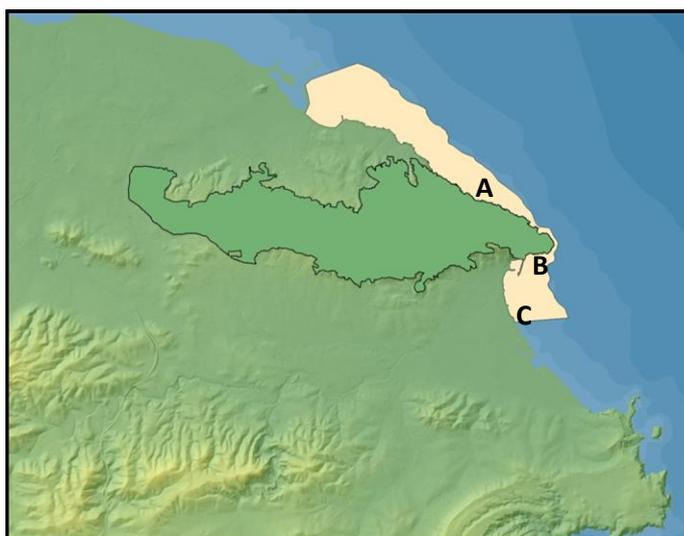


Fig. 6. Zonas de muestreo de Rotes (A), Pope (B) y Muntañar (C) en la Reserva Natural de los fondos marinos del Cabo de San Antonio (en blanco), Parque Natural del Montgó (en verde).

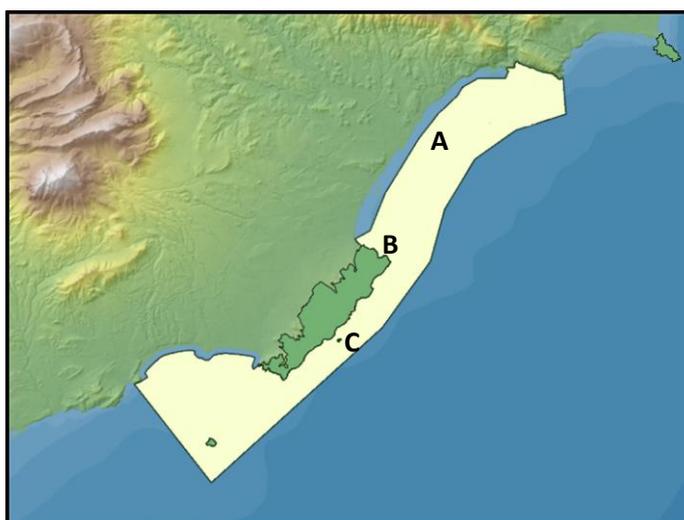


Fig. 7. Zonas de muestreo de Olla (A), Mina (B) y Mitjana (C) en el Parque Natural marítimo-terrestre de Serra Gelada y su entorno litoral (en verde y blanco).

4.2. Praderas de *Posidonia oceanica*: Biología y conservación.

Posidonia oceanica es una fanerógama marina endémica del Mediterráneo. Las fanerógamas marinas son plantas vasculares y se diferencian de las algas por tener tejidos diferenciados en raíces, tallos, hojas, flores, frutos y semillas. Son semejantes a las plantas terrestres, pero viven sumergidas entre la superficie y aproximadamente

los 30-40 metros de profundidad. Depende de las condiciones de luminosidad en el agua, alcanza profundidades donde todavía existe luz suficiente que le permita desarrollar la fotosíntesis. Pertenece a un grupo de fanerógamas marinas que se adaptaron a vivir en ambientes acuáticos hace aproximadamente 140 millones de años. En la actualidad existen aproximadamente unas 60 especies distribuidas por zonas tropicales y templadas.



Fig. 8. Pradera de *P. oceanica* en la Reserva Natural Marina de la Sierra de Irta.

Por su gran abundancia, su extensión y el papel que juega en el ecosistema marino, las praderas de *Posidonia oceanica* representan uno de los hábitats más importantes y productivos del mar Mediterráneo, popularmente en la Comunidad Valenciana estas formaciones de extensas praderas reciben el nombre popular de algueros (Fig. 8).

Son equivalentes a los bosques terrestres, siendo consideradas como hábitat de conservación prioritaria por la Directiva Hábitat de la Red Natura 2000 (92/46/CEE), se nombra como el tipo de hábitat 1120, Praderas de *Posidonia oceanica* (Posidonion oceanicae).

Generan una elevada producción primaria, se desarrollan en grandes extensiones cubriendo grandes superficies en el fondo marino, y proporcionan una serie de servicios a la zona costera, lo cual, las hace imprescindibles para el funcionamiento del ecosistema marino mediterráneo y garantizar su conservación:

- Es el ecosistema más productivo del mar Mediterráneo.
- Oxigenan aguas litorales y actúan como importantes sumideros de carbono.
- Forman arrecifes-barrera que reducen la fuerza del oleaje, las corrientes, y protegen al litoral de la erosión.
- Proporcionan hábitat a más de 400 especies de flora y 1000 especies de fauna.

P. oceanica tiene un crecimiento lento y forma estructuras muy longevas, por lo que desarrollan una capacidad de respuesta y de regeneración muy lenta. En la actualidad está sometida a diferentes amenazas, provocadas en su mayoría por el desarrollo de ciertas actividades humanas como los vertidos de aguas residuales, infraestructuras costeras, fondeo de embarcaciones, dragados, etc., pudiendo causar graves daños en la estructura de las praderas y provocar la regresión de las mismas.

Una pradera de *P. oceanica* de 1 km de anchura puede acumular unos 125 kg (ms) de hojarasca por metro de costa y por año, la mayor parte desprendida en otoño. Esta hojarasca puede formar arribazones de hasta 4 m de altura los cuales, además de sostener una compleja red trófica, protegen la línea de costa de las tormentas erosivas otoñales y primaverales, aportan arena conchífera, a partir de los esqueletos de sílice y de carbonato de los epífitos muertos. Cuando las hojas son transportadas playa adentro pueden actuar como cebadores para la formación de dunas.

Las praderas de *P. oceanica* son ecosistemas clave en las costas del mar Mediterráneo y una de las comunidades más importantes de este mar. Tienen una elevada capacidad de fijación de CO₂, y en consecuencia, una *alta tasa de producción primaria* ($200 \pm 300 \text{ g (ms)}/\text{m}^2 \text{ año}$) y una alta producción secundaria *in situ* y en otras comunidades, sosteniendo complejas redes tróficas desde la playa hasta los fondos batiales.

4.3. *Pinna nobilis*: Estudio de especies bioindicadoras para la caracterización de las praderas de *P. oceanica*.

El molusco bivalvo *P. nobilis*, también conocido como nacra, se fija a la pradera mediante el biso, enterrando aproximadamente un tercio de su concha en el sustrato formado por los rizomas, mientras que el extremo de las valvas puede sobresalir sobre el dosel foliar (Fig.9).



Fig. 9. *Pinna nobilis* en pradera de *P. oceanica*.



Fig. 10. Aparato filtrador de *P. nobilis*.

Se alimenta filtrando las partículas orgánicas y plancton del agua (Fig. 10). *P. nobilis* es una especie endémica del mar Mediterráneo (también ha sido citada en el mar de Marmara), donde está ampliamente distribuida. Se encuentra en fondos de sustrato blando donde disponga de fracciones sólidas a las que fijarse,

desde aguas muy someras hasta 60 m de profundidad, aunque lo más común es que las poblaciones sufran algún tipo de impacto y en numerosas zonas se hayan retirado de los fondos someros, siendo muy difícil localizar individuos a menos de 3 m de profundidad.

Su hábitat más común son las praderas de *P. oceanica*, aunque a veces también aparece en praderas de *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* o *Caulerpa prolifera*, especialmente en lagunas litorales con influencia marina, en zonas de mata muerta o en fondos detríticos y de "maërl". Se encuentra en las costas de Melilla y Chafarinas y en todo el litoral mediterráneo español desde Punta Entinas (Almería) hasta cabo de Creus, incluido el archipiélago balear. En las praderas de *P. oceanica* localizadas en los espacios naturales protegidos de la Comunidad Valenciana existen densas poblaciones de *P. nobilis* que pueden llegar hasta los 15 individuos/100 m². La densidad de individuos disminuye, sobre todo, en aquellas zonas donde el impacto de la actividad antrópica sobre las comunidades bentónicas es más notorio, como en las proximidades de ciudades como Denia, Jávea, Calpe, Altea, Villajoyosa o Alicante. Concretamente, al sur del Cabo de San Antonio y en la playa del Tangó, en Jávea y en Sierra Helada, en Benidorm, se ha podido observar directamente cómo el efecto de los emisarios submarinos se ha dejado notar tanto sobre las praderas de *P. oceanica*, como sobre las poblaciones de *P. nobilis*, ya que éstas poseen un escaso número de individuos adultos, localizándose valvas de ejemplares muertos de grandes dimensiones (Fig. 11). Al norte del golfo de Valencia, a excepción de las Islas Columbretes, donde existen poblaciones en buen estado sobre praderas de *C. nodosa* y fondos de "maërl", la

especie es escasa en una gran extensión del litoral. En la Reserva Natural Marina de la Sierra de Irta existen poblaciones importantes de nacra restringidas a pequeñas extensiones de fondos marinos poblados por *P. oceanica*.

La distribución de las nacras en una pradera suele ser agregada y su densidad poblacional está entre 0 y 5 individuos por metro cuadrado, siendo lo más común menos de 10 individuos por cada 100 m². La



Fig. 11. Ejemplar de *Pinna nobilis* muerto de gran tamaño, con detalle de rotura de las valvas.

densidad de las poblaciones de nacras aumenta con la cobertura de la pradera, en el caso de *P. oceanica*, y es máxima cuando la densidad de la pradera está entre 700 y 850 haces/m². También la densidad y el tamaño de las nacras aumentan con la profundidad, probablemente debido a la reducción del estrés mecánico. Por su hábito filtrador, *P. nobilis* es sensible a la contaminación del agua en las praderas y dado su lento crecimiento, es sensible a la erosión y la perturbación mecánica de las praderas, por anclas, arrastre e inestabilidad sedimentaria.

Las variaciones en la abundancia y estructura de tamaños de las poblaciones de *P. nobilis* puede ser un indicador de la calidad de las aguas y de estabilidad mecánica de las praderas. Como es común entre los bivalvos, el reclutamiento de *P. nobilis* es muy azaroso, ya que depende en gran medida del hidrodinamismo. Además, como en muchos invertebrados, la mortalidad natural de las nacras es alta en los juveniles y decrece con la edad. Por otro lado, la probabilidad de observar una nacra aumenta con



Fig. 12. Ejemplar juvenil de *P. nobilis*.

su tamaño, muchos ejemplares pequeños pasan desapercibidos (Fig. 12). Un déficit de juveniles puede estar indicando que la población tiene problemas para el reclutamiento, bien por la existencia de contaminantes en el medio que afectan al desarrollo de

las larvas o bien por la falta de un sustrato óptimo que permita su fijación y crecimiento. Por otra parte, una población que esté formada en su mayoría por ejemplares de pequeño tamaño, puede estar sufriendo algún tipo de estrés físico, como pesca de arrastre, capturas ilegales o estrés hidrodinámico.

4.4. Metodología: Cobertura y densidad de haces de *P. oceanica*.

Los muestreos consisten en la obtención de una serie de parámetros o descriptores de fácil medición que permiten hacer un diagnóstico general del estado ecológico de las praderas, son la densidad de plantas (haces) por metro cuadrado y porcentaje de cobertura vegetal que coloniza el fondo marino. El seguimiento del estado de conservación de *P. oceanica* consiste en una serie de puntos o estaciones de muestreo distribuidas a lo largo de los tres espacios naturales protegidos objeto de este estudio. Desde los puntos georreferenciados en cada zona (en todos los casos se ha empleado el Datum WGS 84), se trazan cuatro transectos con rumbos perpendiculares, que servirán de referencia a la hora de realizar las mediciones. En la zona de muestreo de la cala del Pope, el seguimiento de la pradera se inició en 2010 y consiste en una serie de estaciones de muestreo ubicadas en las boyas de amarre instaladas sobre praderas de *P. oceanica*. La información obtenida se empleará en el presente estudio, dando continuidad a las series de datos temporales a largo plazo.

4.4.1. Medición de la cobertura

Se define cobertura como la cantidad de sustrato (en porcentaje) ocupada por las manchas de *P. oceanica* viva. Los haces no cubren de forma homogénea el sustrato, sino que normalmente aparecen agrupados en manchas más o menos extensas.

La medición de la cobertura en cada uno de los puntos de muestreo se realiza mediante la utilización de una cinta métrica y el trazado de un transecto de 10 metros de longitud. Se extiende sobre el fondo, adyacente a la zona de ubicación del punto de referencia y asegurándonos que la superficie sobre la que se extienda sea representativa de la zona.

Un buceador recorre la cinta métrica colocando una cuadrícula de 40 x 40 cm (subdividida en 4 de 20 x 20 cm para facilitar la estimación) en cada metro del

recorrido, anotando sobre una tablilla los porcentajes de cobertura. En cada estación se realizan 4 réplicas de 10 metros (correspondiente a los 4 transectos). Los datos obtenidos son la estimación de la ocupación del fondo por la mata de *P. oceanica*.

4.4.2. Medición de la densidad de haces

La densidad de haces es el número de haces por unidad de superficie medido dentro de manchas homogéneas de vegetación. Los haces representan el individuo o unidad estructural de la pradera y consiste en agrupaciones de 3 a 7 hojas que aparecen en los extremos de los tallos verticales denominados rizomas.

Para el cálculo de densidades se procede al recuento de los haces de *P. oceanica* que queden en el interior de un marco de PVC de 20 cm de lado. El marco lo coloca el muestreador de manera aleatoria sobre la superficie de la pradera en el transecto trazado por el mismo, teniendo cuidado de no colocarlo sobre superficies con mata muerta de *P. oceanica*, arena u otro tipo de sustrato. De esta manera se evita subestimar las medidas de densidad quedando referidas únicamente a superficie de pradera viva. Se realizarán un total de 5 réplicas de densidad en cada transecto de muestreo. Para la medición de este descriptor hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En praderas someras, la densidad de haces puede tener valores muy elevados, lo cual hace complicada y tediosa la medición. Hay que tener en cuenta el tiempo de inmersión.
- Los haces no cubren de forma homogénea el sustrato sino que se agrupan en forma de manchas de vegetación, por esta razón la medición se realiza en estas zonas de pradera viva con cuadrados de PVC de 20x20 cm (400 cm²).

4.4.3. Seguimiento de estaciones fijas

Para poder estudiar la evolución de las praderas en el tiempo, se han instalado un total de 12 estaciones fijas a lo largo de todas las zonas de muestreo ubicadas en la cala del Pope, para el seguimiento de los parámetros estructurales de la pradera. En cada uno de los puntos se han colocado cuadrados de 20 x 20 cm, balizados con un boyarín para facilitar su posterior localización. Estos cuadrados metálicos se han

clavado al fondo mediante unas patas en forma de punta que ayudan a su instalación. En cada una de las estaciones fijas se ha realizado el muestreo de densidad.

4.5. Metodología: Censos de *P. nobilis*.

4.5.1. Técnica de muestreo-remuestreo

Las zonas de muestreo para *P. nobilis* son las mismas para rentabilizar los recursos materiales y personales que el trabajo en el medio hiperbárico requiere. En las zonas donde existen praderas más o menos extensas de *P. oceanica*, se realizan transectos de 10 m que constituyen la unidad de muestreo. Se establece un punto georreferenciado de inicio (en todos los casos se ha empleado el Datum WGS 84) desde el que se realizan series de transectos continuos en varios rumbos, fijando visualmente una banda de 2 m a cada lado de los mismos. Cada lado del transecto es inspeccionado minuciosamente por un buceador que anota la distancia en el transecto y la distancia perpendicular al transecto a la que encuentra cada individuo. En esta zona se busca la presencia de adultos y juveniles y en la zona que queda fuera de la banda cada buceador observa de forma más genérica la presencia de individuos de mayor tamaño que sobresalgan sobre el dosel foliar. De cada individuo, se toman medidas de sus valvas con un calibre (anchura máxima, anchura a nivel de sustrato y altura de la parte emergida), profundidad a la que se localiza y estado en el que se encuentra (viva, muerta o rota). Cada buceador recorre los dos lados del transecto con el fin de localizar posibles individuos no avistados por su compañero. Esta técnica permite hacer estimas robustas del tamaño de la población en poblaciones con dificultades de acceso (buceo con escafandra autónoma y escondidas entre las hojas de *Posidonia*).

Para estimar la altura máxima de cada individuo de *P. nobilis* se ha utilizado la ecuación de García-March (2006):

$$Ht = 1,29 \times W^{1,24}$$

Esta ecuación se basa en la observación de la relación entre Ht (altura total) y W (anchura máxima) (Fig. 13), y una regresión exponencial ofrece una alta probabilidad de aproximación al valor real de este parámetro, reduciendo los residuos.

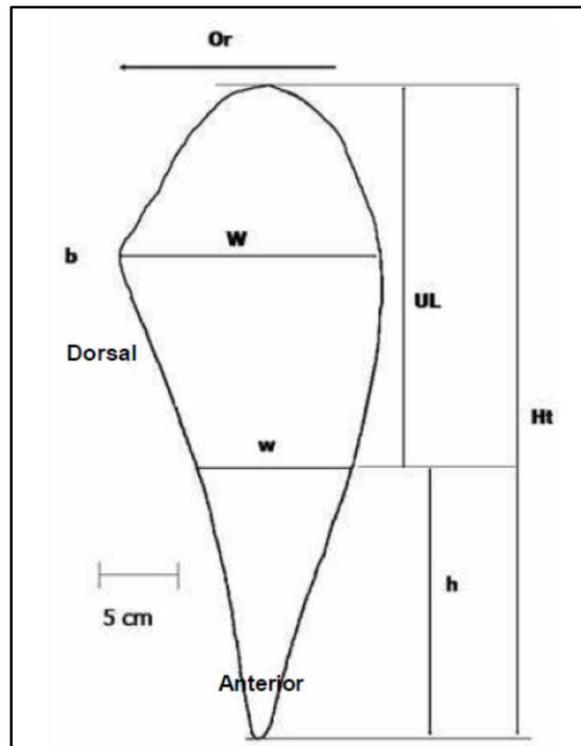


Fig. 13. Mediciones de interés para estimar la altura máxima Ht.

UL=longitud desenterrada, W=Anchura máxima, w=anchura mínima

4.5.2. Censo en círculos.

En cada reserva marina, en las zonas de máxima presencia de individuos, se realizará un censo de nacras en círculos con el fin de determinar la densidad máxima de individuos encontrados en cada zona y realizar un mapeo exacto de su posición localizándolos desde un punto georreferenciado mediante un rumbo y distancia al mismo. Para ello, dos buceadores describen círculos concéntricos desde un punto central con un radio de 2.5, 5, 7.5 y 10 metros, registrando la distancia y rumbo al centro de cada individuo. Se toman las mismas medidas anteriormente descritas de cada individuo. Este mapeo permitirá llevar un seguimiento a largo plazo de la dinámica poblacional mediante el estudio de la tasa de mortalidad y reclutamiento neto de nuevos individuos en inspecciones posteriores de estas áreas mapeadas.

4.5.3. Medida de la orientación de las valvas.

De manera experimental se ha medido la orientación de 16 ejemplares situados en la zona de muestreo de Iрта. Se ha elegido esta zona por lo singular que resulta encontrar altas densidades de *P.nobilis* a tan poca profundidad y en una costa tan expuesta al oleaje y las corrientes. La metodología consiste en medir la orientación de las valvas con una brújula sumergible tomando como referencia la unión entre las valvas (b, en fig. 13) y observando hacia donde se orienta la abertura de las mismas.

4.6. Instalación de sensores de temperatura.

Se han instalado dos sensores de temperatura "Datalogger HOBO Pro V2 U112" a 9 y 17 metros de profundidad en cada área de estudio, el objetivo es que cada espacio marino protegido disponga de registros a largo plazo de temperatura a dos profundidades (Fig. 14). Se ha utilizado una masilla marina de dos componentes para establecer dos puntos de anclaje para el soporte de cada sensor. Bimensualmente se procede a la retirada y sustitución de cada sensor para descargar la información registrada.



Fig. 14. Instrumento de registro de temperatura. Soporte y sensor de temperatura HOBO instalado a 17 metros de profundidad.

5. RESULTADOS

5.1. Cobertura del sustrato y densidad de haces de *P. oceanica*

Se han obtenido los datos correspondientes a ambos descriptores en 7 zonas de muestreo distribuidas en los tres espacios naturales protegidos marinos del ámbito de este estudio. En la Sierra de Irta se ha dispuesto una única zona de muestreo debido a la presencia restringida de las praderas de *P. oceanica*. En la Reserva Natural de los fondos marinos del Cabo de San Antonio, se ha continuado con el seguimiento completo de la pradera de la Cala del Pope y se han determinado dos nuevas zonas de muestreo. En el P.N. de la Serra Gelada y su entorno litoral, se han ubicado 3 nuevas zonas de muestreo. Las nuevas zonas de muestreo establecidas, se han distribuido latitudinalmente a lo largo de cada espacio con el fin de obtener la mayor representatividad.

5.1.1. Estaciones de muestreo en ENP establecidas en zonas de muestreo de *P. nobilis*.

Dentro del proyecto de censos de *P. nobilis* se han establecido unas zonas de muestreo del bivalvo en las que también se ha realizado el muestreo de los descriptores básicos de *P. oceanica*. A continuación se muestran los datos obtenidos para cada zona:

Tabla 1. Cobertura de sustrato de *P. oceanica* (n= nº de réplicas, SD=desviación estándar).

Área estudio	Zona muestreo	n	% Cobertura ± SD	Rango	Profundidad (m)
Cabo San Antonio	Rotes	40	44,22 ± 40,13	0 – 97,5	9,40
	Pope (E14)	40	50,86 ± 48,47	0 – 83,75	9,70
	Muntañar	40	46,76 ± 43,65	0 – 89,65	5,20
Serra Gelada	Mascarat	30	60,26 ± 18,95	10 - 80	9,50
	Mina	40	63,44 ± 17,62	25 – 82,5	9,60
	Mitjana	40	70,75 ± 6,64	0 - 100	9,50
Irta	Playa Irta	40	76,64 ± 18,15	61,25 - 80	4,40

Tabla 2. Densidad de haces de *P. oceanica* (nº haces/m², n = nº de réplicas, SD=desviación estándar).

	n	Densidad ± SD	Rango	Profundidad
Cabo San Antonio				
Rotes	16	632,75 ± 192,50	16 - 41	9,40
Pope	16	681,25 ± 130	16 - 33	9,70
Muntañar	20	866,25 ± 186	14 - 34	5,20
Serra Gelada				
Mascarat	15	741,75 ± 101,50	23 - 39	9,50
Mina	20	652,50 ± 189,50	20 - 38	9,60
Mitjana	16	770 ± 137,25	25 - 39	9,50
Irta				
Playa Irta	16	1354,75 ± 128,75	46 - 61	4,40

5.1.2. Seguimiento periódico de *P.oceanica* en la Cala del Pope 2010-2012.

Las estaciones de muestreo se sitúan a lo largo de las 12 estaciones de fondeo instaladas sobre pradera de *P.oceanica* en la zona de la Cala del Pope, en la Reserva Natural de los fondos marinos del Cabo de San Antonio. A continuación se muestran las representaciones gráficas de los descriptores obtenidos de cobertura de sustrato y densidad de haces (medida aleatoriamente y en estaciones fijas) desde el inicio del seguimiento:

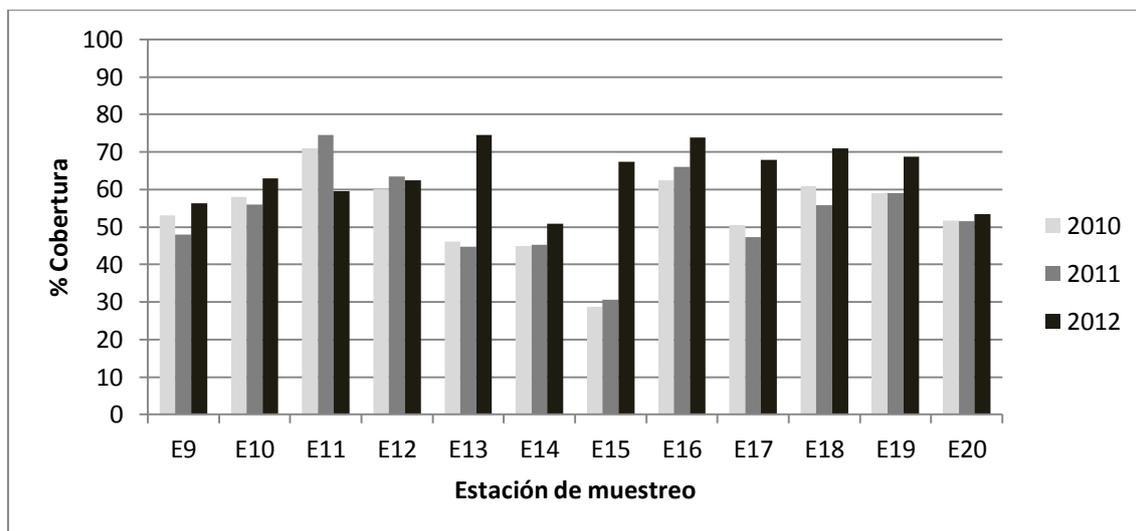


Fig. 14. Variación anual de cobertura en cada estación de muestreo.

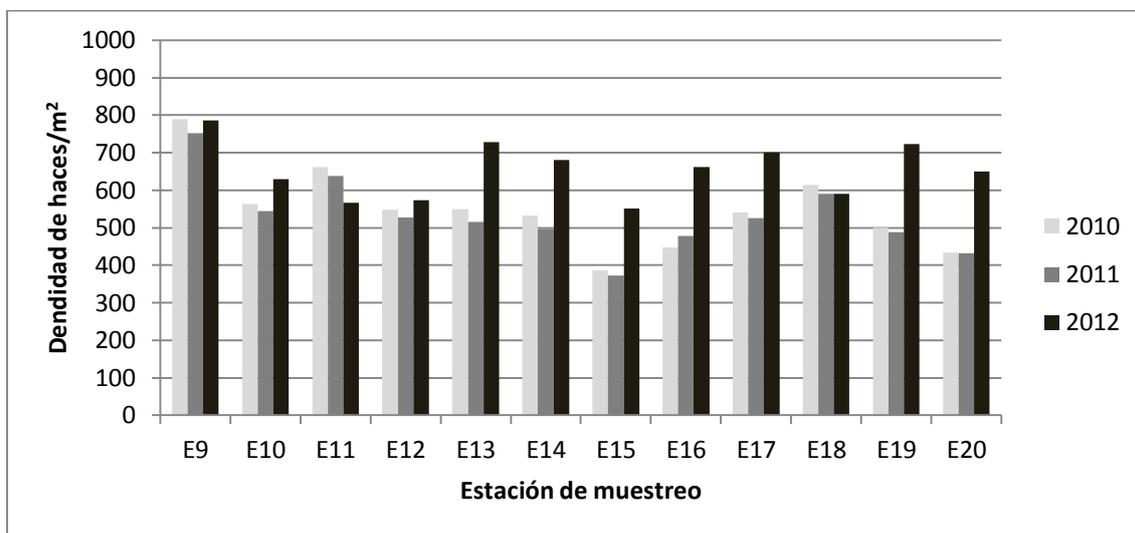


Fig. 15. Variación anual de densidad en cada estación de muestreo.

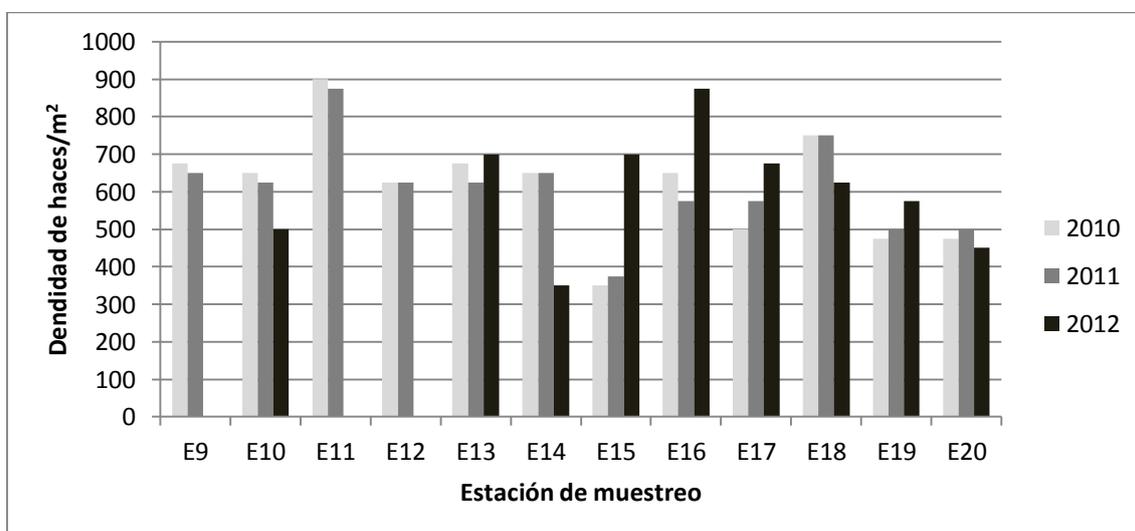


Fig. 16. Variación anual de densidad en las parcelas fijas de cada estación de muestreo (faltan datos de 2012 por desaparición de estaciones fijas).

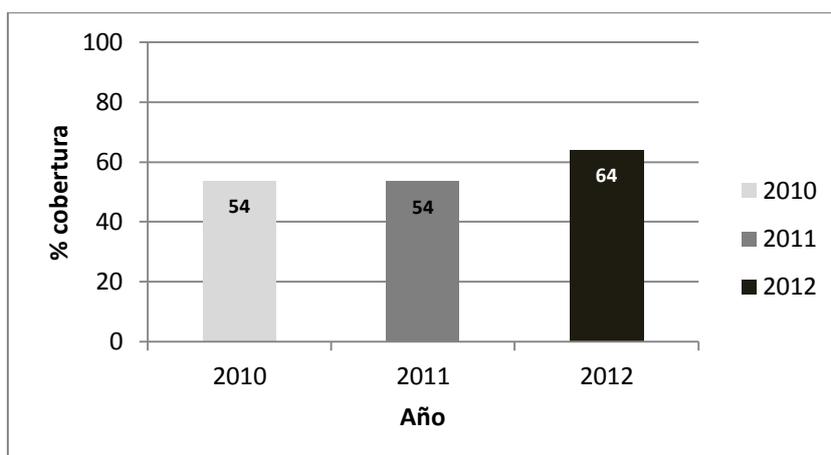


Fig. 17. Evolución de la cobertura media general en la zona de muestreo de la cala del Pope.

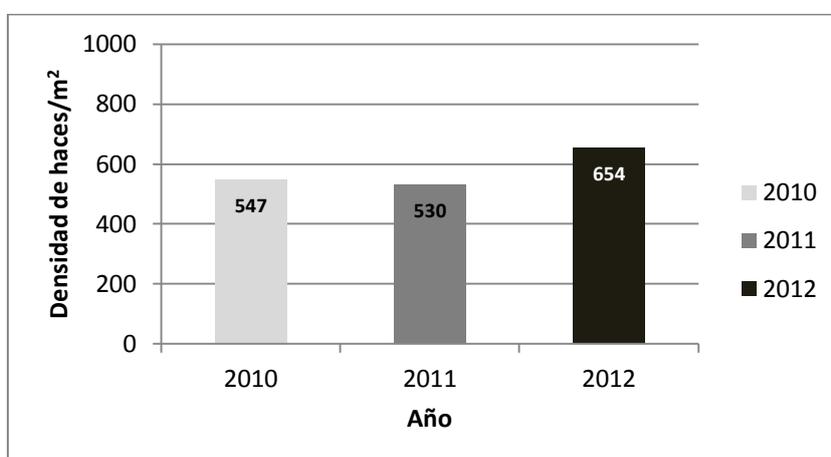


Fig. 18. Evolución de la densidad media general en la zona de muestreo de la cala del Pope.

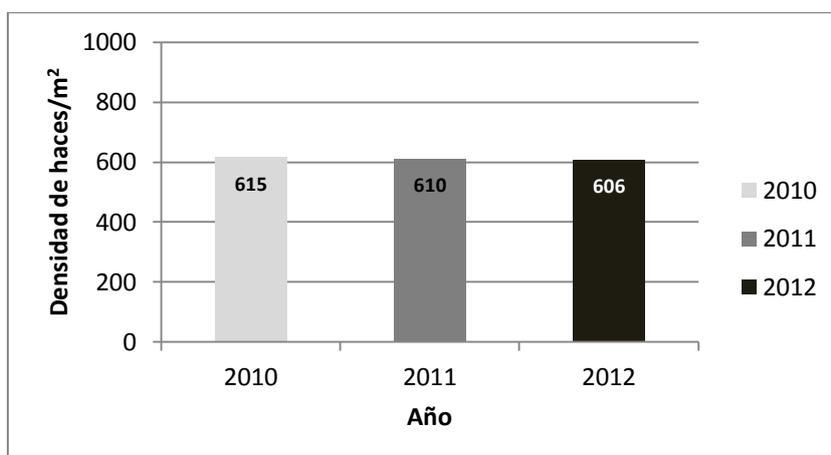


Fig. 19. Evolución de la densidad media en las parcelas fijas en la cala del Pope.

5.2. Transectos de muestreo-remuestreo de *P. nobilis*.

Los resultados obtenidos sobre la presencia y distribución de *P. nobilis* se muestran en la tabla 3. Las zonas de muestreo son las mismas que en los estudios de *P. oceanica* y de algas invasoras llevados a cabo, para optimizar los desplazamientos a cada una de estas zonas y poder realizar en cada enclave una caracterización biológica basada en varias especies y descriptores. Dada la elevada concentración de *P. nobilis* encontrada en el entorno del islote de l'Olla, se ha establecido una zona de muestreo en esta zona. Playa Irta es la única zona de muestreo en su área de estudio que alberga individuos de la especie objetivo debido a que en las otras dos, predominan los fondos blandos. A continuación se muestra un resumen de los datos obtenidos.

Tabla. 3. Resultados obtenidos en los transectos de *P. nobilis*. (n = número de transectos, D_T = nº de ejemplares observados/100m², D_V = nº de ejemplares vivos/100m², Talla = altura total media de los individuos (cm), Rango = rango de las tallas, P = profundidad media de las observaciones (m)).

		n	D _T	% vivos	D _V	Talla	Rango	P
Cabo San Antonio								
	Rotes	10	2,50	60	1,50	22,85	11,90 – 41,40	8,78
	Pope	33	3,18	81	2,58	30,39	3,05 – 69,83	7,94
	Muntañar	2	3,75	33	1,25	6,1	-	5
Serra Gelada								
	Olla	6	2,50	67	1,68	38,38	17 – 52,95	5,96
	Mina	15	2,00	58	1,18	34,48	9,49 – 73,31	9,49
	Mitjana	15	4,83	100	4,83	44,89	9,49 – 69,83	10,5
Irta								
	Playa Irta	12	3,53	100	3,53	28,04	17 – 40,15	4,12

5.2.1. Distribución de tallas.

La distribución de tallas nos da información acerca de posibles problemas en los procesos de reclutamiento larvario, reproductivos o de posibles agresiones que pudieran afectar de mayor o menor manera a individuos de una edad. El estudio de la distribución espacial ha permitido observar que los individuos no se distribuyen al azar sino que forman agregados. Se han observado diferencias en la distribución de tallas según el área de estudio.

En la zona de muestreo de la R.N.M. de Irta, con una profundidad media de 4,13 m, se ha hallado una distribución poco extendida e irregular, en la que no se detectan juveniles de pequeño tamaño ni adultos de gran porte. La talla media registrada en esta área de estudio es de 28,04 cm.

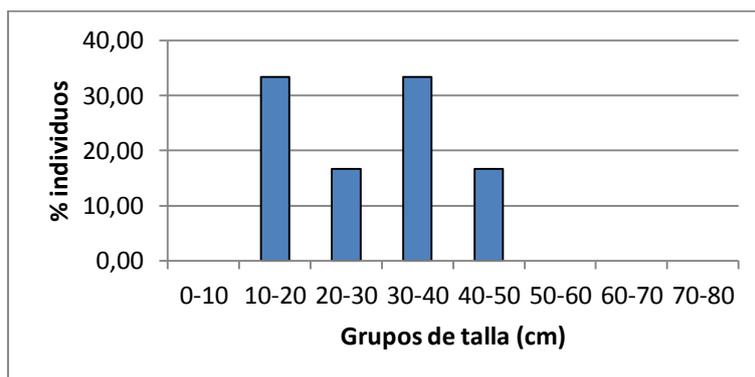


Fig. 20. Distribución de tallas de ejemplares de *P.nobilis* en la R.N.M. de Irtá.

En el área de estudio del Cabo de San Antonio con una profundidad media de 7,24 metros, los grupos de talla predominantes son los que comprenden ejemplares de entre 10-20 y 20-30 cm y la talla media es de 28,33 cm de longitud total.

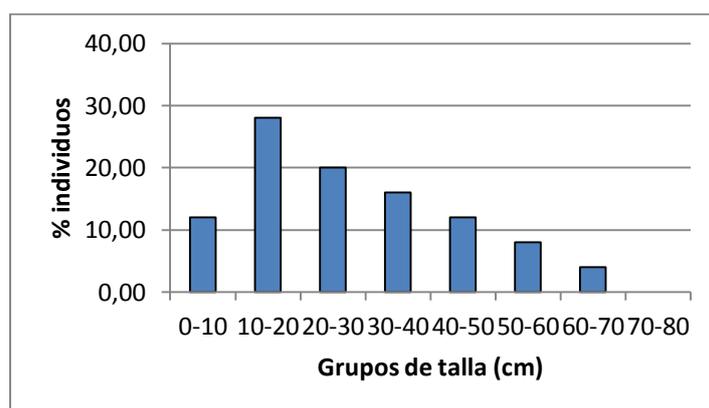


Fig. 20. Distribución de tallas de ejemplares de *P.nobilis* en la R.N. del Cabo de San Antonio.

En el área de estudio del P.N. de la Serra Gelada, con una profundidad media de 8,65 m, se ha detectado una distribución más amplia, encontrando mayor proporción de individuos adultos de gran tamaño. El grupo de tallas más abundante es el que incluye individuos de 50-60 cm de longitud total y la talla media es de 35,54 cm.

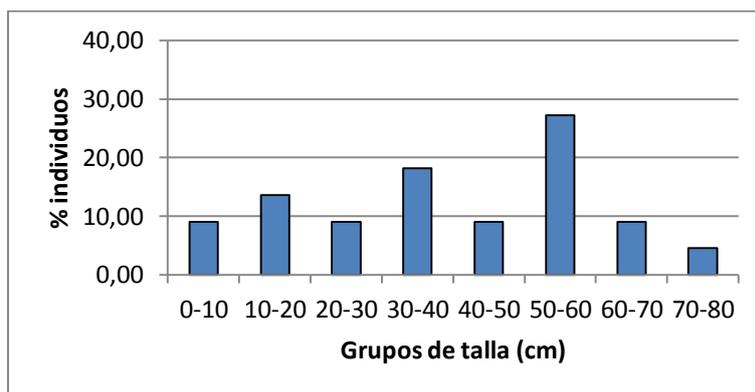


Fig. 21. Distribución de tallas de ejemplares de *P.nobilis* en el P.N. de la Serra Gelada.

5.2.2. Densidad de individuos.

La unidad de muestreo ha consistido en transectos de 10 metros acotados por una banda de 2 m a cada lado, delimitando una superficie de 40 m² dentro de cada una de estas unidades. Dentro de estas áreas se han realizado el recuento y medición de individuos de *P.nobilis* (tanto vivos como muertos), obteniéndose las frecuencias de aparición más altas en Mitjana (4,83 individuos/100m²). Tanto en Mitjana como en Irtá, todos los ejemplares muestreados estaban vivos y en buen estado de conservación, no siendo así en el resto de zonas de muestreo.

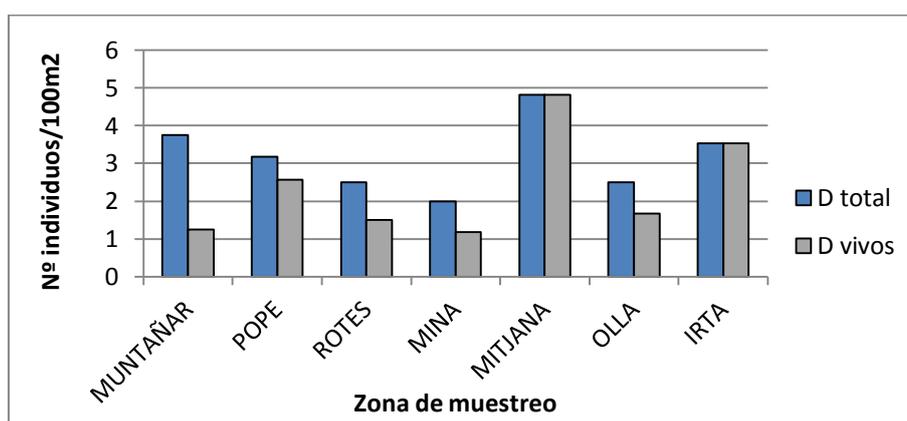


Fig. 22. Densidad de individuos promedio detectada en cada zona de muestreo.

5.2.3. Supervivencia

En cada transecto se ha registrado el estado de conservación en que se encontraba cada individuo, encontrándose ejemplares desde en perfecto estado de conservación hasta individuos con las valvas rotas o muertos. La zona que presenta un

mayor número de individuos muertos es la zona de Muntanyar (66% individuos muertos). En Mitjana e Irta, el 100% de los individuos detectados estaban vivos.

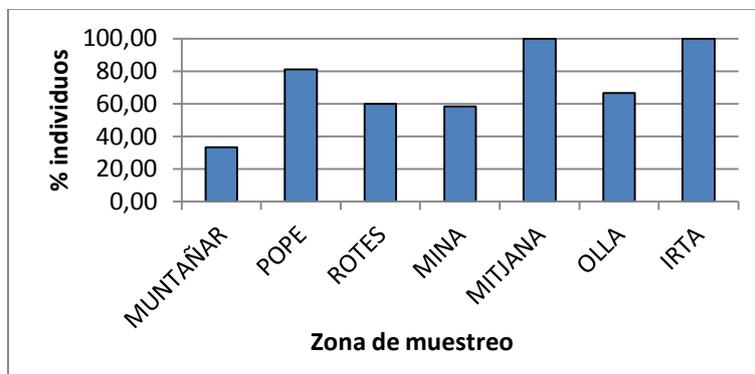


Fig. 23. Porcentaje de individuos vivos respecto al total registrados en cada zona de muestreo.

5.2.4. Orientación de las valvas.

La orientación en que cada ejemplar se fija al sustrato determina la incidencia del oleaje y las corrientes sobre una mayor o menor superficie. De este modo, una orientación alineada con la dirección predominante del hidrodinamismo generado durante los temporales, disminuye las probabilidades de ser extraída del fondo, así como de ser abatida por el impacto de algún fragmento rocoso.

La zona de Irta en que se han tomado estas mediciones de orientación de valvas, se encuentra enmarcada en el Área VIII del Atlas del Cima Marítimo en el Litoral Español, ROM 0,3:91. A continuación se muestra la rosa de oleaje para el punto WANA 2090124, situado 3 millas mar a dentro de la R.N.M. de Irta, correspondiente al periodo 1996-2013 en la que se muestra la frecuencia e intensidad del oleaje para cada dirección durante todo el periodo anual. La información que se muestra no corresponde a medidas sino a datos obtenidos mediante modelos numéricos (Fuente: Ministerio de Fomento, Puertos del Estado).

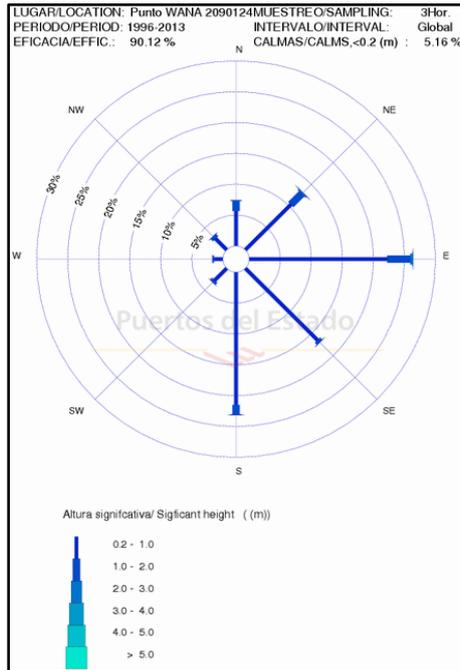


Fig. 24. Rosa de oleaje del punto WANA 2090124 del periodo 1996-2013.

De forma global, el oleaje predominante en cuanto a frecuencia e intensidad pertenece al primer cuadrante, siendo el oleaje de componente E (90°) los predominantes en esta zona (Fig. 24).

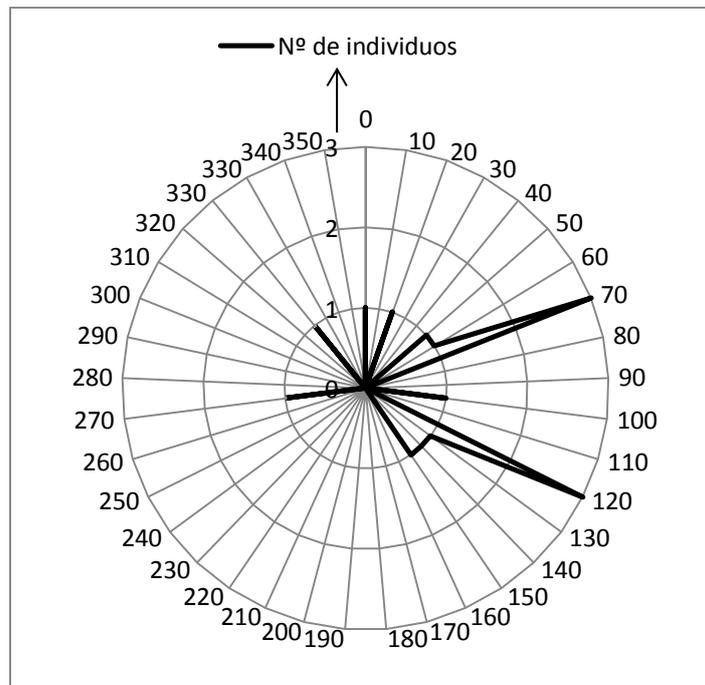


Fig. 25. Número de ejemplares según orientación (rumbo en grados sexagesimales) de las valvas en la estación de Irta.

Según los datos obtenidos, en la representación superior (Fig. 25) se puede observar que la orientación de las valvas predominante se encuentra entre los 70° y los 120° , una orientación que podría resultar favorable a la hora de resistir la fuerza del hidrodinamismo producido durante los temporales de levante.

5.3. Censos en círculos.

Se han determinado dos puntos georeferenciados en el entorno del islote de la Olla, en el P.N. de la Serra Gelada y su entorno litoral para establecer dos estaciones de censo en círculos (Fig. 26). Estos puntos se han elegido por albergar altas densidades de *P.nobilis* y por sus condiciones de protección al oleaje, ya que tanto el propio islote de la Olla como la orografía de la bahía de Altea, aíslan estas poblaciones del hidrodinamismo producido durante los temporales.

En esta zona se observa la distribución en agregados de esta especie, en la que las agrupaciones alcanzan densidades de hasta 9,55 individuos/100 m² en el caso de la estación Olla1. La georeferenciación de los puntos se ha llevado a cabo utilizando el datum WGS 84.

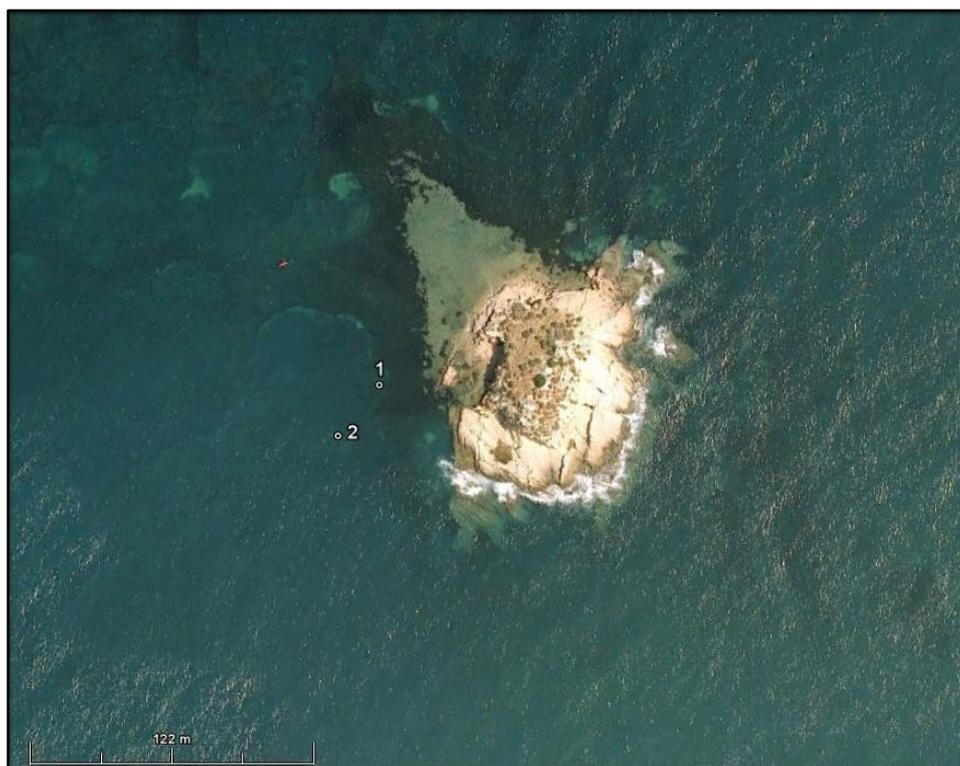


Fig. 26. Estaciones de censo en círculo en el islote de la Olla.

Se ha representado gráficamente los datos de localización (rumbo y distancia a un punto georeferenciado y marcado) tomados en cada estación que ayudan a ubicar cada individuo. En el caso de Olla 1 se dispone únicamente de los datos de dispersión (Fig.27), en el caso de Olla2 además, se representan de forma intuitiva los valores de talla de cada ejemplar (Tabla 4 y fig. 28).

La dispersión en agregados que se observa en las figuras responde a la naturaleza de esta especie. Los cuadrantes que muestran ausencia de ejemplares de *P.nobilis*, 4º en Olla 1 y 2º en Olla 2, se caracterizan por presentar una pradera fragmentada de forma natural con claros de arena.

En esta zona, debido a la orografía circundante, solo alcanzan la costa con fuerza los temporales de viento y oleaje de levante. Los puntos de las estaciones donde se detectó una alta densidad de nacras están ubicados justo a poniente del islote, en la zona donde el oleaje confluye y pierde su fuerza, contribuyendo a la deposición y establecimiento de larvas de *P.nobilis* que van repoblado esta zona.

A continuación se muestran los valores de localización y talla de la estación Olla 2. El tamaño de altura máxima reportada ha sido el de un ejemplar de 37,06 cm, no encontrándose de este modo ejemplares de gran porte.

Nombre	Rumbo	Distancia	Altura máxima
1	310	4,3	37,06
2	310	4,4	22,42
3	320	6,4	22,42
4	330	6,6	22,42
5	320	5,3	37,06
6	330	6,3	22,42
7	330	11	17,00
9	280	9,1	22,42
10	260	6,2	17,00
11	240	8,1	25,23
12	230	10,5	28,10
13	60	7	17,00
14	30	10,5	22,42

Tabla. 4. Datos referentes a la localización y talla de cada uno de los ejemplares de la estación Olla 2.

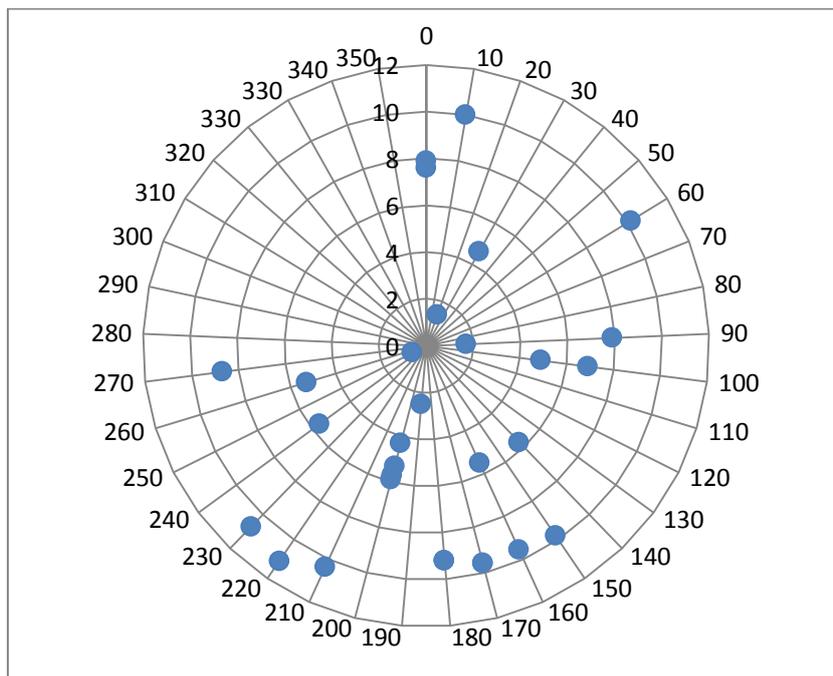


Fig. 27. Dispersión de los individuos de *P.nobilis* en la estación Olla 1, se muestra distancia en metros y rumbo en grados sexagesimales al punto georreferenciado de cada individuo.

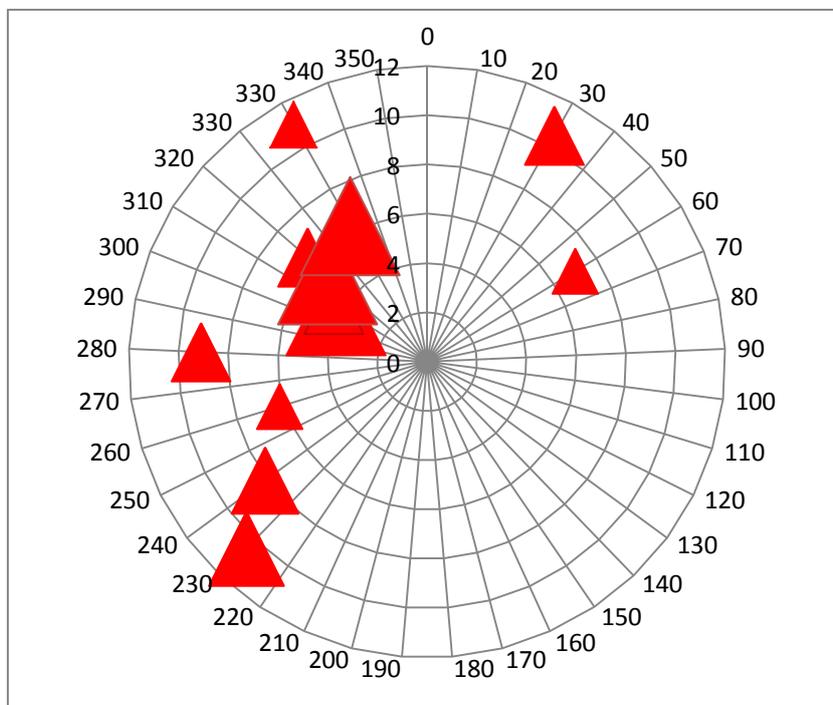


Fig. 28. Dispersión de los individuos de *P.nobilis* y tamaños en la estación Olla 2, se muestra distancia en metros y rumbo en grados sexagesimales al punto georreferenciado de cada individuo.

5.3.1. Registros de temperatura

Se ha obtenido una serie temporal de temperatura media de la zona del islote de la Mitjana, correspondiente a la cota de 17 metros durante el periodo comprendido entre el 11 de octubre y el 26 de febrero de 2012. Se observan algunas oscilaciones durante octubre y noviembre en la tendencia descendente de la línea de temperaturas (Fig. 29), que tal y como se refleja en el gráfico de altura de ola en esta zona (Fig. 30, punto WANA 2083028) durante todo el periodo 2013, se podría corresponder con la inestabilidad registrada en estos meses, que pudo alterar la ubicación de la termoclina produciendo oscilaciones de las distintas masas de agua. Sombreado en rojo se puede observar en ambas figuras los periodos de inestabilidad, tanto térmica como en el oleaje.

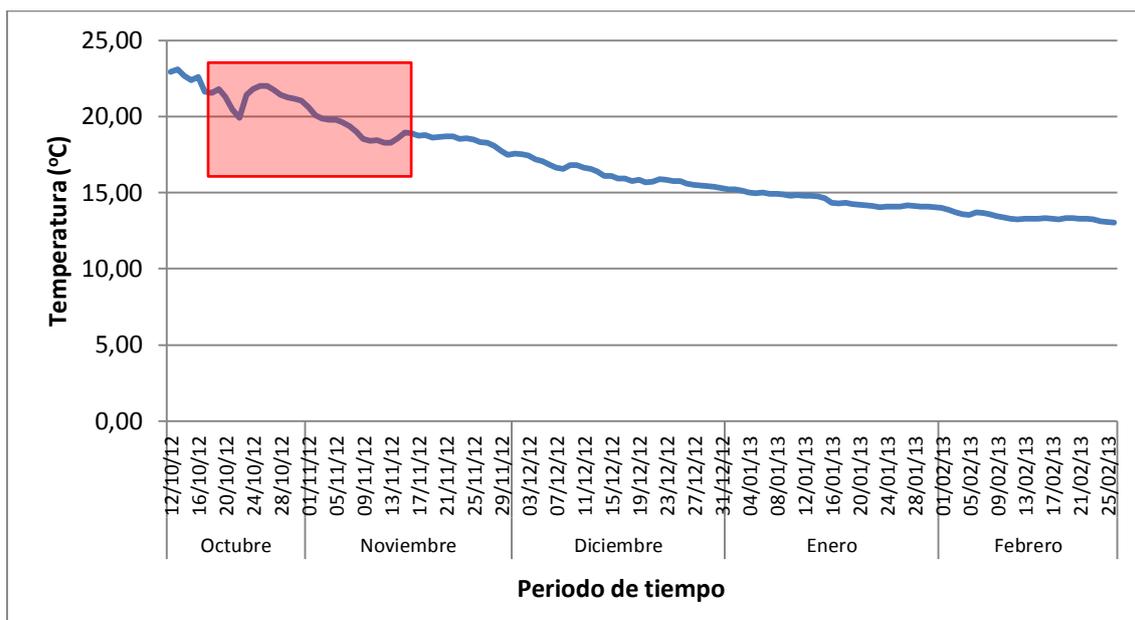


Fig. 29. Registro de temperatura a 17 m de profundidad en el periodo octubre-febrero en Mitjana.

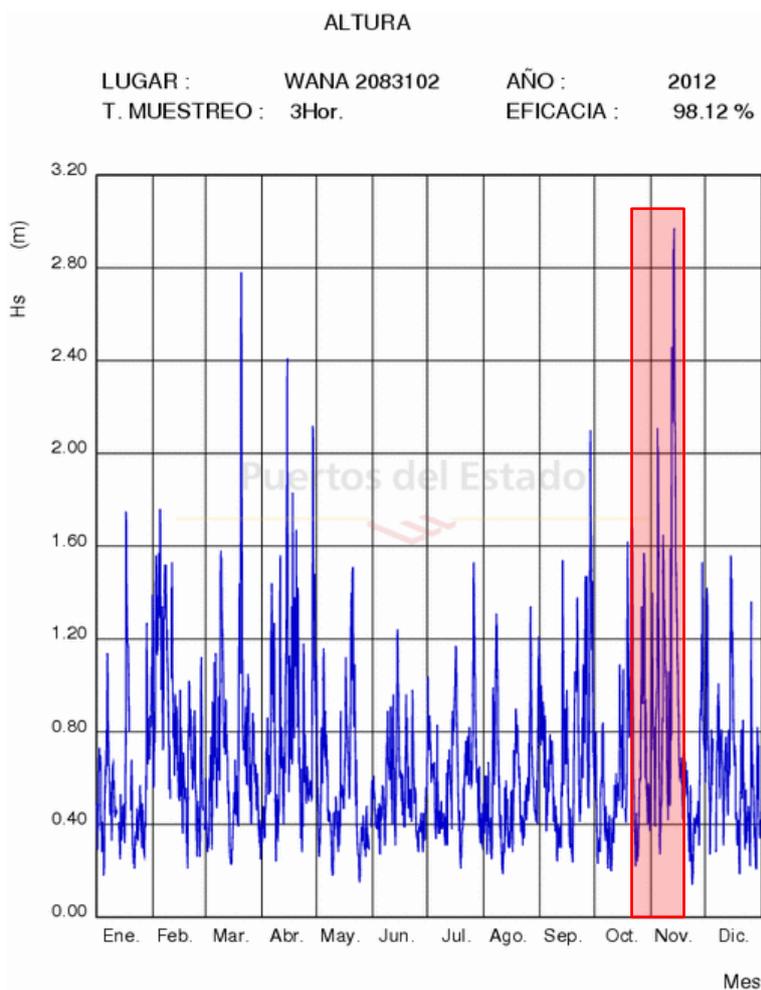


Fig. 30. Gráfico de altura del oleaje durante el año 2012 en el punto WANA 2083028.

6. DISCUSIÓN

En este estudio se ha realizado la caracterización de 3 zonas en cada espacio natural protegido costero de la Comunidad Valenciana, basándose en las consideraciones de la Red Natura 2000 Marina. Las praderas de *P. oceanica* constituyen un hábitat que el Consejo Europeo ha calificado de conservación prioritaria. Se han estudiado dos parámetros de medición anual obligatoria según normativa europea, la cobertura del sustrato por los rizomas y la densidad de haces. Según la clasificación global establecida por Pergent *et al.* (1995), basada en la densidad de haces de *P. oceanica* según la profundidad a la que se miden, los valores obtenidos en todas las zonas de muestreo determinan un estado favorable de conservación, asignando la categoría "alta" a la densidad registrada. Los datos obtenidos de cobertura de rizomas denotan la existencia de praderas homogéneas y han permitido detectar la presencia de parches de distinta extensión y algunas zonas con mata muerta.

Durante el presente estudio se han detectado otras zonas con praderas de *P. oceanica* que no gozan de buen estado de conservación, elevada fragmentación, grandes áreas de mata muerta y baja densidad de haces, en las que la vulnerabilidad a la colonización por algas invasoras como *C. racemosa* es muy alta. Se han observado perturbaciones antrópicas en las praderas, derivadas del uso de lastres de hormigón utilizados para el balizamiento de zonas de baño y para amarre de embarcaciones, que al ser retirados en algunos casos, han dejado parches en su mayoría colonizados por *C. racemosa*, que impedirá el lento crecimiento de *P. oceanica*, debido a las condiciones de anoxia por acumulación y descomposición de materia orgánica generada por el crecimiento progresivo de sus estolones.

Además, se ha observado durante los meses de verano la elevada afluencia de embarcaciones a algunas de las zonas de muestreo (Pope y Mina), que aunque están dotadas de sistemas de amarre para embarcaciones, son insuficientes y se produce el fondeo mediante el uso de anclas y cadenas por parte de éstas. Los efectos derivados de estas prácticas degradan la pradera arrancando los rizomas y dejando cicatrices en la pradera. Éstas, se ha demostrado que tardan largos periodos de tiempo en ser recolonizadas, sobretudo en el caso de plantas de lento crecimiento como *P. oceanica*.

El seguimiento periódico de *P. oceanica* en la Cala del Pope ha alcanzado su tercer año en el registro de datos. Los seguimientos realizados sobre praderas de esta especie requieren de series temporales de muchos años para poder analizar los ciclos naturales que experimenta esta especie asociados a parámetros ambientales como la temperatura del agua o la turbidez de la misma. Por otra parte la metodología llevada a cabo para medir la cobertura, a pesar de ser la estandarizada en todas la redes de seguimiento del Mediterráneo español, ofrece sesgos al tratarse de estimaciones visuales del recubrimiento del sustrato, por lo que pequeñas variaciones durante el análisis de los datos deben ser interpretados en base a series periódicas largas. En este caso, se observan ligeros incrementos en la densidad de haces y cobertura de sustrato medidas en la cala del Pope al analizarlo de forma general. Sería conveniente tener en cuenta este incremento y observar si durante los próximos años se va repitiendo, tomándolo de este modo como tendencia. En el caso de la densidad de haces medida en estaciones fijas, al analizarlo de forma general, parece observarse una levísima disminución, que al tratarse de unos valores muy reducidos, podría considerarse como estable el estado de conservación de las praderas. Este parámetro, al tratarse de réplicas exactas año tras año, no ofrece tanta variabilidad como los anteriores.

Durante los meses de junio de 2012 a abril 2013, se han llevado a cabo los censos de *P. nobilis*. Se han localizado algunas zonas de elevada concentración de estos organismos, lo que denota una distribución agregada. En la Sierra de Irta, contra lo esperado, se han encontrado densidades altas de *P. nobilis* ($3,53 \text{ ind}/100\text{m}^2$), ya que siendo una zona de poca profundidad donde se localizan las praderas de *P. oceanica* (se ha encontrado *P. nobilis* a 3,9 m en algún caso) y estando totalmente expuesta al oleaje, era poco probable encontrar individuos de esta especie. Se ha observado que los individuos presentan una talla media de 28,04 cm de altura total y están en general, con una mayor proporción de estas inserta en el sustrato. La talla máxima obtenida en un ejemplar ha sido de 40,15 cm. Es destacable la ausencia de individuos de gran tamaño, seguramente debido al efecto del hidrodinamismo, y que no se han encontrado afecciones de tipo antrópico ni individuos muertos, a excepción de observaciones de restos de valvas. La orientación de las valvas se da mayoritariamente

hacia los 70° y 120°, pudiendo ser en una zona de poca profundidad como esta, un factor limitante en la supervivencia de cada ejemplar, ya que determina menos resistencia al hidrodinamismo producido por los temporales de levante. Destaca la ausencia de individuos tanto de pequeño como de gran tamaño. El primer caso puede deberse a problemas en el reclutamiento larvario, causado probablemente por la degradación de zonas próximas que podían exportar larvas y por la dificultad de establecimiento de las larvas, ya que su fijación se puede ver limitada por el hidrodinamismo en esta zona tan somera. En segundo lugar, la ausencia de individuos de gran porte puede deberse a que no resistan la fuerza del hidrodinamismo y se acaban desprendiendo.

En el Cabo de San Antonio, las densidades encontradas han sido menores (3.75, 3.18 y 2.50 ind/100m², en cada una de las zonas de muestreo) y aunque se detectan individuos de gran tamaño (69,83 cm de altura total), existen porcentajes elevados de individuos muertos y con fracturas en las valvas, algunos aún insertos en el sustrato y otros arrancados del mismo, causadas estas roturas posiblemente por el efecto de anclas y cadenas, ya que se ha observado durante el verano gran número de embarcaciones fondeadas fuera de las zonas habilitadas para ello. La talla media registrada para toda esta área de estudio es de 28,33 cm. En la distribución de tallas destaca la ausencia de individuos de gran tamaño, pudiéndose deber a los efectos del fondeo incontrolado, la contaminación de emisarios próximos en esta zona o incluso a la extracción por su valor ornamental. Se han detectado bastantes individuos de talla pequeña con lo que parece que el reclutamiento no se está viendo afectado negativamente por ningún factor ambiental.

En Serra Gelada, se presentan las mayores densidades, 9,55 ind/100m² en la zona de la Olla, así como los individuos de mayor tamaño, hasta 73,31 cm de altura total. Los porcentajes más elevados de individuos muertos aparecen en Mina y Olla (41,66% y 33,33% de individuos muertos, respectivamente), que es donde mayor afluencia de embarcaciones con fondeo irregular se ha observado. Por último, en Mitjana, el total de los individuos presentaba buen estado de conservación. La distribución de tallas es amplia y se observan tanto individuos de pequeño como de gran tamaño. Es el área de estudio donde se han detectado los individuos de mayor

tamaño, algunos de ellos muertos, por lo que es probable que se esté produciendo algún tipo de agresión antrópica como el fondeo irregular o que factores naturales como el hidrodinamismo o la contaminación, estén mermando la población adulta de esta especie.

El estudio llevado a cabo debería considerarse como preliminar a la hora de valorar el estado de conservación de las poblaciones de *Pinna nobilis*, ya que conocer la dinámica de la población y los factores concretos que causan su regresión en algunas zonas, requiere de seguimientos a largo plazo.

7. CONCLUSIONES

En los Espacios Naturales Protegidos con ámbito marino de la Comunidad Valenciana, según los datos obtenidos durante este estudio, las praderas de *P. oceanica* presentan en general un buen estado de conservación, habiéndose detectado agresiones de origen antrópico debidas al fondeo de embarcaciones y a vertidos incontrolados que incrementan la turbidez del agua en alguna zonas.

Se han detectado zonas de elevada densidad de *P. nobilis* en todas las áreas de estudio, formando agregados en aquellas zonas protegidas del viento y oleaje donde la probabilidad de establecimiento de las larvas es mayor. Estas zonas son frecuentadas por embarcaciones de recreo, que aprovechan la protección que ofrecen para fondear, por lo que se hace necesario establecer alternativas al uso de anclas.

La información referida a la demografía de *Posidonia oceanica* y a la dinámica poblacional de *Pinna nobilis*, debe alcanzar series temporales de largo plazo para poder interpretar las posibles fluctuaciones y aplicar medidas de gestión en consecuencia. Se hace indispensable por tanto, establecer programas de seguimiento y campañas de sensibilización para reducir el efecto de los factores antrópicos implicados en la degradación de las comunidades biológicas del medio marino.

8. AGRADECIMIENTOS

A la Fundación "Obra Social La Caixa" por permitir realizar este estudio y fomentar líneas de investigación y seguimiento del medio marino, y contribuir a consolidar las bases de conocimiento de hábitats prioritarios marinos en espacios naturales protegidos de la Comunidad Valenciana.

A la asamblea municipal de la Cruz Roja de Altea por contribuir de manera activa a la protección del medio ambiente marino y por sus apoyos logísticos en este estudio.

Al servicio de vigilancia de la Reserva Natural Marina de los fondos del Cabo de San Antonio.

A la facultad de Ciencias Experimentales, grado Ciencias del Mar de la Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir por su apoyo científico y técnico.

A la Asociación medioambiental Poseidón por su apoyo científico y técnico.

9. REFERENCIAS

- Bethoux, J. & Copin-Motegut, G., 1986. Biological fixation of atmospheric nitrogen in the Mediterranean Sea. *Limnology and Oceanography*, 31: 1353-1358.
- Boudouresque, C.F., Ruitton, S. & Verlaque, M., 2006. Anthropogenic impacts on marine vegetation in the Mediterranean. *Proceedings of the second Mediterranean symposium on marine vegetation*. Athens, 12-13 December 2003. United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan and Regional Activity Centre for Specially Protected Areas publ., Tunis, 34-54.
- Ceccherelli, G., Campo, D. & Milazzo, M., 2007. Short-term response of the slow growing seagrass *Posidonia oceanica* to simulated anchor impact. *Marine Environment*, 63: 341-349.
- Fernández-Torquemada & González-Correa, J.M., Sánchez-Lizaso, J.L., 2005. *Análisis de la viabilidad del proyecto: restauración ambiental de la pradera de Posidonia oceanica y reimplante de Pinna nobilis en relación al proyecto de ampliación del puerto deportivo Luis Campomanes (T.M. Altea, Alicante)*. Universidad de Alicante para WWF.
- Foulquie, M. & Dupuy, G., 2003. Mise en place d'un suivi des grandes naces (*Pinna nobilis*) dans la zone Natura 2000 des "Posidonies du Cap d'Agde", Hérault, France. *Institute Oceanologie. Paul Ricard*, pp 49-55.
- Francour, P., Ganteaume, A. & Poulain, M., 1999. Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean Sea). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 9: 391-400.
- García-March, J.R. & Ferrer, J., 1995. Biometría de *Pinna nobilis* L., 1758: una revisión de la ecuación de de Gaulejac y Vicente (1990). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 11: 175-181.
- García-March, J.R., García-Carrascosa, A. M. & Peña A.L., 2002. *In situ* Measurement of *Pinna nobilis* Shells for Age and Growth Studies: A New Device, *Mar. Ecol. PSZN* 23 (3): 207-217.
- García-March, J.R., 2003. Contribution to the Knowledge of the Status of *Pinna nobilis* (L.) 1758 in Spanish Coasts. *Institute Oceanologie. Paul Ricard*, pp 29-41.

- García-March, J.R., 2005. Aportaciones al conocimiento de la biología de *Pinna nobilis* Linneo, 1758 (Mollusca Bivalvia) en el litoral mediterráneo ibérico. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. (www.tesisenxarxa.net/TDX-0628106-132411/).
- Hadjichristophorou, M., Argyrou, M., Demetropoulos, A. & Bianchi, T.S., 1997. A species list of the sublittoral soft-bottom macrobenthos of Cyprus. *Acta Adriatica*, 38:3–32.
- Hendriks, I.E., *et al.*, 2008. Experimental assessment and modeling evaluation of the effects of seagrass (*Posidonia oceanica*) on flow and particle trapping. *Marine Ecology Progress Series*, 356: 163-173.
- IUCN Red List of Threatened Species, version 2012.2.
- Katsanevakis, S., 2007. Growth and mortality Rates of the fan mussel *Pinna nobilis* in Lake Vouliagmeni (Korinthiakos Gulf, Greece): A generalized additive modelling approach. *Marine Biology*, 152: 1319-1331.
- Kendrick, G.A., Marba, N. & Duarte, C.M., 2005. Modelling formation of complex topography by the seagrass *Posidonia oceanica*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65: 717-725.
- Laguna, E. (coord.), 2003. *Hàbitat Prioritaris de la Comunitat Valenciana. Valors faunístics y botànics*. Valencia: Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Hàbitatge.
- Marba, N., Santiago, R., Diaz-Almela, E., Alvarez, E. & Duarte, C.M., 2006. Seagrass (*Posidonia oceanica*) vertical growth as an early indicator of fish farm-derived stress. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67: 475-483.
- MEDPAN (2006) Guide d'aide à la gestion des Aires Marines Protégées.
- Milazzo, M., Badalamenti, F., Ceccherelli, G. & Chemello, R., 2004. Boat anchoring on *Posidonia oceanica* beds in a marine protected area (Italy, western Mediterranean): effect of anchor types in different anchoring stages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 299: 51-62.

- Montefalcone, M., Chiantore, M., Lanzone, A., Morri, C., Albertelli, G. & Bianchi, C.N., 2008. BACI design reveals the decline of the seagrass *Posidonia oceanica* induced by anchoring. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1637-1645.
- Moreno, D., Luque, A.L. & Templado, J., 2004. Distribución en Andalucía. En: Luque A.A. & Templado, J. (coords.) *Praderas y bosques marinos de Andalucía*. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente, pp 60-63.
- Pergent, G., Pergent-Martini, C. & Boudouresque, C.F., 1995. Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: Etat des connaissances. *Mesogée* 54: 3-27.
- Plan de Ordenación de Recursos Naturales de la Sierra de Irta, Decreto 78/2001. Generalitat Valenciana.
- Plan de Ordenación de Recursos Naturales de la Serra Gelada y su entorno litoral, Decreto 58/2005. Generalitat Valenciana.
- Plan Rector de Usos y Gestion del Montgó, Decreto 229/2007. Generalitat Valenciana.
- Ruiz Fernández, J.M., Ramos Segura, A. & García Muñoz, R., 2006. Introducción reciente y expansión del alga tropical invasora *Caulerpa racemosa* en el litoral de la Región de Murcia. Murcia: *Informe del Instituto Español de Oceanografía*.
- SMAT Neptune Environement (2002). For the respect and protection of the seabed.
- Templado, J., 2001. *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758. En: Ramos, M.A., Bragado, D. & Hernández, J. (eds.). *Los Invertebrados no insectos de la Directiva de Hábitats en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente. Colección Técnica, pp 82-92.
- Templado, J., 2002. *Pinna nobilis*. En: Templado, J. & Calvo, M. (eds.). *Flora y fauna de la Reserva marina de las islas Columbretes*. Madrid: Secretaría General de Pesca Marítima (MAPA), pp 126-129.
- Templado, J., Ballesteros, E., García Raso, J. E., San Martín, G., López García, E., Salas, C., Luque, A. A., Sánchez-Lizaso, J. L. & Moreno, D., 2004. La comunidad posidonícola. En: Luque, A.A. & Templado, J. (coords) *Praderas y bosques marinos de Andalucía*. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente, pp 89-116.

Terlizzi A., Felling S., Lionetto M.G., Caricato R., Perfetti V., Cutignano A. & Mollo E., 2011. Detrimental physiological effects of the invasive alga *Caulerpa racemosa* on the Mediterranean white seabream *Diplodus sargus*. *Aquatic Biology*, 12: 109-117.

Vicente, N., 1990. Estudio ecológico y protección del molusco lamelibranquio *Pinna nobilis* L. 1758 en la costa mediterránea. *Iberus*, 9: 269-279.

VV.AA., 2004. *Evaluación de la situación y propuestas de actuación para la conservación de la nacra en el LIC de la Serra Gelada y la Marina Baixa. Contrato de investigación aplicada a la conservación de la nacra (Pinna nobilis) en la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana, Dirección General de Planificación y Gestión del Medio, Servicio de Conservación y Gestión de la Biodiversidad, Consellería de Territorio y Vivienda, 87 p.

10. ANEJO FOTOGRÁFICO

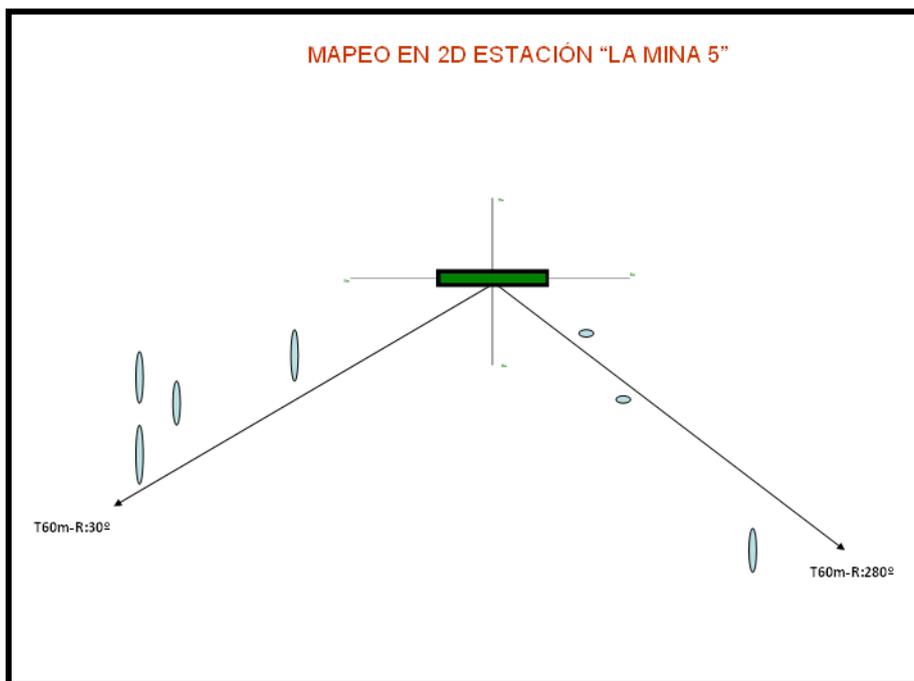


Fig.1. Mapeo bidimensional de la estación MINA 5.



Fig. 2. Ejemplar de *P.nobilis* dañado y extraído del sustrato.



Fig. 3. Ejemplar juvenil sustraído del sustrato.



Fig. 4. Ejemplar adulto con valvas rotas y aun fijado al sustrato.



Fig. 5. Medición de ejemplar de *P.nobilis*.



Fig. 6. Transecto de medición de *P.nobilis*.



Fig. 7. Altas densidades de *Pinna nobilis* en cala la Mina.



Fig. 8. Ejemplar de gran tamaño dañado extraído para realizar pruebas en laboratorio.



Fig. 9. Estación de censo en círculos señalizada con piqueta y boya.



Fig. 10. Instalación de sensores de temperatura.



Fig. 11. Aparato respiratorio y filtrador de *Pinna nobilis*.



Fig. 12. Ejemplar juvenil desprendido en fondo arenoso-fangoso.