

# **EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LA CREACIÓN DE UNA RESERVA MARINA : EL CASO DE LAS ISLAS MEDES**

**Miguel Zavala Limousin**

*Departament d'Ecologia; Universitat de Barcelona.*

## **RESUMEN**

Las Reservas Marinas son una de las posibles soluciones a la presión humana actual -excesiva- sobre los ecosistemas litorales. La Reserva marina de las islas Medes fue creada en 1983 para conservar la fauna y flora de los fondos marinos de este pequeño archipiélago catalán. Desde 1990 un programa de seguimiento biológico intenta evaluar los cambios en su patrimonio natural a fin de proporcionar criterios de gestión. Se han detectado efectos directos “positivos” sobre las poblaciones de peces y de coral rojo; pero también efectos indirectos “negativos” sobre la población de erizos comestibles y de langostas. La frecuentación intensiva de los fondos por visitantes escafandristas plantea problemas de erosión de las comunidades sésiles que brindan buena parte de su belleza al paisaje submarino. Estos resultados recalcan la urgencia de realizar estudios continuados de evolución del patrimonio. También sugieren la necesidad de limitar el acceso a los espacios litorales protegidos.

## **INTRODUCCIÓN : ¿POR QUÉ LAS RESERVAS LITORALES?**

El litoral es una frontera, una línea que separa dos dominios diferentes, el marino y el terrestre. Y como la mayoría de las fronteras es un lugar de acumulación y de actividad redoblada. El hombre ha descubierto desde su

prehistoria las ventajas de habitar cerca de las costas (p.e. un clima más suave, abundancia de alimento) y el interés se ha acrecentado tras la sociedad industrial con la aparición del turismo como un fenómeno de masas. Hoy día, la tendencia común para todos los países de clima benigno es la completa ocupación urbana de sus costas en un proceso que conduce a la formación de cinturones litorales urbanos continuos.

Es de fundamental importancia recalcar que, como todas las fronteras, la costa es un espacio de extensión limitada, una línea. Y si sobre ella se proyecta tal número de expectativas de actividad humana no nos ha de extrañar que surjan frecuentes conflictos de intereses: la costa es una “zona caliente”. Lo más preocupante es que esta tendencia probablemente no ha hecho más que comenzar y no es temerario pronosticar que se agudizará en los años venideros.

El resultado más evidente de la superpoblación de la costa es la degradación de sus espacios desde la doble perspectiva paisajística y de su patrimonio natural. La causa próxima de la degradación reside en una sobre-explotación de sus recursos naturales y en los numerosos desajustes en el ciclado de esos y otros materiales a consecuencia de la frenética actividad humana, lo que vulgarmente conocemos como fenómenos de contaminación. El efecto más visible sobre nuestra sociedad son los conflictos de usos que se ven agravados por la caótica distribución de competencias administrativas, herencia de una concepción del litoral totalmente obsoleta.

### **Una cuestión de número**

La colisión de intereses ha llevado a un encendido debate sobre quienes son los auténticos responsables de la degradación de la costa. El razonamiento se repite y básicamente podría resumirse así : “Nosotros no podemos ser los responsables ya que nuestra actividad viene realizándose desde antiguo y antes las cosas no estaban mal”. Corolario : “Si no somos nosotros, los responsables han de ser los otros”. Curiosamente todos los sectores razonan igual. ¿Por qué? Yo creo que básicamente todos tienen razón: su actividad no es agresiva. Pero todos olvidan una cosa : antes eran muchos menos.

En un intento de ser objetivos, los ecólogos lo plantearíamos más o menos en los siguientes términos: aceptemos que cualquier actividad humana puede tener un cierto impacto cuantificable en la degradación ambiental, y que la degradación total de un ambiente se podrá calcular como la suma de las contribuciones de cada una de las actividades a su degradación” :

$$M = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + \dots + m_x$$

“donde M es la degradación total y  $m_1, m_2 \dots m_x$  las contribuciones de las actividades 1,2,...x.

La contribución de cada actividad puede desglosarse a su vez en un producto, el del coeficiente de agresividad específica de esa actividad o capacidad de agresión por unidad de esfuerzo o por individuo ( $a_1, a_2, a_3 \dots a_x$ ) por la cantidad de esfuerzo o número de individuos que la realizan ( $N_1, N_2, N_3, \dots N_x$ ):

$$m_x = a_x * N_x$$

La agresividad específica de cada actividad  $a_x$  puede ser muy variable (p.e. pesca amateur versus pesca profesional) pero en general yo creo que en la mayoría de los casos -y en esto coincido con casi todos los usuarios- , la agresividad es baja. El problema es que, incluso si  $a_x$  es baja, el producto  $m_x$  puede ser elevado si el número de usuarios  $N_x$  se incrementa exageradamente. Y lo que es más grave, que un pequeño incremento en la contribución de todas las actividades puede acabar constituyendo una gran cantidad en el sumatorio final M. En resumen, aunque  $a_1, a_2, a_3, \dots a_x$  sean bajas el sumando M es grande cuando las  $N_1, N_2, N_3 \dots N_x$  son grandes.

### **Las reservas: una de las soluciones útiles**

Es evidente que las Reservas marinas no son la única solución posible, ni mucho menos la solución a todos los problemas. Pero si es cierto que la causa principal de la degradación del litoral es la acumulación de un exceso de actividades humanas, las Reservas Marinas son una de las soluciones que han demostrado su utilidad porque, al prohibirse o limitarse algunas actividades los coeficientes de agresividad de esas actividades ( $a_1, a_2, a_3 \dots a_x$ ) se hacen 0 o muy bajos. Y alternativamente, si la actividad no es totalmente eliminada, queda la posibilidad de regular el número de usuarios, haciendo disminuir las  $N_1, N_2, N_3 \dots N_x$ .

En todo caso debe quedar claro que se puede llegar al mismo resultado final (=M mínimo) por varios caminos, y si existe la posibilidad de regular el número de actividades y el impacto de cada una de ellas, se puede llegar al mismo resultado final a base de diferentes combinaciones. O lo que es lo mismo, conviene que el régimen legal de las Reservas sea suficientemente elástico y ágil

como para permitir todas las modificaciones y ajustes en el régimen de usos que sean necesarios para alcanzar la solución más adecuada a cada caso. La gestión de las Reservas litorales debe ser muy dinámica.

### **Urgente: ¿Qué pasa cuando se crea una reserva?**

Desgraciadamente, la experiencia de manejo de Reservas marinas en los albores del siglo 21 es tan limitada que existen muchas dudas sobre cuáles son las mejores estrategias de gestión a seguir (p.e. reservas grandes o muchas pequeñas, prohibir o limitar la pesca, etc.). Resulta especialmente urgente la experimentación y la recopilación sistemática de información sobre los resultados de las experiencias actualmente en curso. Tenemos que saber cuáles son los efectos reales de la creación de las Reservas litorales.

## **LAS CUESTIONES BÁSICAS**

Si nos planteamos qué sucede cuando un segmento de costa es declarado Reserva, dos cuestiones destacan por encima de las demás.

La primera es un clásico de la ecología: ¿Qué sucede en un ecosistema cuando se elimina de sus redes tróficas al que es su depredador principal y culminal, el hombre?

La segunda es más novedosa. El poder de atracción de masas que ejercen los espacios protegidos en la sociedad actual ha hecho emerger procesos que si no son totalmente nuevos cobran ahora un papel preponderante: los derivados de la actividad del hombre reducido al papel de observador, de simple mirón. ¿Resulta totalmente inocua la actividad del hombre cuando queda reducido a mero observador pasivo? O dicho de otra forma, ¿Debe haber algún límite a la frecuentación o visitación de las Reservas?

### **Efectos directos e indirectos**

Los ecólogos suponen que las interacciones entre las especies que componen un ecosistema se pueden describir como una red compleja hecha del cruzamiento de conexiones simples binarias: las redes tróficas. Estas redes funcionan como un sistema cibernético de estabilización, de forma que en un ecosistema de

aspecto más o menos estacionario el número de individuos de una especie está condicionado por el número de individuos de muchas otras que les sirven de presas o que depredan sobre ella.

¿Qué consecuencias cabe esperar de la eliminación de una especie de una red trófica? Un reajuste en las relaciones numéricas de las especies que están vinculadas directamente a ella (presas y/o depredadores) e, indirectamente, de las especies vinculadas a las segundas. Así que podemos hablar de un efecto directo sobre las especies linealmente conectadas a la que se elimina, y de efectos indirectos en cascada, pero de intensidad decreciente, sobre muchas de las especies del ecosistema. Evidentemente, los efectos directos suelen ser los más drásticos, previsibles y por ello mismo los más estudiados. Mucho más difíciles de anticipar y de estudiar, los efectos indirectos han recibido menos atención; pero pueden llegar a ser enormemente intensos e importantes.

### **CUANDO EL HOMBRE RENUNCIA A SER EL DEPRADOR PRINCIPAL**

Los ecólogos predicen también que, en la interacción entre un depredador y sus presas, el control lo ejerce el depredador; y que, en una red compleja, la importancia del control aumenta con el nivel trófico a que se sitúe el depredador : el control máximo lo ejercen los depredadores culminales (top predators).

Por la fuerza que le confiere su desarrollo cultural (tecnología) y demográfico, el hombre se ha convertido en el principal depredador de las redes tróficas de casi todos los ecosistemas. En su hegemonía, las primeras especies que elimina el hombre son las que compartían con él los atributos de depredadores culminales (lobos, osos, pero también focas, delfines, etc.), de forma que el control de muchos de los ecosistemas actuales está casi monopolizado en sus relaciones tróficas por el hombre. Para satisfacer sus propias necesidades el hombre actual somete a estos ecosistemas a una fuerte sobre-explotación y el relativo equilibrio dinámico que se consigue en estas circunstancias se basa en el predominio de especies de vida corta, y fuerte tasa de renovación, susceptibles de una fuerte explotación: el hombre mantiene los ecosistemas bajo tensión. Si esta tensión se relajara por una suavización de la presión humana, se produciría todo un reajuste de los equilibrios del sistema con la recuperación de especies más longevas y de turnover más lento.

El litoral no es una excepción a estas generalizaciones (Fig.1) y así, cuando en una Reserva litoral el hombre renuncia a su papel depredador

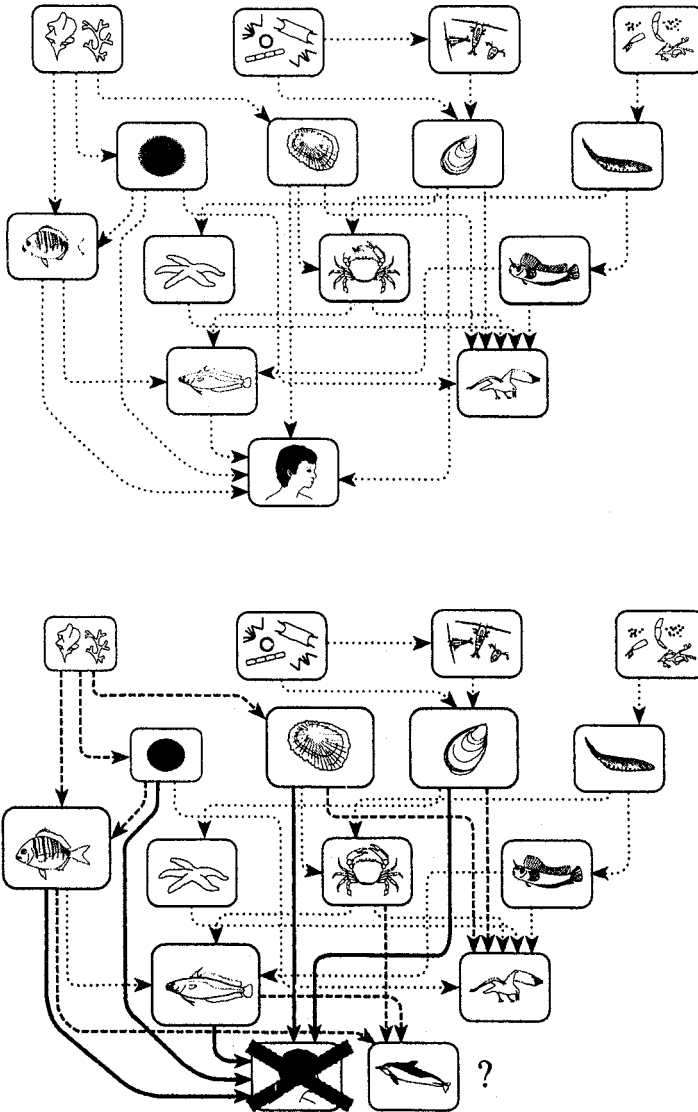


Fig. 1. Esquema de una red trófica litoral con y sin la presencia del hombre como depredador culminal. Hasta que otro posible depredador, como el delfín o la foca lo suplante la desaparición de la presión directa (flechas negras continuas) del hombre sobre algunos núcleos de la red no sólo afecta a la abundancia de las especies involucradas en tales núcleos sino también indirectamente (flechas negras discontinuas) a las que están vinculadas con éstas.

prohibiendo las actividades extractivas, es lógico esperar cambios rápidos y muy drásticos en las relaciones numéricas de las especies de ese ecosistema. El papel de depredador culminal y dominante del hombre en estos sistemas permite preveer que la cascada de efectos indirectos será detectable mucho más allá de lo que son las simples especies depredadas.

¿En que sentido se ejercerán esos cambios? Si las especies que se liberan de la depredación humana son a su vez depredadores de alto nivel a las que el hombre había liberado totalmente del control de otros depredadores -como muchos peces carnívoros del Mediterráneo occidental a los que prácticamente ha sacudido de la presión de las focas, cetáceos, etc.- el cambio esperable es una fuerte recuperación de sus poblaciones.

Pero si la especie en cuestión es un depredador de bajo nivel sometido también al control de otros depredadores, a los que a su vez controlaba el hombre (p.e. muchos moluscos, crustáceos, etc.), el efecto directo de recuperación que tendría la desaparición del hombre como depredador puede verse enmascarado e incluso desbordado por el efecto indirecto negativo de la recuperación de sus otros depredadores (p.e. los peces).

El sentido que adopten los cambios debidos a estas interacciones indirectas es tan difícil de preveer que no existe otro camino de progreso que el experimental. Como algunos de estos efectos indirectos, además de inesperados pueden resultar decididamente indeseables, el desarrollo de esta labor experimental resulta una necesidad de primer orden.

### **¿Es totalmente inocua la presencia del hombre como observador?**

El papel del hombre en los ecosistemas no se limita a sus relaciones tróficas. ¿Es seguro que una vez renunciado a su papel depredador la presencia del hombre en las Reservas es totalmente inocua? Dicho de otra manera, ¿El coeficiente de agresividad específica de la actividad "visitar la Reserva",  $av$ , es exactamente 0? Porque por muy pequeño que sea el valor de  $av$  si el número de visitantes  $Nv$  es muy elevado el resultado  $mv$  puede ser nada despreciable. Numerosas experiencias en Reservas terrestres pero también en Reservas marinas (p.e. Eilat en Israel, Hurgada en Egipto, etc.) prueban que la masiva visitación de los espacios protegidos produce efectos deletéreos sobre sus poblaciones. Se han detectado diferentes mecanismos de agresión asociados a la frecuentación.

De manera directa, el desplazamiento de los visitantes produce una erosión física de los itinerarios recorridos. Este problema es especialmente agudo en el

caso de las visitas subacuáticas a causa de la torpeza del hombre en un ambiente hostil para el que necesita armarse de farragosos equipos.

Un efecto más indirecto es el cambio en el comportamiento de algunos animales, que puede ser de huida en el caso de los que peor toleran la promiscuidad, o de aproximación y dependencia como es el caso de los que mendigan comida de los visitantes.

Por otro lado, y éste puede ser uno de los efectos más indeseables, la frecuentación humana exige o cuando menos favorece la proliferación de equipamientos de servicios en la periferia de las Reservas (p.e. hoteles, chiringuitos, accesos, aparcamientos, basuras) que pueden tener consecuencias muy perturbadoras : eutrofización, residuos, ruidos, incendios.

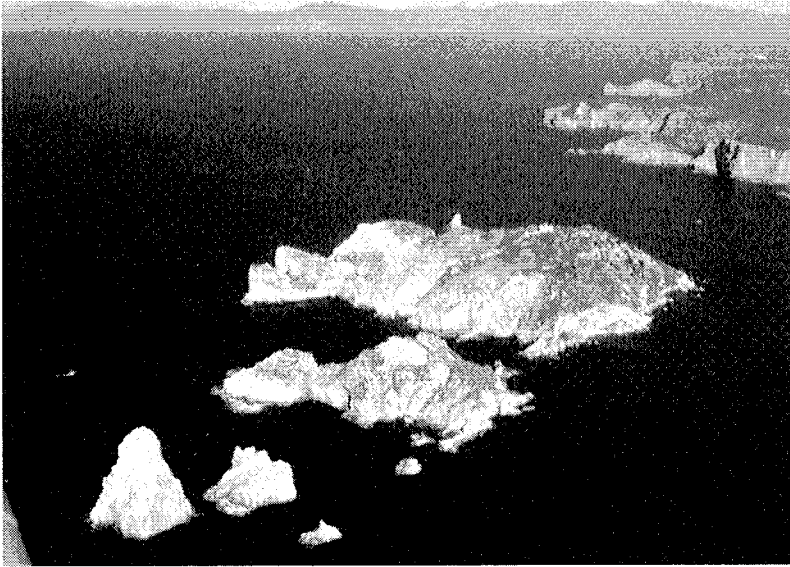
Dado que la fascinación que ejerzan esos oasis que son las Reservas en una sociedad cada vez más “desnaturalizada” no hará sino aumentar, y que la tendencia a la frecuentación excesiva será un fenómeno si no inevitable sí común a todas ellas, parece muy útil evaluar la envergadura de sus efectos como uno de los criterios de más peso en la gestión del patrimonio natural.

## **EL CASO DE LAS ISLAS MEDES**

Las Islas Medes son un grupo de pequeños islotes situados en el corazón de la Costa Brava (Girona), a una milla escasa de la población costera de L’Estartit (Fig.2). Probablemente a causa de su situación estratégica (posición avanzada al sur del Golfo de Roses, bañada por la corriente ligur que aporta aguas del Ródano y en la proximidad de la desembocadura del río Ter) y de su perfil agresivo (por su lado exterior se alcanzan rápidamente los 50 y más metros de profundidad) los fondos marinos de estos islotes se ven beneficiados de una rica flora y fauna bentónicas que les valieron desde antiguo una justa reputación entre pescadores, coraleros, cazadores submarinos y más recientemente entre los escafandristas.

Respondiendo a una antigua reivindicación de la comunidad científica y del sector de actividades subacuáticas, la Generalitat de Catalunya decretó en 1983 la protección de los fondos marinos de las islas Medes dentro del perímetro definido por una distancia de 75 metros afuera de sus vértices. La parte emergida de las Islas que cuenta entre su patrimonio con una flora empobrecida pero de composición singular, una gran colonia nidificante de gaviotas patiamarillas (*Larus cachinnans*) y una valiosa colonia de ardeidos (*Bubulcus ibis*, *Nycticorax*





*Fig. 2. Foto aérea de las islas Medes.*

nycticorax, *Egretta garzetta*) y de cormoranes moñudos (*Phalacrocorax aristotelis*) no ha sido protegida. De hecho el guano y la agresividad de las más de 10.000 parejas de gaviotas que nidifican en su interior disuaden de forma eficaz a los visitantes, y estas islas, que no están habitadas por el hombre, resultan muy poco visitadas.

En 1991, por medio de una Ley (19/1990 de 10 de Diciembre de la Generalitat de Catalunya), la misma Generalitat ampliaba el área marina estrictamente protegida a un radio de 200 metros, declaraba una zona de pre-parque más extensa, y potenciaba sus prerrogativas de control, a la vez que establecía explícitamente la necesidad de limitar su frecuentación submarina. Esta disposición sale al paso de la desmesurada atracción que una bien planificada campaña de promoción turística ha despertado en los escafandristas de toda Europa. Ya desde 1990 se estima que el número de inmersiones realizadas anualmente supera la cifra de 100.000 (Fig.3). Probablemente aún mayor es el número de personas que las visitan utilizando pequeñas embarcaciones de crucero provistas de fondo de cristal. En verano, las zonas resguardadas de las islas son codiciadas por numerosas embarcaciones de bañistas que acceden a ellas desde el vecino puerto deportivo de L'Estartit. Si tenemos en cuenta la pequeña



*Fig. 3. Embarcación de un club de escafandristas que visitan las islas Medes. En los días de máxima actividad pueden operar hasta 8 embarcaciones que realizan entre 3 y 4 viajes por día.*

dimensión de las islas comprenderemos que estas densidades de frecuentación se encuentran entre las más elevadas del Mediterráneo y probablemente del mundo.

La promoción de la Reserva ha favorecido el desarrollo turístico, proporcionando sustanciosos beneficios a los habitantes de L'Estartit que, aunque reconocen en las islas su gallina de los huevos de oro, se muestran reticentes a la hora de aceptar restricciones.

Las islas Medes han atraído también el interés de los investigadores, y su patrimonio natural se encuentra entre los mejor estudiados del litoral español (Ros et al., 1984). Encabezando el equipo que desde 1972 estudia sus comunidades bentónicas, el Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona ha realizado una labor ininterrumpida de investigación biológica. Tras una fase de catalogación del patrimonio, nuestro equipo, sensible a los cambios que se estaban operando en la Reserva y al reto que supone su gestión, se ha empeñado en aportar datos cuantitativos de los principales efectos de la creación de la Reserva y de su frecuentación. Desde 1989 estos estudios se han concretado en un plan plurianual de seguimiento financiado por la Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya que es quien detenta la gestión del espacio.

Sus resultados se presentan en una memoria anual de difusión restringida. En los párrafos que siguen intentaré resumir los trazos más relevantes de este estudio y de los resultados obtenidos hasta el presente (diciembre de 1992).

### **Primera etapa: la intuición de algunos efectos**

Aunque el decreto de protección oficial de las Medes se retrasa hasta 1983, de hecho, existía un cierto status de protección desde varios años atrás. En tierra, desde el abandono de las islas por los fareros en 1932, el único impacto humano notable fue la explotación de los huevos de la colonia de gaviotas durante la época de la post-guerra. Esta práctica, que sin duda contribuyó a controlar el tamaño de la colonia, cayó en desuso a finales de los 50. Bajo el agua, los amantes de las actividades subacuáticas empezaron a reclamar las islas como espacio dedicado al buceo a mediados de la década de los 70 (Ballester, 1971), desplazando a los pescadores y cazadores submarinos que se veían entorpecidos en sus actividades por la presión numérica de los primeros. A principios de los 80 el comandante de marina de Palamós había dictado una normativa de regulación de actividades en las islas Medes.

Por todo ello no es de extrañar que tan sólo dos o tres años después de la fecha de declaración de la Reserva ya se intuyeran los primeros cambios importantes en la composición de las comunidades. Algunos de estos cambios mostraban una dinámica sorprendente.

### **La vegetación**

Sobre las islas, la primera intuición importante, aunque no ha sido convenientemente estudiada, es la situación de desequilibrio en la vegetación terrestre, que ha sufrido notables modificaciones desde los últimos censos fitosociológicos realizados por Bolós y sus colaboradores en 1972 (Bolós & Vigo, 1984). El replano de la Meda Gran ocupada entonces por una mancha casi monótona de *Carpobrotus edulis*, fue súbitamente ocupado durante los años 1984-86 por una gramínea *Brachypodium phoenicoides*, sin duda debido a la intolerancia del *C.edulis* a las heladas que se produjeron durante los severos inviernos de 1983-85. Posteriormente la situación se ha restablecido en buena parte.

El efecto indirecto más notable de la explosión demográfica de la colonia de gaviotas ha sido la progresión de las plantas más nitrófilas (p.e. *Brassica*

fruticulosa, Lavatera arborea, Atriplex halimus y Chenopodium spp.), que han desplazado a algunas de las especies más representativas del litoral rocoso ampurdanés como el Astragalus massiliensis. Pero el efecto sin duda más conspicuo es la invasión de la vertiente orientada al Sud-oeste, húmeda y protegida del viento, por parte de dos especies arbóreas subespontáneas Ailanthus altissima y Robinia pseudacacia, inexistente la primera y muy rara la segunda en 1972 (Bolos & Vigo, 1984). Estas especies, están actualmente representadas por una densa población de plantas jóvenes, de pies rectilíneos y poco desarrollo foliar que no sabemos si acabarán constituyendo un auténtico bosque.

### **Las gaviotas**

Gracias a la protección de las islas pero sin duda también a la proliferación de grandes basureros a cielo abierto, herencia indeseada del desarrollo turístico, la colonia de gaviotas patiamarillas Larus cachinnans que en 1963 se cifraba en unas 3000 parejas nidificantes, 6000 en 1974, 7500 en 1978 y unas 8000 en 1984, superaba a principios de 1991 las 14.000 parejas de reproductores (Fortiá & Hontangas, 1991). Esta colonia ha demostrado una enorme capacidad expansiva hacia zonas limítrofes y dada la extraordinaria agresividad de la especie se ha constituido en una auténtica plaga contra la que en los últimos años se han emprendido varios programas de control demográfico. Se calcula que unas 4000 parejas fueron eliminadas el verano de 1992 en una campaña de envenenamiento controlado realizada por el Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya.

### **Los ardeidos**

En las escasas plantas de porte arbóreo constituidas principalmente por acebuches (Olea europaea var. sylvestris), y higueras (Ficus carica) se instaló a comienzos de los 80 una pequeña colonia pluriespecífica de ardeidos reproductores constituida por Garcillas Bueyeras (Bubulcus ibis), Garcetas Comunes (Egretta garzetta) y Martinetes (Nycticorax nycticorax). Esta instalación parece coincidir con el abandono de una antigua colonia de nidificación en un islote interior del río Ter, quizás debido a las molestias causadas por los cazadores. En los últimos 5 años la nueva colonia de las Medes ha exhibido una expansión espectacular. Si en 1989 se estimaba el número total de nidos para las tres especies en unos 40 (Fortiá, 1992), un censo de nidos con signos visibles de haber sido ocupados

por huevos o pollos realizado el verano de 1992 da la cifra de 440 nidos de Garcilla bueyera, 114 nidos de Martinete y 42 nidos de Garcilla común, amén de otros 28 nidos en los que no pudo identificarse la identidad de sus ocupantes (Bosch, Pedrocchi y Gonzalez-Martin, datos inéditos).

### **Mamíferos y reptiles**

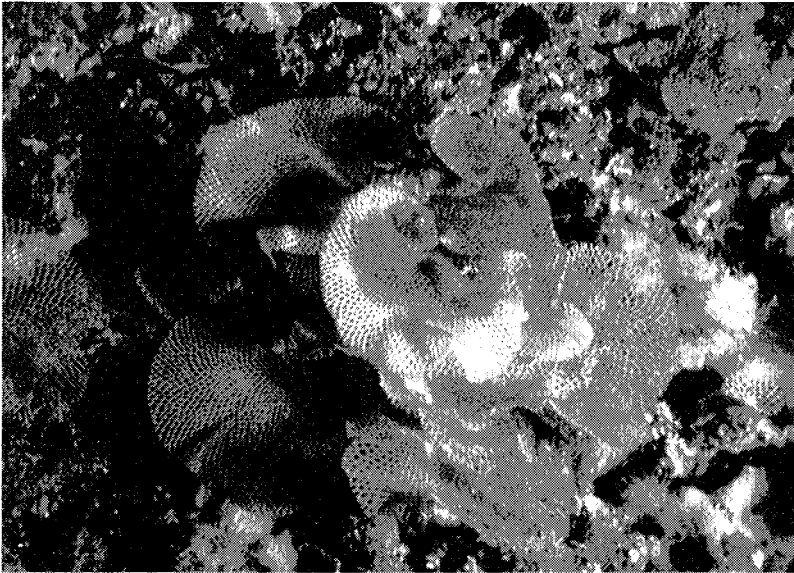
Probablemente asociada a la proliferación de las gaviotas pero quizás también afectada por la mixomatosis, la población de conejos *Oryctolagus cuniculus*, muy abundantes en 1961 fue descendiendo paulatinamente hasta desaparecer por completo. Aunque citada como presente en 1984 (Pascual, 1984) la lagartija colilarga *Psammotriton aurantiacus* no ha podido ser reencontrada en las últimas prospecciones realizadas en 1992.

### **Bajo el agua**

Bajo el agua los cambios parecen tanto o más conspicuos. La primera intuición es que las poblaciones de peces asociados a los fondos rocosos han sufrido una rapidísima recuperación. Recientemente hemos podido intuir diferencias más sutiles. La población de algas fotófilas de las Medes parece mostrar trazos que la singularizan respecto de la de otros puntos de la Costa Brava por la importancia de las especies nitrófilas y de especies provistas de defensas mecánicas o químicas. La “selección” de las algas nitrófilas podría ser un efecto indirecto del enriquecimiento de las aguas derivado de la actividad de las gaviotas. La “selección” de especies “protegidas”, puede ser un efecto indirecto de la proliferación de los peces herbívoros.

A pesar de la protección, que supuestamente ha de “beneficiar” a las especies de moluscos y equinodermos tradicionalmente explotadas (en forma de un marisqueo semi-profesional), tenemos la intuición de que la densidad de erizos en las Medes decrece y aparentemente es muy inferior a la observable en la costa inmediata no protegida. En cambio la biomasa y la talla media de la población de mejillones parecen haberse incrementado. Son éstos dos ejemplos de ese tipo de interacciones complejas en las que uno no sabe que pronosticar y que comentaremos con más detalle a continuación.

De unos años a esta parte parece evidente que los lugares predilectos de los visitantes submarinos sufren una sensible erosión de sus comunidades sésiles.



*Fig. 4. Briozoo (Sertella septentrionalis). Una de las bellas especies de esqueleto frágil que sufre los efectos de la erosión por los escafandristas.*

Llamamos sésiles a los organismos que viven fijados al fondo, entre los que se cuentan las algas y algunos de los animales invertebrados más bellos, como los corales, esponjas o briozoos (Fig.4). El rozamiento físico con el fondo parece el responsable de esa apreciable degradación de los fondos más visitados por los escafandristas.

Al igual que está sucediendo en otros puntos de las costas mediterráneas, y de forma casi imperceptible pero también imparable, la pradera de Posidonia oceanica de las Medes parece estar sufriendo una regresión en su extensión. El límite inferior alcanzado por esta pradera, situado a tan sólo unos 15 metros de profundidad podría estarse desplazando hacia arriba, constriñendo la anchura de este cinturón de vegetación. La densidad, allá donde la pradera todavía existe, parece disminuir.

Las intuiciones pueden muy bien responder a una observación subjetiva y quizás imperfecta de la realidad y, por tanto, a la intuición de las tendencias debe seguir un estudio experimental que permita su confirmación o rechazo. Casi sin excepción, la confirmación de un cambio exige dos cosas: i) la existencia de información sobre el estado antes de la creación de la Reserva -o situación 0-, y ii) la recopilación repetitiva de la misma información en los años posteriores.

Además es necesario que la información se haya recogido utilizando una metodología cuantitativa que permita evaluar estadísticamente la significación de las diferencias encontradas. En el caso de las Medes existía mucha información previa (Ros et al., 1984), pero la metodología utilizada hacía difícil su replicación posterior y era poco adecuada para comparaciones cuantitativas. De ahí la urgencia de comenzar una serie de estudios encaminados específicamente a establecer:

- i) la situación 0 de sus comunidades
- ii) la evolución en los años siguientes a lo largo de un estudio a largo plazo.

Estos estudios se iniciaron parcialmente en 1989 con la ictiofauna como único objetivo (García Rubies & Zabala, 1990), y en 1990 se ampliaron a la forma que tienen en la actualidad.

Aunque se están realizando estudios de seguimiento de la avifauna, los estudios que comentaremos a continuación se dirigen exclusivamente a las comunidades sumergidas.

### **Planteamiento: qué, quién y cuándo estudiar**

El seguimiento de las comunidades bentónicas que se lleva a cabo actualmente en las islas Medes pretende evaluar dos cuestiones básicas: i) el efecto de la creación de la Reserva (en adelante EFECTO RESERVA); y ii) el efecto de la frecuentación por los escafandristas (en adelante EFECTO FRECUENTACION). Secundariamente, pretende ser sensible a la regresión de cualquier comunidad bentónica aún cuando las causas sean desconocidas, como sucede con la pradera de posidonias (*Posidonia oceánica*).

La estacionalidad con sus cambios en la temperatura, irradiancia, hidrodinamismo, etc. tiene efectos muy notables en las poblaciones. Dado que éste es un factor que no queremos estudiar, y para evitar que enmascare los efectos de las variables que nos interesan, todo el estudio se realiza en verano entre los meses de julio y agosto.

Una cuestión delicada es decidir qué especies y/o comunidades deben ser prioritariamente estudiadas porque resulta evidente que no pueden serlo todas. Una regla de oro de los estudios a largo término es que sean esencialmente sencillos en su diseño (Taylor, 1987). En las islas Medes se controlan anualmente 8 especies y 2 comunidades seleccionadas por tres tipos de criterios: i) por encontrarse en fase regresiva, aunque la causa sea desconocida (es el caso de

las comunidades de posidonia *Posidonia oceanica* y de la gorgonia camaleón *Paramuricea clavata*); ii) por tratarse de especies de interés paisajístico sometidas a erosión por los visitantes submarinos (es el caso de la gorgonia camaleón *Paramuricea clavata*, el coral *Corallium rubrum* y los briozoos frágiles *Pentapora fascialis* y *Sertella septentrionalis*); iii) por tratarse de especies de interés pesquero (el coral *Corallium rubrum*, el erizo comestible *Paracentrotus lividus*, la langosta *Palinurus elephas*, la comunidad de peces de las rocas litorales y además específicamente el mero *Epinephelus guaza*).

### **El diseño**

En el diseño experimental se distinguen dos líneas, los estudios propiamente de seguimiento temporal a largo término y los estudios de sustitución del tiempo por espacio (Likens,1985).

### **Experimentos en el tiempo**

En los verdaderos experimentos a largo término (en adelante LTS que deriva de “Long Term Studies” en la jerga de los autores anglófonos) se compara un área consigo misma en diferentes periodos de tiempo, de forma que las diferencias observadas pueden atribuirse con seguridad a cambios temporales en las comunidades (Franklin,1985). El problema de estos estudios es que, dada la pausada dinámica de los procesos ecológicos, son necesarios muchos años - generalmente décadas- para detectar con seguridad una tendencia. Como los estudios en las islas Medes comenzaron en 1990 (excepto para la pradera de posidonia de la que existen controles desde 1983), el tiempo transcurrido es en general insuficiente para presentar resultados fiables.

### **Experimentos “Espacio por tiempo”**

Para paliar parcialmente la falta de datos previos y la lentitud de los procesos de reajuste en los equilibrios ecológicos se recurre con frecuencia en el diseño experimental a la sustitución del tiempo por el espacio. En los experimentos de sustitución del tiempo por espacio (en adelante estudios SFT de “space for time” en la jerga de los autores anglófonos) se asume que ciertos espacios vecinos son ejemplos del estado en que se encontraba el espacio objeto de



estudio en una época anterior. Se intenta que, con excepción del factor estudiado, las demás características de los ecosistemas comparados (profundidad, rugosidad, orientación, hidrodinamismo, poblamiento biológico) sean lo más exactas posible. Así, por comparación de las comunidades de una y otra área, se pretende deducir si se han producido diferencias a causa del factor analizado (Pickett, S.T.A., 1985). Este diseño no está exento de críticas, porque nunca podremos demostrar que las comunidades fueran en ningún momento totalmente iguales; o que algunas de las diferencias observadas no son fruto de la simple distancia física.

En nuestro caso, el efecto de la Reserva se estudia comparando comunidades de dentro de la Reserva y de la costa más próxima no protegida, situada en su punto más próximo a tan sólo 2 millas náuticas de distancia (Fig.5).

El efecto de la frecuentación por los visitantes submarinos se estudia siempre dentro de la Reserva, por comparación de las zonas más frecuentadas con las zonas menos frecuentadas. La frecuentación de las Medes por escafandristas tiene una pauta espacial muy asimétrica. Cuando las más de 100.000 inmersiones que cada año se realizan en las Medes se reparten entre los 28 sectores (de superficie más o menos semejante) en que se ha dividido el área que rodea las islas, se observa que el 93 % de las visitas se concentran en nueve sectores, de los que 3 concentran el 60 %, mientras que en 15 de los sectores no se ha contabilizado ni una sola inmersión (Fig.6). Esta asimetría facilita el diseño de nuestro experimento SFT en el que se han considerado 3 situaciones experimentales: alta frecuentación, frecuentación media y baja frecuentación.

Con todos, y a pesar de su simplicidad, no siempre hemos encontrado las situaciones necesarias para realizar un experimento completamente cruzado. Desgraciadamente algunas de las comunidades estudiadas sólo se encuentran en las zonas muy frecuentadas y la única posibilidad de encontrarlas en condiciones de baja frecuentación son las estaciones profundas (35 metros o más); y es evidente que la profundidad es por sí misma un parámetro con efectos muy notables en las comunidades bióticas. De forma que cuando encontramos diferencias muy notables entre las zonas superficiales-muy visitadas y las profundas-poco visitadas, no podemos discernir si las diferencias son debidas a la frecuentación o a la profundidad.

### **Los métodos empleados**

No parece éste el lugar más apropiado para una descripción detallada de todos los pormenores que envuelven el muestreo cuantitativo de las ocho especies

y comunidades controladas en las islas Medes, métodos que en todo caso resultan adaptaciones de los habitualmente utilizados en casos precedentes (véase por ejemplo Harmelin et al.,1985 para los peces, o Azzolina,1988 para los erizos; los interesados pueden dirigirse al Departament de Pesca de la Generalitat de Catalunya para consultar las memorias que cada año se entregan como "work reports"). Baste pues una descripción genérica que, sin embargo, sí pretende recalcar las condiciones esenciales que debe cumplir esta metodología.

Desde que se inventó la escafandra autónoma en la década de los 50, éste es un útil indispensable en los estudios del bentos marino de substrato rocoso porque permite el muestreo directo de las comunidades: "uno ve lo que hace". En una Reserva los muestreos han de ser además (en la medida de lo posible) incruentos. Se trata por tanto de obtener las estimas de las variables -básicamente la densidad y la talla de las especies- sin producir molestias a los organismos. Los censos visuales "in situ" o a través de registros fotográficos o videográficos son las herramientas más útiles.

La estima de densidades de organismos sésiles (fijos al fondo) o de baja movilidad, como es el caso de la posidonia, las gorgonias, el coral o los briozoos, resulta relativamente fácil. Basta acotar una parcela, generalmente cuadrada o rectangular, y contar el número y la talla de individuos/colonias contenidos en su interior. Dada la elevada heterogeneidad espacial del bentos rocoso, para obtener una estima representativa es conveniente estirar esta superficie en forma de un rectángulo muy largo y estrecho, lo que denominamos un transecto. También con el mismo fin se hace indispensable replicar varias veces los muestreos de forma que se pueda acotar y absorber la variabilidad debida a tal heterogeneidad. En nuestro caso hemos utilizado centenas de fotografías de 30 x 18 cm para el coral, decenas de cuadrados de 1 metro cuadrado para las posidonias y las gorgonias, transectos de 10 x 1 metro para los briozoos frágiles y transectos de 50 x 1 metro para los erizos (Fig.7).

Los censos de animales de elevada movilidad y/o muy baja densidad, como los peces y las langostas, resultan mucho más complejos. En estos casos, se han delimitado transectos o itinerarios más largos y anchos que el observador recorre a nado consignando todos los contactos visuales con la especie objeto de estudio. La repetición sistemática (en principio 5 veces) de los mismos recorridos, en días consecutivos y condiciones ambientales semejantes permite estimar las densidades y tallas medias de las poblaciones (Harmelin et al.,1985). Los censos de toda la población íctica se hacen sobre pasillos rectangulares (transectos) de 50 metros de largo por 5 metros de ancho. Para los grandes peces de baja

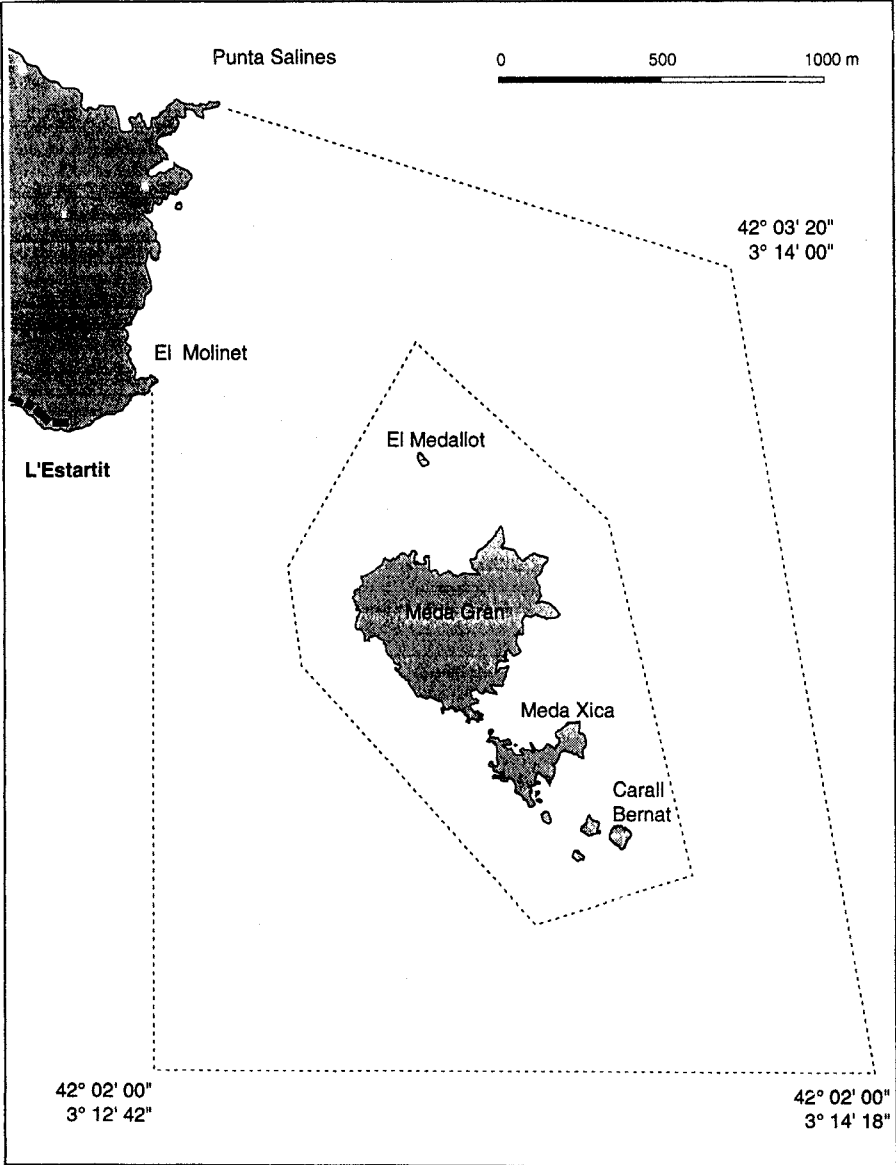


Fig. 5. Costa del Montgrí e Islas Medes. Límites de la reserva

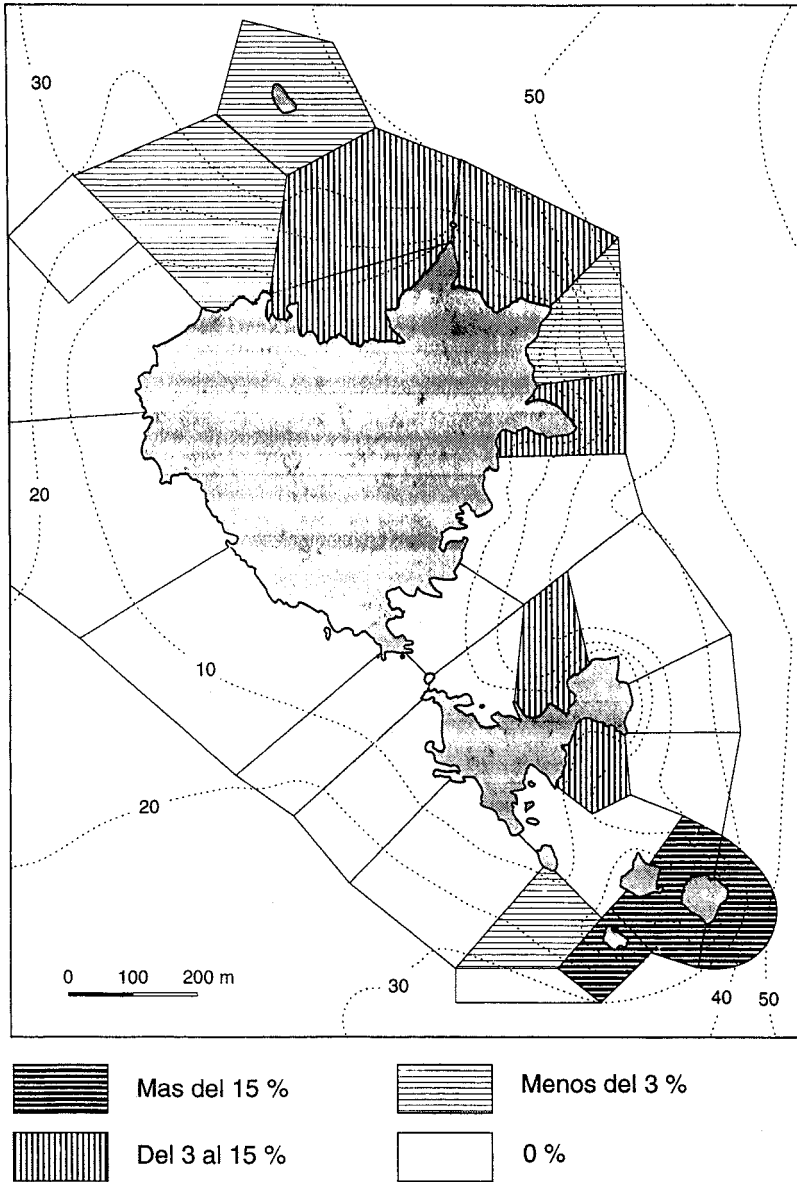
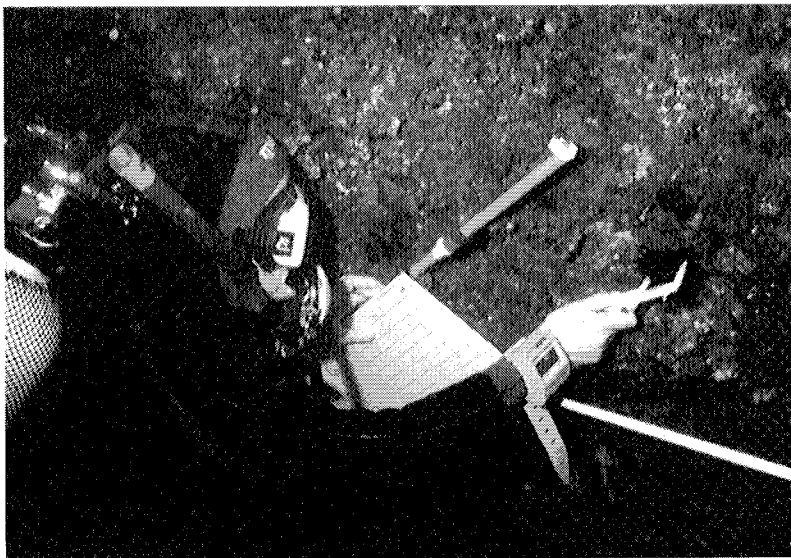


Fig. 6. Distribución de las visitas submarinas a las islas Medes por sectores.



*Fig. 7. Censando erizos.*

densidad (como los meros) y para langostas se siguen itinerarios de 30 a 45 minutos de duración que permiten prospectar áreas de entre 0.3 y 0.4 hectáreas por itinerario.

En un estudio a largo término resulta muy útil, si no indispensable, garantizar el control de una misma parcela a lo largo de periodos de tiempo muy dilatados. Eso quiere decir que las parcelas deben ser fácilmente relocalizables, para lo que se recurre a la utilización de fitas, o marcas persistentes, grabadas de forma indeleble. Bajo el mar esta tarea resulta especialmente dificultosa porque los organismos, que incrustan cualquier superficie, ocultan las marcas y el agua las borra cuando los temporales no se las llevan. En una reserva como las Medes, donde la visita de los escafandristas es continua, es muy frecuente además que las marcas sean arrancadas sistemáticamente. Para balizar las grandes superficies de los itinerarios, es en general preferible recurrir a las singularidades de la topografía submarina como rocas de formas caprichosas, a la profundidad y a la presencia de ejemplares de especies inmóviles y muy longevas.

En el caso de las comunidades en las que se ha sospechado una reducción de su superficie de extensión, como los fondos de posidonia y de gorgonias, se han acotado los límites alcanzados actualmente por las manchas mediante la colocación de fitas espaciadas a todo lo largo de las fronteras.

## 4. RESULTADOS

Antes de entrar de lleno a comentar algunos de los resultados obtenidos se hace necesaria una observación : tres años es en general un plazo de tiempo insuficiente para ver tendencias claras de cambio en la evolución de las comunidades a través de un estudio LTS (y en general, nos hemos de felicitar de ello porque sólo los cambios regresivos -indeseables- acostumbran a ser así de bruscos). De forma que la mayor parte de los resultados que comentaremos a continuación provienen del estudio SFT, es decir, de la comparación de diferentes lugares que, se supone, representan diferentes momentos de la evolución temporal de una misma comunidad. Aún así, en el curso de estos tres años se han detectado algunas tendencias de cambio en las mismas parcelas que se resumen en la tabla.

TABLA I. PRINCIPALES CAMBIOS DETECTADOS EN EL ESTUDIO TEMPORAL DE LAS ISLAS MEDES EN EL PERIODO 1990-92.

1. **Continuidad.**  
En el lapso entre 1990 y 1992 evolucionan normalmente sin que se detecten cambios importantes las poblaciones de: coral, briozoos frágiles, erizos e ictiofauna.
2. **Regresión de comunidades.**
  - A. **Posidonia:** tendencia a la disminución de densidad de haces y de cobertura foliar en profundidad.  
Las causas no son evidentes.
  - B. **Gorgonia:** Aparición de un episodio de mortalidad de origen y alcance desconocidos  
Colonias totalmente muertas y colonias sólo afectadas por necrosis.  
Por el momento dimensiones reducidas.  
Precisamente la población más superficial y próxima a la costa: efectos del río?
3. **Además se detectan cambios consistentes en:**
  - Meros (+)  
La densidad aumenta entre 1991 y 1992 (en algunas zonas casi se ha duplicado)  
La talla media se ha incrementado un poco (n.s.)
  - Gorgonias (+)  
Aumento del reclutamiento (pueden ser diferencias naturales dentro de la variabilidad interanual de las especies).  
Disminución de la mortalidad por arranque coral (+).  
Se ha observado la reducción en el diámetro medio en una estación muy frecuentada, pero la significación de las diferencias deberá ser confirmada en el futuro.

## Efecto de la reserva

### *En la ictiofauna*

El efecto más conspicuo de la creación de la Reserva de las islas Medes ha sido la espectacular recuperación de la comunidad de peces que habitan sus fondos rocosos (García Rubies & Zabala, 1990). Cuando se comparan los censos de peces realizados dentro y fuera de la Reserva, esta recuperación se patentiza en, i) una mayor riqueza específica media por censo ; ii) una estructura más compleja de las comunidades, si la complejidad se mide en términos de diversidad específica por el índice de Shannon-Weaver ; iii) una mayor biomasa de casi todas las especies; pero sobre todo, iv) una biomasa mucho mayor de las especies activamente buscadas por el hombre a través de la pesca. Excepto para la diversidad, todas estas diferencias son altamente significativas desde un punto de vista estadístico.

Las diferencias de biomasa no se basan en la densidad de individuos -que para algunas especies puede ser mayor fuera de la Reserva- sino en las tallas. Mientras fuera de la Reserva el grupo de edad más representado es el de peces juveniles, a menudo sexualmente inmaduros, dentro de la Reserva el grupo más representado es el de adultos de tallas medias, seguido por el de adultos de tallas grandes; el grupo de tallas pequeñas es el menos representado, exhibiendo la pirámide demográfica la estructura invertida propia de las poblaciones de Reserva (Fig.8). El resultado de todo ello es que la biomasa de la mayoría de especies de

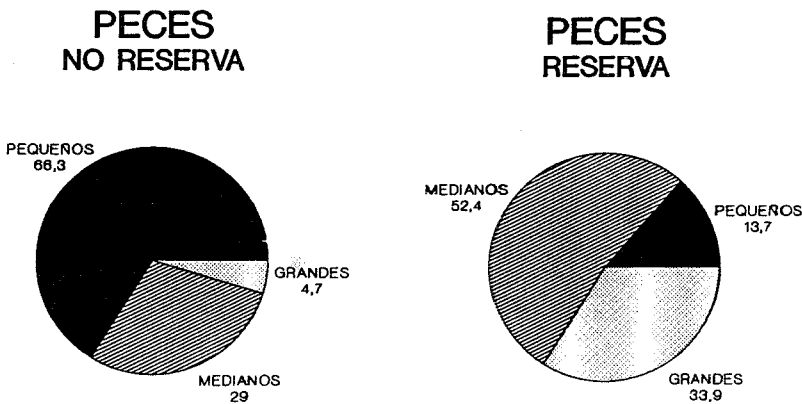


Fig. 8. Distribuciones de frecuencia por clases talla de todos los peces vulnerables a la pesca de dentro y fuera de la Reserva. Los límites de las clases se sitúan en el 33 % y el 66 % de la talla máxima reconocida para cada especie en la bibliografía especializada (Bauchot y Pras, 1982).

peces es uno o dos órdenes de magnitud superior dentro de la Reserva que en la costa inmediata. El efecto es especialmente acusado en las especies más vulnerables a la pesca submarina y artesanal, como los meros, lubinas, doradas, sargos, escórporas, corvas, brótolas, etc. que son indetectables -aunque existan a muy baja densidad- en los censos de fuera de la Reserva y se presentan repetidamente en los censos realizados dentro de la Reserva (Tabla II). Las técnicas estadísticas de análisis multifactorial demuestran que el “efecto Reserva” es el factor que más pesa en la distribución de estas poblaciones de peces, por encima de factores de tan reconocida influencia como la profundidad o la rugosidad (Harmelin, 1987) de los fondos donde se realizaron los muestreos (Fig.9).

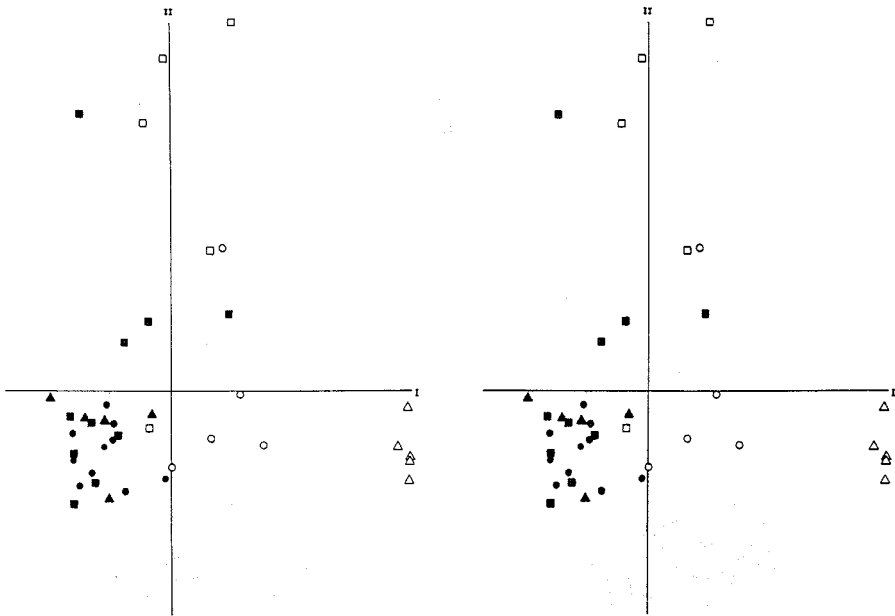


Fig. 9. Análisis de componentes principales sobre la población de peces de fondos rocosos de la reserva de las islas Medes y la costa inmediata no protegida. Los dos primeros ejes del ACP explican un 33 % de la varianza. El primer factor es interpretado como estrechamente ligado a la variable Reserva-No-Reserva y el segundo a la variable profundidad. (Símbolos vacíos: estaciones dentro de la Reserva; símbolos llenos: estaciones fuera de la Reserva; cuadrados: estaciones profundas; triángulos: estaciones superficiales muy batidas; círculos: estaciones superficiales calmadas) (de García Rubies y Zabala, 1990).



TABLA II. CENSOS ACUMULADOS SOBRE 8 TRANSECTOS DE 400 X 10 M. DE SUPERFICIE (ÁREA TOTAL ACUMULADA 3,4 HA.) DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE PECES "VULNERABLES" REALIZADOS EN LAS ISLAS MEDES EN JULIO DE 1992.

Especie	Nº Obs	Lt	SD	Prof.	S.D.
<i>E. alexandrinus</i>	7	40.00	0	8.5	1.10
<i>D. labrax</i>	38	50.26	11.57	9.7	6.39
<i>S. umbra</i>	31	39.11	5.36	10.29	4.22
<i>S. aurata</i>	130	42.43	6.66	11.82	5.09
<i>D. cervinus</i>	99	37.79	5.95	13.02	5.21
<i>E. guaza</i>	263	73.66	18.83	16.02	5.46
<i>P. Pagrus</i>	17	31.18	5.46	11.82	5.09
<i>D. dentex</i>	31	49.09	12.14	19.33	6.58

Otro aspecto del cambio en las poblaciones ícticas desde la creación de la Reserva es más bien de tipo etológico y se refiere al comportamiento de los peces respecto a los observadores humanos y respecto a la profundidad. En general, los peces litorales huyen de los observadores humanos; de forma que, si un escafandrista permanece quieto en el fondo cuando se sumerge, tiene más probabilidades de ver peces grandes en los primeros segundos de su inmersión que al cabo de unos minutos. En las Medes este comportamiento se ha invertido y es seguro que el escafandrista observará más peces a su alrededor al cabo de unos minutos de llegar al fondo : los peces vienen.

Otro aspecto relacionado con el anterior es el comportamiento de los peces frente a la profundidad. En la costa no protegida es preciso alcanzar profundidades importantes (25 o más metros) para localizar individuos de gran talla de casi todas las especies vulnerables a la pesca (p.e. meros, corvas, sargos, etc.). Por el contrario, dentro de la Reserva los grandes peces se encuentran a poca profundidad (la profundidad media de los meros en las Medes es de 15.9 metros) y es realmente raro localizarlos por debajo de 25 o 30 metros. Esta inversión es bien lógica, puesto que la zona donde resulta más fácil encontrar alimento es la franja más superficial. Demuestra además que la búsqueda de la profundidad y la frecuentación sólo vespertina de las aguas superficiales por parte de los grandes peces de la costa no protegida responde a la búsqueda de refugios contra la depredación humana y no del habitat más favorable. Comportamientos semejantes se conocen desde antiguo en especies terrestres como el zorro, el lobo, el oso o los rebecos, desplazados hacia las montañas inhabitadas y a la actividad vespertina por la presión humana. Quizás la diferencia más notable

entre los animales terrestres y los peces es la celeridad con que se realiza la inversión del comportamiento una vez se declara la Reserva. Esta celeridad puede estar en relación con el menor tiempo de coevolución del hombre (como depredador) con los peces (como presas): dado que hasta fechas muy recientes los peces eran capturados por métodos indirectos (pesca), sin tener ocasión de "saber quien los capturaba", es plausible pensar que no han tenido tantas oportunidades como los animales terrestres para aprender a reconocer al depredador; y por tanto que esta señal no está tan fijada genéticamente.

Todas estas observaciones del efecto de la Reserva sobre los peces se cumplen de forma paradigmática en el caso del mero (*Epinephelus guaza*) cuyas poblaciones seguimos de forma individualizada del resto de la ictiofauna. A pesar de que la densidad ya era muy elevada en 1991, la densidad de meros de los sectores censados casi se duplicó entre 1991 y 1992, pasando de 55 (densidad 2.04 ind./ Ha.; talla media 70.9 cm. de longitud total) a 86 individuos (densidad 3.2 ind./Ha.; talla media 73.4 cm. de longitud total). Estas densidades y tallas medias son sin duda las mayores del Mediterráneo actual (Fig.10) y en parte deben ser explicadas por un fenómeno de concentración fomentado por el hábito de los escafandristas de alimentarlos artificialmente (comportamiento mendigante semejante al de los osos de los parques norteamericanos).

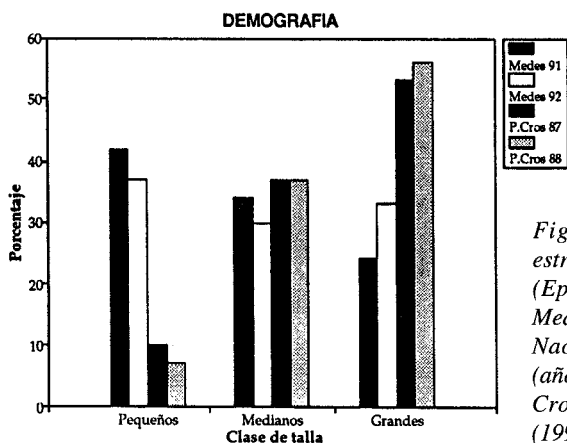


Fig. 10. Comparación de la estructura de tallas de los meros (*Epinephelus guaza*) de las islas Medes (años 1991-92) y del Parque Nacional de Port-Cros (Francia) (años 1987-88). Los datos de Port-Cros son de Chauvet y Francour (1990).

### En el coral (*Corallium rubrum*)

Sin que haya podido ser cuantificado formalmente, el coral rojo es mucho más frecuente en los fondos de la Reserva de las Medes que en la costa inmediata. Las razones de esta diferencia son históricas y sólo en parte atribuibles a la época “oficial de la Reserva”. La proliferación de los escafandristas ha entorpecido la actividad de los coraleros que desde mucho antes de 1983 han tenido dificultades para operar en las islas con comodidad (aunque ha habido extracción ilegal hasta fechas recientes y posiblemente aún continua de forma esporádica).

Por su enorme fragilidad y por la dificultad de acceso a los lugares que ocupa, el único medio de muestrear el coral sin riesgo de ruptura es el control fotográfico. Pero de las fotos no puede deducirse la densidad de las colonias sino el diámetro medio de las ramas. El diámetro medio de las ramas de coral de las colonias de las islas Medes es superior al de las colonias de la costa adyacente (Tabla III). Las diferencias son significativas en todos los casos con la única excepción de los lugares más frecuentados de las Medes donde el diámetro medio es menor (ver el apartado 4.2. Efecto de la frecuentación).

TABLA III. CORAL (*CORALLIUM RUBRUM*). TEST DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LOS DIÁMETROS DE LAS RAMAS DE LAS POBLACIONES DE LA COSTA DEL MONTGRÍ (NO RESERVA) CON LAS DE LAS ISLAS MEDES (RESERVA)

Reserva	∅ medio	No reserva	∅ medio	Valor de t
Tunel del Dofí	3.155	El Falaguer	3.090	1.111 ns
Cova de la Vaca	2.879	El Falaguer	3.090	-4.424 ***
El Carall Bernat	3.381	La Pedrosa	3.054	5.293 ***
Montnegre	3.379	La Pedrosa	3.054	5.171 ***

\*: P<0.5; \*\*:p<0.01; \*\*\*:p<0.001; ns: no significativo

### En los Briozoos frágiles (*Pentapora fascialis* y *Sertella septentrionalis*)

Estos briozoos han sido elegidos como representantes de la fauna sésil muy frágil que, aunque desprovista de interés comercial, tiene un notable valor paisajístico para el patrimonio de la Reserva. La comparación de las parcelas de fuera de la Reserva con las de zonas muy poco frecuentadas de la Reserva muestra la no existencia de diferencias (Tabla IV), es decir, que la Reserva en sí

no tiene un efecto neto sobre esta fauna. En cambio, y como veremos en el apartado siguiente, el efecto de la frecuentación es tan netamente negativo sobre estos organismos que la densidad y talla de los briozoos de las zonas superficiales (más frecuentadas) de les Medes es muy inferior a la de fondos equivalentes de la costa inmediata.

TABLA IV. BRIOZOOS (*SERTELLA SEPTENTRIONALIS* Y *PENTAPORA FASCIALIS*). EFECTO DE LA RESERVA, DENSIDAD, DIÁMETRO Y ALTURA MEDIAS DE LAS COLONIAS CENSADAS SOBRE 5 RÉPLICAS DE 10X1 M. DE SUPERFICIE (ÁREA TOTAL 50 M<sup>2</sup>) EN LAS PARCELAS POCO FRECUENTADAS DE LA RESERVA DE LAS ISLAS MEDES (RESERVA) Y EN LA COSTA INMEDIATA NO PROTEGIDA (NO RESERVA). JULIO DE 1992.

Variable	Reserva-baja frecuentación	No reserva
Densidad	0,84	0,35
Diámetro	6,31	7,67
Altura	4,06	3,51

### En el erizo comestible (*Paracentrotus lividus*)

Paradójicamente y tal como ya avanzábamos en nuestras intuiciones, el efecto de la creación de la Reserva sobre la población de erizos comestibles ha sido una drástica reducción de su densidad. Mientras la densidad media en los transectos realizados fuera de la Reserva -donde los erizos son capturados por el hombre- es de 6.9 erizos por metro cuadrado, dentro de la Reserva la densidad media es de sólo 2.2 erizos por metro cuadrado. Aunque la densidad de los erizos está fuertemente ligada a la topografía del substrato, básicamente bloques y paredes lisas, el efecto de la Reserva se manifiesta en los dos ambientes (Fig.11).

Cuando lo que se considera es la estructura de tallas las diferencias entre las poblaciones de la Reserva y de fuera de la Reserva dependen también de la topografía. Son altamente significativas en las paredes verticales pero no en los fondos de bloques (Fig. 12). Los erizos de las paredes de la Reserva son los que tienen la talla media superior y los de los bloques de la Reserva la talla media inferior. Fuera de la Reserva no se detectan diferencias significativas en las tallas medias de los erizos de las paredes o de los fondos de bloques.

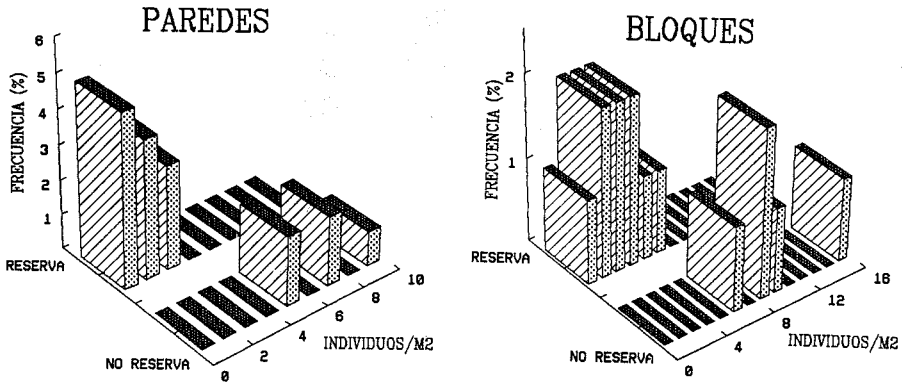


Fig. 11. Erizo comestible (*Paracentrotus lividus*). Efecto de la Reserva de las islas Medes sobre la densidad de erizos en los dos tipos de topografía estudiados: a) paredes verticales; b) fondos de bloques. Valores promediados de 5 transectos de 50x1 m. (área total 250 m<sup>2</sup>) realizados a 6 m. de profundidad. Julio de 1992.

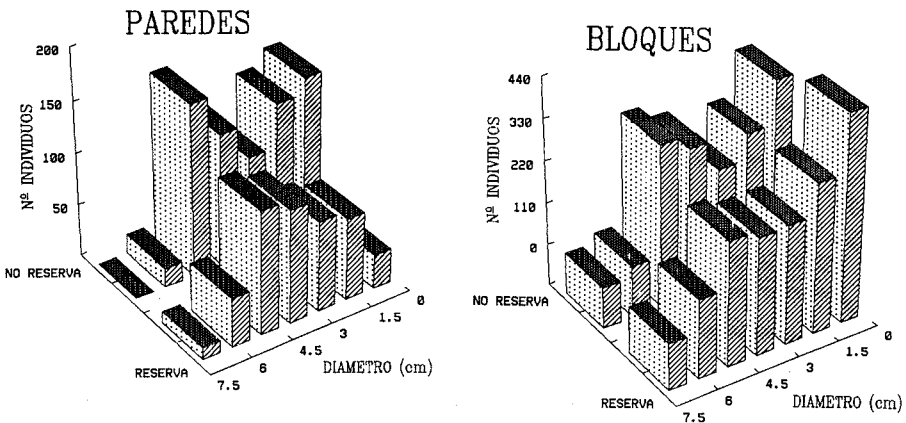


Fig. 12. Erizo comestible (*Paracentrotus lividus*). Efecto de la Reserva de las islas Medes sobre la estructura de tallas de erizos en los dos tipos de topografía estudiados: a) paredes verticales; b) fondos de bloques. Valores promediados de 5 transectos de 50x1 m. (área total 250 m<sup>2</sup>) realizados a 6 m. de profundidad. Julio de 1992.

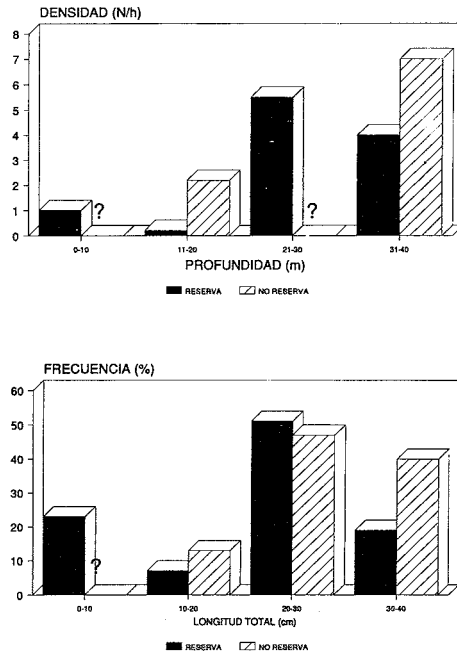


Fig. 13. Langosta (*Palinurus elephas*). Efecto de la Reserva. Comparación de las poblaciones de las islas Medes (reserva) y de la costa inmediata no protegida (no reserva). A) en la densidad; B) sobre las frecuencias de clases de talla (longitud total; en cm). Julio de 1992.

### En la langosta (*Palinurus elephas*)

Al igual que sucede con los erizos y paradójicamente, la población de langostas de la Reserva de las Medes parece encontrarse en peor situación que la de la costa no protegida. A pesar de la dificultad de adjudicar un valor de densidad a las poblaciones de estos crustáceos tan poco frecuentes y de hábitos gregarios, se detectan diferencias tanto en la densidad como en la estructura de tallas que parecen superiores fuera que dentro de la Reserva (Fig.13). Además, la profundidad media a la que se encuentran langostas fuera de la Reserva parece inferior a la de la Reserva. Todo ello parece apuntar que, en el caso de las langostas, la Reserva no está cumpliendo su cometido. La situación parece

especialmente grave si tenemos en cuenta que el tamaño total de la población de las islas se estima en no más de 50 individuos y que muchos de estos individuos ni siquiera alcanzan la talla crítica de la primera madurez sexual. Discutiremos las posibles causas de este fracaso en el apartado 4.2. dedicado al efecto de la frecuentación.

El efecto que la creación de la Reserva haya podido ejercer sobre las praderas de posidonia o sobre las comunidades de la gorgonia *Paramuricea clavata* no ha podido ser evaluado por substitución del tiempo por el espacio dada la ausencia de estas especies en la costa más próxima a la Reserva.

### **Efecto de la frecuentación**

Si los efectos de la creación de la Reserva de las islas Medes parecen muy notables aún resulta más sorprendente el efecto de la frecuentación intensiva de sus fondos por los escafandristas. El problema es que, en general, esos efectos suponen un deterioro del patrimonio natural y son por tanto indeseables. La presencia del hombre como mero observador no es totalmente inocua. Vaya por delante que la densidad actual de visitas submarinas a las islas Medes es única en todo el Mediterráneo y por ello mismo estos resultados encierran un elevado valor ejemplificador.

En el caso de la pradera de posidonias la presencia humana se manifiesta no en forma de visitas submarinas (la pradera de las Medes prácticamente no es visitada) sino por las anclas de las embarcaciones que llevan bañistas a las islas. Desgraciadamente no existe dentro de la Reserva una pradera libre de anclaje con la que establecer la comparación. Pero desde el año 1990 un programa de colocación de boyas de amarraje permanente ha hecho disminuir la presión de las anclas sobre la pradera, de forma que el efecto de las mismas podrá ser evaluado en un futuro próximo.

### **En las gorgonias (*Paramuricea clavata*)**

La densidad y la biomasa total de gorgonias es significativamente menor en las zonas muy frecuentadas respecto a las zonas de control, profundas y poco frecuentadas (Fig.14). La causa de estas diferencias reside probablemente en un fuerte desequilibrio en la dinámica de los parámetros demográficos de las poblaciones muy visitadas.

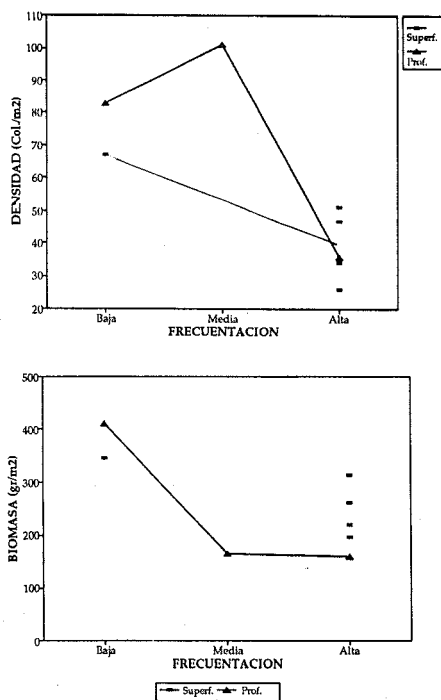


Fig. 14. *Gorgonia camaleón* (*Paramuricea clavata*). Efecto de la frecuentación; A) sobre la densidad de colonias; B) sobre la biomasa total de la gorgonia. Valores promedio sobre 2 parcelas de 1 m<sup>2</sup>. Julio de 1991.

Los tres grados diferentes de frecuentación generan diferencias de un orden de magnitud en la tasa de mortalidad de las colonias de talla superior a 15 cm. En las superficies expuestas de las zonas muy visitadas la mortalidad anual es sorprendentemente alta (10-14 %); la zona moderadamente visitada presenta una mortalidad de cerca del 5 % y en la zona poco visitada hemos encontrado valores inferiores al 1 % (de hecho no hemos encontrado mortalidad, debido al tamaño de la muestra). Un indicio de que son los escafandristas los responsables de esta mortalidad nos lo brinda el hecho de que la mortalidad en las zonas más visitadas desciende al 8.5 % anual cuando la superficie estudiada es un extraplomo (el extraplomo brinda una protección natural contra las aletas y el arrastre por el fondo por exceso de lastre). También el número de colonias que exhiben lesiones o necrosis parciales es superior en las zonas muy frecuentadas.



El reclutamiento (entrada de nuevas colonias a la población) muestra una dependencia positiva con la densidad de colonias adultas, y en 1992 el número de reclutas fue aproximadamente un 23 % del número de colonias. Como estas últimas son menos densas en las zonas visitadas el resultado es que el reclutamiento muestra diferencias significativas con la frecuentación. La zona poco visitada presenta las densidades de reclutas más elevadas (3.4 reclutes/m<sup>2</sup>) y las más visitadas las densidades más bajas (1.75 reclutes/m<sup>2</sup>). Con una mortalidad del 10-14 % y un reclutamiento del 3.4 % las zonas muy frecuentadas presentan una tasa neta de crecimiento claramente negativa que permite presagiar una rápida regresión de estas comunidades si no varían sus condiciones de conservación.

### En el coral (*Corallium rubrum*)

El diámetro medio de las ramas de las poblaciones de coral es significativamente inferior en las zonas muy frecuentadas que en las zonas poco frecuentadas (Fig.15). No obstante, las parcelas poco frecuentadas corresponden siempre a localidades profundas y la imposibilidad de separar los factores frecuentación y profundidad limita la interpretación de las diferencias. Ahora bien, el diámetro medio de las ramas de sectores muy frecuentados de las Medes (p.e. La Vaca) resulta inferior al de zonas de la misma profundidad y poco frecuentadas de fuera de la Reserva (Tabla 3) lo que parece descartar el peso del factor profundidad para apuntar claramente hacia la frecuentación.

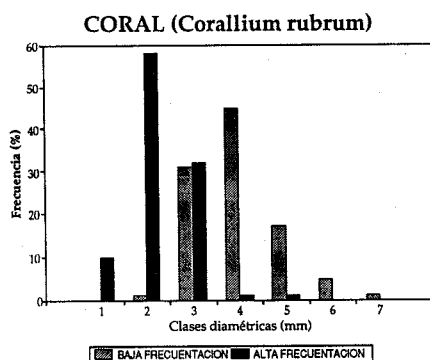


Fig. 15. Coral (*Corallium rubrum*). Efecto conjunto de la frecuentación-profundidad sobre la estructura de clases diamétricas (en mm) de las ramas de coral de la reserva de las islas Medes. Julio de 1992.

TABLA V. BRIOZOOS (*SERTELLA SEPTENTRIONALIS* Y *PENTAPORA FASCIALIS*). EFECTO DE LA FRECUENTACIÓN, DENSIDAD, DIÁMETRO Y ALTURA MEDIAS DE LAS COLONIAS CENSADAS SOBRE 5 RÉPLICAS DE 10X1 M. DE SUPERFICIE (ÁREA TOTAL 50 M<sup>2</sup>) EN LAS PARCELAS POCO FRECUENTADAS Y MUY FRECUENTADAS DE LA RESERVA DE LAS ISLAS MEDES. JULIO DE 1992.

Variable	Reserva-baja frecuentación	Reserva-alta frecuentación
Densidad	3,01	0,71
	5,55	0,42
	4,71	
Diámetro	8,63	6,21
	7,23	4,19
	7,81	
Altura	5,53	2,19
	4,67	2,21
	3,77	

### En los briozoos frágiles (*Pentapora fascialis* y *Sertella septentrionalis*)

Al igual que en el caso de las gorgonias y el coral, la frecuentación afecta muy negativamente a los briozoos seleccionados como representantes de la fauna sésil. La densidad, el diámetro y la altura medias de las poblaciones muy frecuentadas son significativamente inferiores a las de las zonas poco frecuentadas (Tabla V). Aunque la densidad de colonias de *Sertella septentrionalis* depende mucho de la naturaleza de la comunidad muestreada, estas diferencias no son causadas por la profundidad como lo prueba la comparación con parcelas de profundidades equivalentes de fuera de la Reserva.

Dos indicios de que la erosión es la causa de la regresión de los briozoos en las zonas muy frecuentadas los suministran el estudio del grado de esfericidad de las colonias -expresado como un cociente altura/diámetro- y del grado de exposición de las colonias al contacto con los escafandristas. El cociente altura/diámetro de las colonias de las zonas muy frecuentadas es muy inferior al de las zonas poco frecuentadas. Así mismo, el espectro de posiciones en que se encuentran colonias de briozoos en las zonas muy frecuentadas es mucho más limitado que el de las zonas poco frecuentadas; y estas posiciones son mucho más crípticas (Fig.16). Todas estas observaciones apuntan a los escafandristas como responsables de la erosión.

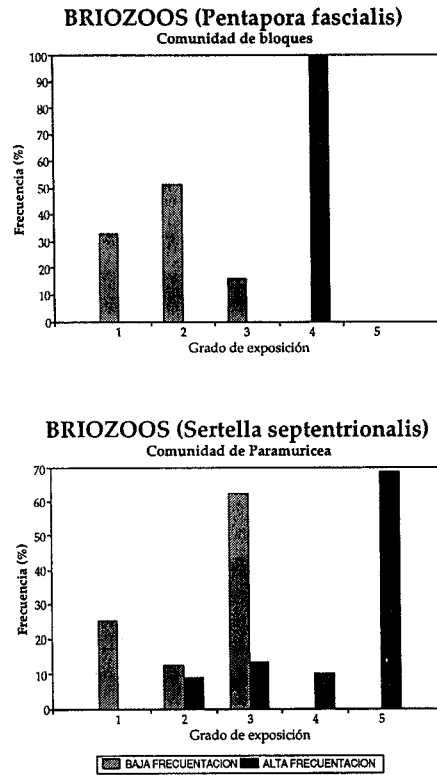


Fig. 16. Briozoos (*Sertella septentrionalis* y *Pentapora fascialis*). Efecto de la frecuentación en las islas Medes. Distribución de frecuencias sobre un espectro de exposición a la erosión del sustrato: 1) máxima exposición, epibionte de gorgonias; 2) expuesto, sustrato convexo; 3) exposición media, sustrato plano; 4) protegido, sustrato cóncavo; 5) máxima protección, en extraplomo. Julio de 1992.

### En el erizo comestibles (*Paracentrotus lividus*)

La comparación de las poblaciones de erizos comestibles de sectores muy frecuentados y poco frecuentados de las Medes muestra diferencias muy significativas. Aún bloqueando el efecto conocido de la rugosidad, la densidad de erizos en las zonas muy frecuentadas es mucho menor que en las zonas poco frecuentadas (Fig.17). El espectro de tallas también es diferente, con una preponderancia de las clases grandes en las zonas muy visitadas (Fig.18).

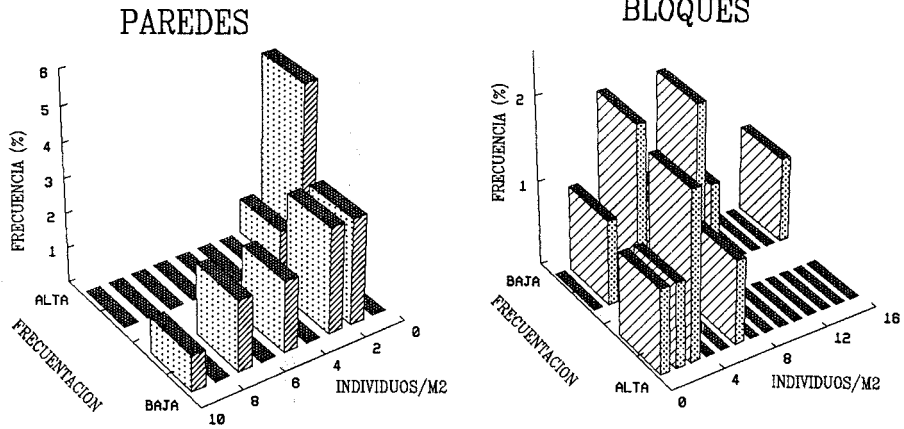


Fig. 17. Erizo comestible (*Paracentrotus lividus*). Efecto de la frecuentación de las islas Medes sobre la densidad de erizos en los dos tipos de topografía estudiados: a) paredes verticales; b) fondos de bloques. Valores promediados de 5 transectos de 50x1 m (área total 250 m<sup>2</sup>) realizados a 6 m de profundidad. Julio de 1992.

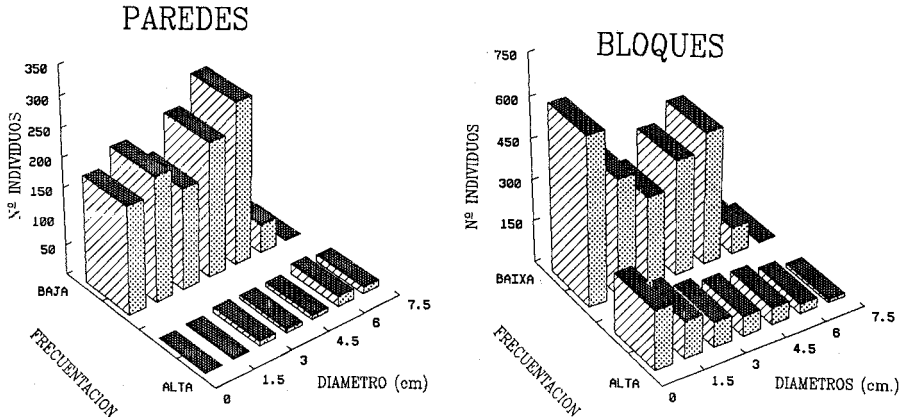


Fig. 18. Erizo comestible (*Paracentrotus lividus*). Efecto de la frecuentación de las islas Medes sobre la estructura de tallas de erizos en los dos tipos de topografía estudiados: a) paredes verticales; b) fondos de bloques. Valores promediados de 5 transectos de 50x1 m (área total 250 m<sup>2</sup>) realizados a 6 m de profundidad. Julio de 1992.

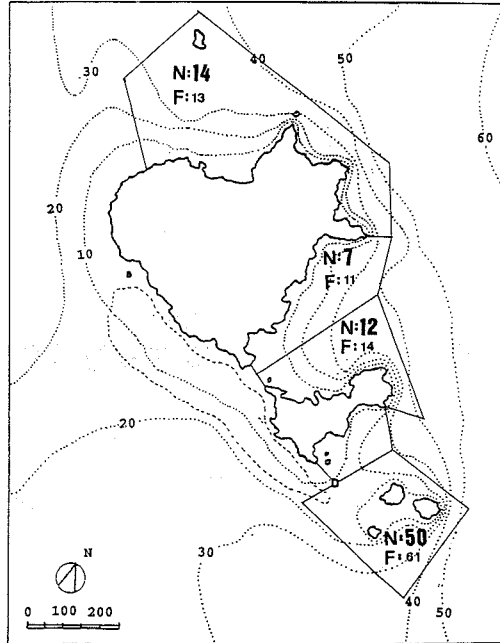


Fig. 19. Distribución de los meros (*Epinephelus guaza*) y de las visitas de escafandristas en las islas Medes. Frecuencia (%) de aparición de meros (9 transectos de 40x10 m.) y embarcaciones de buceo (a lo largo de un ciclo anual). Datos de 1992.

La interpretación de estas diferencias resulta compleja. Parece una vez más que se trata del efecto indirecto derivado de la proliferación de los peces más que de un efecto directo de la presencia del hombre como observador. Hay que tener presente que existe una correlación positiva (la única) entre la distribución de los escafandristas y la distribución de los peces (Fig.19).

El hecho que i) la caída de la densidad sea mucho más clara en las paredes verticales -donde no hay refugios contra los peces- que en los fondos de bloques -donde los erizos pueden encontrar refugio contra los peces pero no contra los hombres-, ii) en las paredes de la Reserva sólo se encuentren tallas muy grandes -por encima de cierto umbral la talla de los erizos es un refugio seguro contra los peces pero no contra el hombre- y que iii) sólo se encuentren tallas pequeñas entre los bloques - donde los erizos pueden protegerse de los peces-, hace pensar que

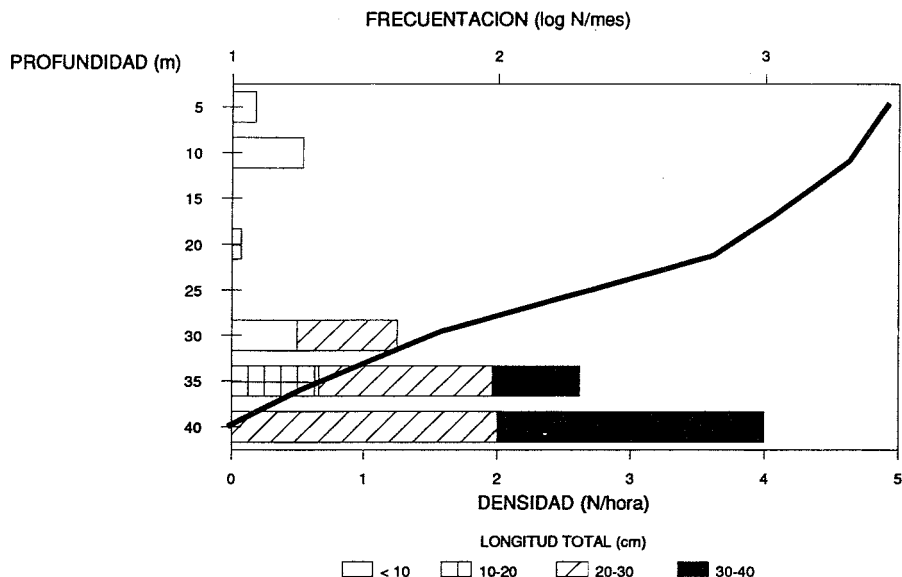


Fig. 20. Langosta (*Palinurus elephas*). Efecto de la Frecuentación y la profundidad sobre las frecuencias de clases de talla (longitud total; en cm.). Julio de 1992.

la responsabilidad del descenso en la densidad de los erizos dentro de la Reserva y en las zonas más frecuentadas por los escafandristas (pero también por los peces) recae en la proliferación de los peces y no en la presencia de los hombres.

### En la langosta (*Palinurus elephas*)

La densidad de langostas en las Medes resulta tan baja y su distribución tan agregada que los números apenas permiten el planteamiento de un test de significación estadística de las diferencias. Con todo, el diagnóstico es claro porque prácticamente no hay langostas en las zonas muy frecuentadas; y las pocas que han sido censadas mostraban la clase de talla menor (< 10 cm de longitud total). Sólo hay langostas en las zonas poco frecuentadas por debajo de 25 metros de profundidad, y más cuanto más profundas. Es decir, hay langostas donde no hay escafandristas y viceversa (Fig. 20). La exclusión mutua tienta a extraer conclusiones fáciles pero existen varias explicaciones alternativas:

1) Puede que exista una captura residual por parte de los escafandristas que, aún teniendo la frecuentación una tasa de agresividad muy baja, si confrontamos la ridícula densidad de langostas con el elevado número de visitas,

bastaría para explicar holgadamente la desaparición de las langostas de la Reserva;

2) Puede que el impacto de los escafandristas no consista en la captura sino en lesiones (p.e. la frecuente ruptura de las antenas ) o simples molestias que bastarían para alejarlas de las zonas frecuentadas.

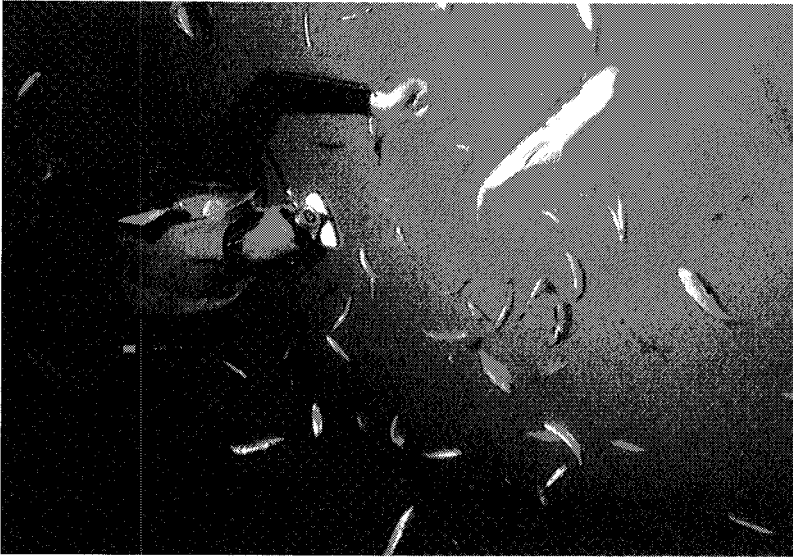
3) Puede que se trate simplemente de una preferencia de habitat, dado que las langostas son animales de ambientes profundos. Sin embargo, sabemos que, al menos estacionalmente, las langostas gustan de visitar las aguas someras.

4) Por último, puede que sean los peces, de los que se sabe que varios incluyen crustáceos entre las preferencias de su dieta, los responsables de la rarefacción de las langostas como parecen serlo de los erizos. Dado que la mayor parte de la biomasa de peces se sitúa en la zona superficial, el desplazamiento en profundidad de las langostas de la Reserva obedecería a la búsqueda de refugio no contra los hombres sino contra los peces.

Una vez más, la imposibilidad de separar los factores profundidad y frecuentación dificulta la interpretación. Aunque si consideramos válida la comparación con otras zonas someras de la costa no protegida pero tampoco frecuentada, donde las langostas se hallan presentes y sus tallas son claramente superiores a las de la Reserva, la tercera hipótesis (la profundidad por sí misma) no puede explicar todas las diferencias. En este caso, probablemente la suma del efecto directo de los hombres como visitantes más el efecto indirecto de la proliferación de peces como consecuencia de la creación de la Reserva es la responsable de la evidente regresión de las langostas de las Medes.

### **En el mero (*Epinephelus guaza*)**

Los meros junto con el resto de la ictiofauna constituyen las únicas de las ocho variables biológicas seleccionadas que muestran una correlación positiva con las visitas. Si la distribución de los escafandristas en el espacio es muy asimétrica, también lo es la de los meros y la superposición es casi perfecta. Así, el verano de 1992 el 60 % de los meros censados en la Reserva se situaba en los 6 sectores donde se concentraba el 93 % de las visitas subacuáticas. En la mayoría de las zonas donde no se consignaron visitas tampoco pudo censarse ningún mero. Las zonas profundas, poco visitadas albergan poquísimos meros (3 %). Las causas de esta curiosa asociación pueden ser dos, i) los escafandristas buscan los lugares donde hay meros, y ii) los meros buscan a los escafandristas



*Fig. 21. Especies como el mero, el sargo, la dorada o la cantara persiguen activamente a los escafidristas a la búsqueda de un bocado.*

que les llevan comida. Probablemente los dos procesos se suman para dar una respuesta reforzada. Que los escafidristas buscan a los meros, resulta evidente porque ha habido un desplazamiento de sus preferencias de visita, de las zonas situadas al norte, donde predominan las grandes profundidades y la belleza de la fauna sésil (p.e. coral, gorgonias, etc.) hacia la zona de los Tascons donde predominan los fondos someros de bloques y los peces. Que los meros busquen a los escafidristas tampoco resulta sorprendente: animales territoriales con una gran capacidad de observación y de aprendizaje, los meros se han habituado a esperar, perseguir y pedir alimento a los escafidristas que los visitan. Pero cuando a media jornada de un día "con mucho movimiento" se encuentran ahítos y probablemente cansados de las "caricias" de los visitantes es frecuente observar que se apartan hacia aguas profundas y alejadas en busca de tranquilidad.

La profundidad media y la posición de los meros en el fondo ha cambiado radicalmente en los últimos 15 años. Aunque desgraciadamente no tenemos datos cuantitativos para demostrarlo, hasta el final de la década de los 70 y bien entrada la de los 80, cuando la observación de un mero en las Medes resultaba aún noticiable, los encuentros se realizaban a mucha profundidad y dentro de sus refugios. Hoy día es difícil saber cual es el refugio de un mero porque rara vez se les encuentra dentro.



La mayoría de las observaciones hechas para los meros se aplican perfectamente al resto de la ictiofauna de fondos rocosos tradicionalmente perseguida por la pesca. Especies como el sargo (*Diplodus sargus*), la dorada (*Sparus aurata*) o la cántara (*Spondyllosoma cantharus*) persiguen activamente a los escafandristas a la búsqueda de un bocado (Fig. 21). Otras especies que no muestran ningún comportamiento mendigante como la corva (*Sciaena umbra*), la lubina (*Dicentrarchus labrax*) o el sargo imperial (*Diplodus cervinus*) mantienen una actitud mucho más confiada que fuera de la Reserva, lo que se traduce en una mucho menor distancia de observación. Todos estos aspectos convierten la ictiofauna en uno de los mayores atractivos de la Reserva de las islas Medes porque es indudable el placer añadido que confiere a los paseos submarinos el hecho de verse rodeado de grandes peces que comen de la mano. Y parece incuestionable que este hecho, por sí solo, justifica a los ojos de una buena parte de la opinión pública la creación y gestión restrictiva de un espacio protegido.

### **Regresión de comunidades**

Sin que este recuento pretenda ser exhaustivo, actualmente sabemos de dos comunidades que muestran signos preocupantes de regresión por causas no claramente identificadas: la pradera de posidonia y los “bosquecillos” de gorgonias camaleón (*Paramuricea clavata*).

#### **La pradera de posidonias (*Posidonia oceanica*)**

La pradera de posidonias es un sistema dotado de gran inercia, de forma que no son esperables cambios interanuales espectaculares. También es cierto que las condiciones ambientales en el periodo considerado (1983-1992) no se han mantenido constantes (declaración de reserva submarina, cambios en la presión de fondeo, colocación de boyas, etc.). Sin embargo, el hecho de disponer de datos desde 1983 empieza a hacer posible el análisis a largo plazo (aunque la base de datos disponible aún es insuficiente para aplicar una estadística rigurosa y ello hace que, inevitablemente, las conclusiones sean provisionales). Aunque no hay tendencias que se hayan mantenido de forma inequívoca durante los 8 años, se aprecia una disminución de calidad biológica en dos indicadores de la pradera: la densidad de posidonias y la biomasa de epífitos.

La disminución de densidad no es uniforme ni en el tiempo ni en el espacio (Tablas 6 y 7). Así, en la estación de 5 metros la disminución es pequeña (18%) y más o menos constante en el tiempo; en las estaciones intermedias (6.5 y 8.7 m), la disminución es reciente, aunque desigual (23 % para la estación de 6.5 m y 37 % para la de 8.7 m) mientras que en la estación profunda (15 m) la pérdida se produjo fundamentalmente entre 1987 y 1990 y fue muy importante (72 %)(Fig. 22). Recordando que la densidad global es el producto de dos componentes, densidad de haces y cobertura foliar de los haces, resulta interesante observar que a 5 m se trata fundamentalmente de una pérdida de densidad, a 6.5 m disminuyen ambos parámetros, a 8.7 m disminuye la cobertura y a 15 m disminuyen ambos. En 1990 se detectó la apertura de un gran calvero de unos 2000 m<sup>2</sup> de superficie en el extremo inferior de la pradera; desde entonces este calvero no ha sufrido diferencias apreciables y carecemos de hipótesis consistentes sobre las causas que lo motivaron. Sin embargo, el límite batimétrico profundo de la planta no se ha visto modificado desde 1987 excepto al nivel de este clavero. Además de la densidad, se ha apreciado un descenso de la producción de la pradera y un aumento de la biomasa de epífitos instalados sobre sus hojas, afectando sobre todo a las plantas de la parte profunda (Fig.23).

TABLA VI. POSIDONIA (*POSIDONIA OCEANICA*). DENSIDAD (HACES / M<sup>2</sup>) EN CUATRO PROFUNDIDADES. SE DA EL ERROR STANDARD PARA CADA VALOR (N=10).

Causa	Sup. perdida (m <sup>2</sup> )	%
Calvero	2000	2.5
Remonte límite inferior	400	0.5
Sup. vegetada original (1983)	72000	
Sup. efectiva (rodales) original (1983)	37800	
Sup vegetada actual (1992)	70000	
Sup. efectiva (rodales) actual (1992)	32200	
Total pérdidas	5600	7.5

TABLA VII. POSIDONIA (*POSIDONIA OCEANICA*). COBERTURA (HACES / M<sup>2</sup>) EN CUATRO PROFUNDIDADES. SE DA EL ERROR STANDARD PARA CADA VALOR (N=10).

prof	1983	1990	1992
5	483	433	397
6.5	264	286	202
8.7	204	213	129
15	132	11	36

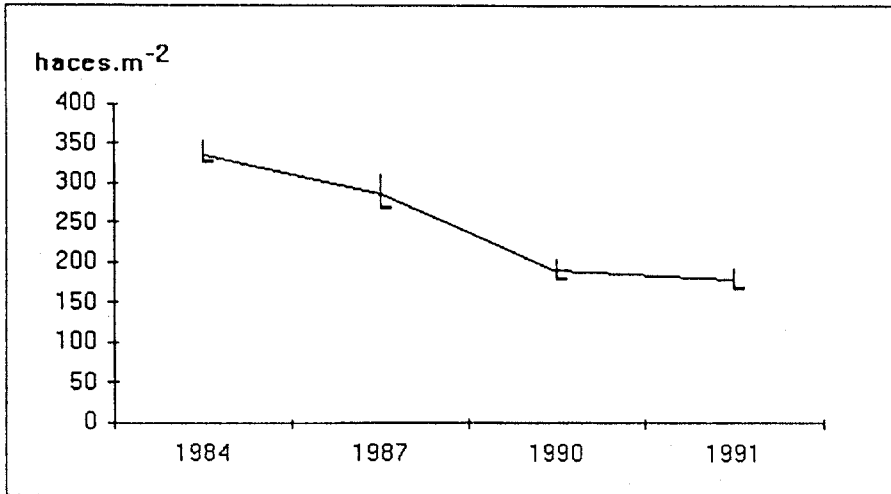


Fig. 22. *Posidonia* (*Posidonia oceanica*). Evolución de la densidad global (cobertura x densidad de haces) a lo largo de un transecto perpendicular a la línea de costa en los últimos 9 años.

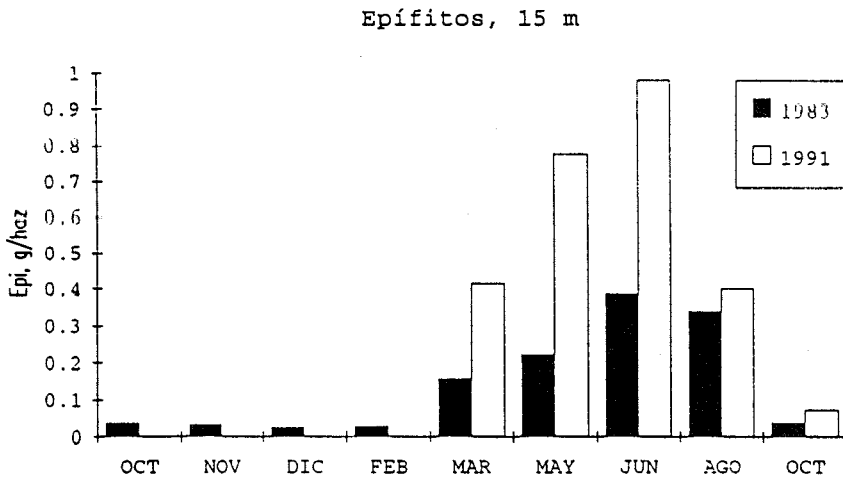


Fig. 23. *Posidonia* (*Posidonia oceanica*). Comparación de la biomasa de epífitos acumulados sobre las hojas de *Posidonia* a lo largo de un ciclo anual en los años 1983 y 1991.

En otros lugares del Mediterráneo esta regresión ha sido consecuencia de la disminución de la transparencia del agua, de la contaminación en general (por diversas causas) o del efecto de “labrado” del fondo por el anclaje intensivo de embarcaciones deportivas. De forma más precisa se han planteado varias hipótesis que pueden resumirse en 5 apartados: i) efectos mecánicos (anclas, cadenas de boyas) (Fig. 24); ii) efectos químicos indirectos (eutrofización); iii) efectos químicos directos (contaminantes tóxicos); iv) efectos geológicos (desequilibrio entre sedimentación y erosión); y v) efectos biológicos (sobrepresión por herbívoros, sombreado por epífitos).

En teoría debería ser posible reconocer a los agentes causales por ligeras diferencias en la sintomatología. Las alteraciones de tipo mecánico deberían caracterizarse por:

- a) Descenso más de la cobertura que de la densidad
- b) Efectos a largo plazo más drásticos en la zona más profunda
- c) Límite batimétrico profundo inalterado
- d) Inexistencia de cambios en los valores de producción, biomasa, epífitos y cociente P/B.



*Fig. 24. La regresión de las praderas de Posidonia oceánica posee relación con el efecto de “labrado” del fondo por el anclaje intensivo de embarcaciones deportivas.*

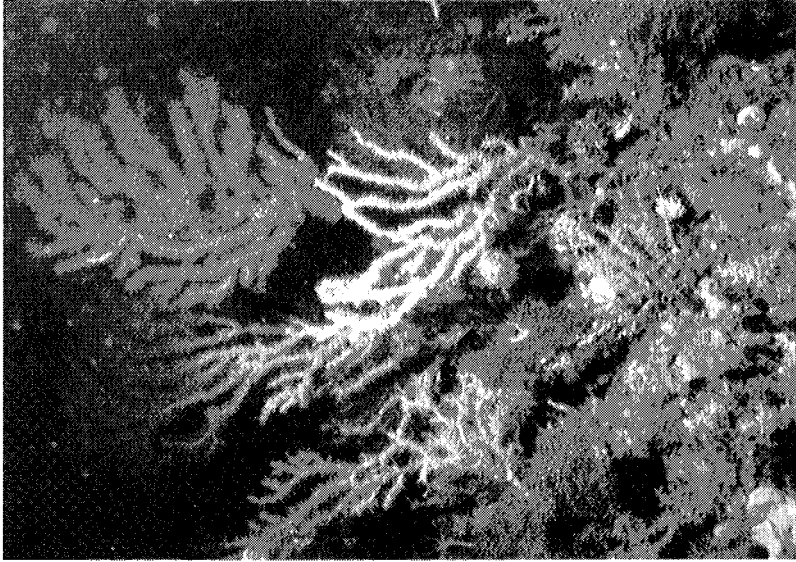
Por el contrario, la eutrofia, que actúa en detrimento de la planta al favorecer diferencialmente el crecimiento tanto del fitoplancton como de los epífitos, debería manifestarse por:

- a) Descenso más o menos equivalente de cobertura y densidad.
- b) Efectos más drásticos en la zona profunda, con potenciación del “factor profundidad” sobre la densidad y cobertura
- c) Remonte hacia la superficie del límite inferior
- d) Incremento de la biomasa de los epífitos, disminución de la producción de la planta.

Con los datos presentes no nos es posible elegir la causa o causas de la regresión entre las diferentes hipótesis planteadas. Las causas geológicas o por agentes químicos directos parecen poco probables. La degradación observada presenta caracteres mixtos de los que serían esperables de los efectos de una acción mecánica y de un proceso de eutrofia. El notable aumento de la biomasa de peces herbívoros (*Sarpa salpa*) no debe ser descartado. Basándonos en el mantenimiento del nivel batimétrico inferior como criterio más convincente, parece que la acción de los fondeos sería la más importante, si bien no pueden descartarse efectos adicionales causados por eutrofización.

### **La gorgonia camaleón (*Paramuricea clavata*)**

En la zona denominada El Salpatxot se detectó en 1991 una zona de mortalidad de la gorgonia *Paramuricea clavata* coincidiendo con la localidad más somera (10.5-13 m) conocida de esta especie en el área de las islas Medes. Toda la población de gorgonias de esta roca (unos 50 m<sup>2</sup>) está afectada por un recubrimiento anormal de hidrarios, briozoos y algas, epífitos (Fig. 25). Dos áreas se ven especialmente afectadas, con dos calveros de unos 2 m<sup>2</sup> de superficie en los que sólo quedan los esqueletos de las gorgonias totalmente recubiertos de epífitos. Una parcela estudiada en esta zona el verano de 1992 revela el estado dramático de la población: 44 % totalmente recubiertas (muertas), 28 % afectadas y 28 % en buen estado. Esta mortalidad no puede ser atribuida a los escafandristas (las colonias muertas continúan fijadas al fondo cuando los escafandristas las arrancan) y todo hace pensar en una causa anómala. Por el momento desconocemos la causa de esta brusca mortalidad pero se han descrito fenómenos semejantes en la Costa Azul francesa (aunque a gran profundidad) y en el mar Adriático, que se han relacionado con episodios de contaminación por metales



*Fig. 25. Gorgonia camaleón (Paramuricea clavata). Detalle de una colonia parcialmente afectada por la necrosis de origen desconocido. Obsérvese la desaparición del cenosarco y el recubrimiento del segmento desnudo por una densa fauna de hidrozooos. El Salpatxot, 11 m.(Islas Medes). Octubre de 1992.*

pesados y de eutrofia respectivamente. Las características del lugar, en el área más expuesta a la influencia de las aguas del río Ter y la situación extraordinariamente somera de las colonias inducen a pensar que ,hipotéticamente, esta mortalidad podría estar relacionada con invasiones catastróficas de esta zona por masas de agua de fuerte influencia continental. Una bajada de la salinidad y/o aumento brusco de la sedimentación produciría la rápida pérdida del cenosarco y posterior necrosis de los tejidos. A partir de ese momento el esqueleto parece comportarse como un substrato inerte, adecuado para la colonización por los epífitos oportunistas que con toda seguridad no son los responsables de la muerte de la gorgonia.

## CONCLUSIONES

El efecto de la creación de la Reserva de las islas Medes es muy positivo sobre las poblaciones de peces que han aumentado en riqueza específica y biomasa. Además, muchas especies habitualmente esquivas y difíciles de observar han modificado su comportamiento hacia actitudes mucho más

confiadas. El efecto positivo es también considerable en las poblaciones del apreciado coral rojo que exhibe mayor densidad y ejemplares de mayores dimensiones dentro de la Reserva que fuera de ella. Todo ello confiere un gran atractivo a las visitas subacuáticas de las islas y de esta forma la Reserva demuestra que la conservación del patrimonio natural y el desarrollo económico por la vía del turismo no sólo son compatibles sino complementarios.

Pero tal como anticipábamos en la introducción, se detectan otros efectos imprevistos que pueden resultar indeseables.

1) En parte estos efectos son resultado indirecto del reajuste en los equilibrios de las especies liberadas de la presión humana. Es el caso de los erizos comestibles y las langostas cuyas poblaciones parecen haber declinado desde la creación de la reserva. Nuestros resultados confirman las expectativas teóricas de cambios ostensibles en la dinámica de las poblaciones litorales no sólo sobre las especies directamente depredadas -fácilmente diagnosticables-, sino también en la cascada de efectos indirectos sobre otras especies que muestran una dinámica sorprendente. Precisamente el carácter impredecible de esos cambios aconseja la puesta en marcha de programas de control en todas las reservas tan pronto éstas se pongan en marcha (y si puede ser con antelación a su creación tanto mejor). También parece aconsejar una actitud libre de prejuicios en los criterios de gestión que no excluyan la posibilidad de intervenir activamente para controlar la evolución demográfica de alguna de las especies temporalmente beneficiadas por la desaparición del hombre como depredador.

2) También resulta muy evidente el efecto de la frecuentación intensiva de los fondos de las Medes por parte de escafandristas. En los lugares más visitados el resultado es en general negativo y afecta a la fauna sésil, como las gorgonias, el coral o los briozoos, que resultan severamente erosionados y sus poblaciones diezgadas. La reducción de la fauna vágil como las langostas o los erizos de las zonas muy frecuentadas puede estar más relacionada con las poblaciones de peces que con los mismos visitantes -peces y visitantes van positivamente correlacionados-. El aumento de la presión de visita sin ser un fenómeno consubstancial con la creación de una reserva si que se asocia frecuentemente con ellas ya que la declaración de un espacio protegido parece ejercer una inevitable atracción sobre los promotores turísticos y “consumidores de ocio” en general.

El caso de las islas Medes tiene que servirnos para reflexionar ante la creación de una reserva. No en el sentido de cuestionar su creación sino en el de asegurarse previamente las medidas que garanticen el control y la canalización de sus visitantes.

## AGRADECIMIENTOS

Este escrito es un resumen del programa de seguimiento de las islas Medes que lleva a cabo un equipo del Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona. Los resultados que presento son fruto del trabajo de Javier Romero y su grupo sobre las posidonias, de Antoni García-Rubies sobre los peces y meros, de Rafael Coma sobre las gorgonias, de Marta Ribes sobre los erizos, de Quim Garrabou sobre el coral, de Enric Sala sobre los briozoos y de Marc Marí sobre las langostas. Además Jordi Corbera se ha cuidado de las ilustraciones y Quim Garrabou ha trabajado pacientemente para sistematizar las tablas y figuras. Desde la Direcció General de Pesca de la Generalitat de Catalunya, que ha financiado el proyecto, Ignasi Olivella ha contribuido con su esfuerzo y sus ponderados consejos a que éste se desarrolle en el clima más fructífero.

## BIBLIOGRAFÍA

AZZOLINA, J.F. (1988). Contribution a l'étude de la dynamique des populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmck). Croissance, recrutement, mortalité, migrations. Thèse Doct. Univ. Aix-Marseille II, 225 pp.

BALLESTER, A. (1971). Proyecto para el establecimiento de un Parque-Reserva Submarino en las Islas Medas (Costa Brava, Gerona). *Inm. y Ciencia*, 3: 7-33.

BAUCHOT, M. L. and PRAS, M. (1982). Guía de los peces de mar de España y Europa. Ediciones Omega. Barcelona. 432 pp.

BOLOS, O. and VIGO, J. (1984). Flora vascular i vegetació de les Illes Medes. En: "Els Sistemes Naturals de les Illes Medes. Arxius de la Secció de Ciències 73. (Ros J. D., Olivella I. and Gili, J. M. Eds.) Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 828 pp.

BRANCH, G.M.(1985). Limpets: their rôle in littoral and sublittoral community dynamics. En: "The Ecology of Rocky Coasts" (Moore, P.G. and Seed, R. eds.). Hodder and Stoughton, Londres, pp. 97-116.

CHAUVET, C. and P. FRANCOUR (1990). Les mérours *Epinephelus guaza* du parc national de Port-Cros (France): Aspects socio-demographiques. *Bull. Soc. Zool. France*, 114(4): 5-13.



FORTIÀ, R. and HONTANGAS, J. (1991). El cens de gavià argentat a les illes Medes. *Revista de Girona*, 149: 601-605.

FORTIÀ, R. (1992). El impacto ecológico de la superpoblación de gaviotas. *Ciencia y tecnología (supl. La Vanguardia)*, 130: 6-7.

FRANKLIN, J.F.(1985). Importance and Justification of Long-Term Studies in Ecology. En: "Long-Term Studies in Ecology. Approaches and Alternatives" (G.E. Likens ed.), Springer-Verlag, New York, pp.3-19.

GARCIA RUBIES, A. and ZABALA, M. (1990). Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Islands marine reserve (NW Mediterranean). *Sci. Mar.*, 54(4): 317-328.

HARME LIN, J.G. (1987). Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Parc National de Port-Cros, France). *Mar. Ecol.*, 8(3): 263-284.

HARME LIN-VIVIEN, M., HARME LIN J.G, CHAUVET C., DUVAL C., GALZIN R., LEJEUNE P., BARNABÉ G., BLANC F., CHEVALIER R., DUCLERC J. and LASERRE G. (1985). Evaluation visuelle des peuplements et populations des poissons. *Rev. Ecol.(Terre Vie)*, 40: 447-539.

HOCKEY, P.A.R. and BRANCH, G.M.(1984). Oystercatchers and limpets: impact and implications. A preliminary assessment. *Ardea*, 72:199-206.

LIKENS, G.E.(1985). Long-Term Studies in Ecology. Approaches and Alternatives. Springer-Verlag. New York.

PASCUAL, J. and FLOS, J. (1984). Meteorologia i Oceanografia. En: Els Sistemes Naturals de les Illes Medes. *Arxius de la Secció de Ciències 73*. (Ros J. D., Olivella I. and Gili, J. M. Eds.) Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 828 pp.

PICKETT, S.T.A.(1985). Space-for-Time Substitution as an Alternative to Long-Term Studies. En:"Long-Term Studies in Ecology. Approaches and Alternatives" (G.E. Likens ed.),Springer-Verlag, New York,pp.110-135.

ROS J. D., OLIVELLA I. and GILI, J. M. (Eds.) (1984). Els Sistemes Naturals de les Illes Medes. *Arxius de la Secció de Ciències 73*. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 828 pp.

TAYLOR, L.R.(1987). Objective and Experiment in Long-Term Research. En "Long-Term Studies in Ecology. Approaches and Alternatives" (G.E. Likens ed.),Springer-Verlag, New York, pp. 20-70.