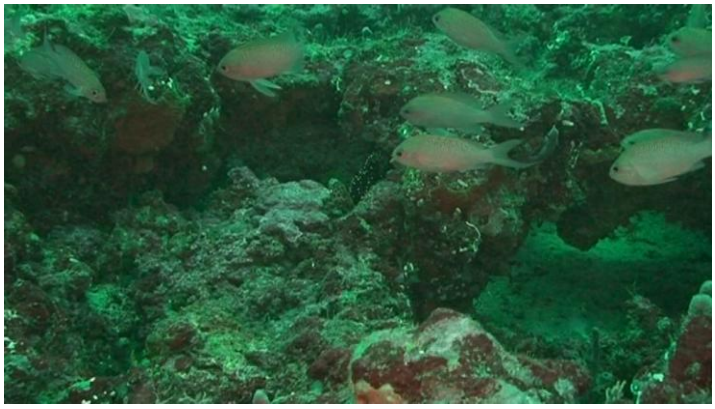
INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Informe proyecto DRAGONSAL

Caracterización del ecosistema bentónico de la plataforma costera del área comprendida entre Sa Dragonera, Cabrera y el Cap de Ses Salines (Mallorca)



Diciembre 2013

Marta Domínguez
Antía Fontán
Jesús Rivera
Montserrat Ramón

Convenio específico de colaboración entre
la Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori de les Illes Balears
y el Instituto Español de Oceanografía

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Pesca (FEP)
Invertimos en pesca sostenible

Govern de les Illes Balears
Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

INFORME PROYECTO DRAGONSAL

CARACTERIZACIÓN DEL ECOSISTEMA BENTÓNICO DE LA PLATAFORMA COSTERA DEL ÁREA COMPRENDIDA ENTRE SA DRAGONERA, CABRERA Y EL CAP DE SES SALINES (MALLORCA)

CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN ENTRE LA CONSELLERIA D'AGRICULTURA, MEDI AMBIENT I TERRITORI DE LES ILLES BALEARS Y EL INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Marta Domínguez, Antía Fontán,
Jesús Rivera, Montserrat Ramón

DICIEMBRE 2013

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Pesca (FEP)
Invertimos en pesca sostenible

Govern de les Illes Balears
Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori

AUTORES

Elaboración del informe:

Marta Domínguez Álvarez, Antía Fontán Santos, Jesús Rivera, Montserrat Ramón Herrero

Planificación de campañas y/o tratamiento de datos:

Juan Acosta Yepes, Carmen Barberá Cebrián, Marta Domínguez Álvarez, Antía Fontán Santos, Enric Massutí Sureda, Toni Quetglas Conti, Montserrat Ramón Herrero, Jesús Rivera Martínez

Participación en campañas oceanográficas:

Juan Acosta Yepes, Beatriz Arresa, Carmen Barberá Cebrián, Marta Díaz Valdés, Marta Domínguez Álvarez, Antía Fontán Santos, Enric Massutí Sureda, Aina de Mesa Salleras, Ester Martínez, Francesc Ordinas Cerdà, Gabriel Pomar Vert, Montserrat Ramón Herrero, Jesús Rivera Martínez, Concepció Rodríguez-Prieto, María Valls Mir, Eva María Vidal Cejuela.

Otras colaboraciones:

Ricardo Aguilar y Marta Carreras

RESUMEN

Sobre la plataforma continental que rodea a las Islas Baleares se asientan diversos hábitats de gran valor ecológico y medioambiental. La conservación de estos ecosistemas es clave para garantizar la explotación sostenible de los recursos pesqueros y por ello la Comisión Europea, a través del Reglamento (CE) Nº 1967/2006 del Consejo, 21 de diciembre de 2006, instó a los estados miembros a obtener la información científica necesaria para identificar y describir los hábitats que han de protegerse.

El presente proyecto, enmarcado en un convenio específico de colaboración entre la Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori de les Illes Balears y el Instituto Español de Oceanografía, tiene como principal objetivo examinar los fondos de la plataforma costera sur de Mallorca entre Sa Dragonera y Cabrera, comprendidos entre 50 y 100 m de profundidad, con el fin de identificar zonas de especial interés que deben ser protegidas. Dicho proyecto se llevó a cabo durante un periodo de 3 años, comenzando a finales de 2010. En noviembre de ese año se inició el levantamiento batimétrico de la zona de estudio con la primera campaña geofísica. El cartografiado continuó durante el 2011 con dos campañas más, cubriéndose gran parte del área de interés. En 2012 se realizaron dos campañas, la primera de ellas, de carácter geológico/geofísico, permitió completar el levantamiento cartográfico del fondo marino. La otra, la primera de carácter biológico del proyecto, permitió identificar los hábitats bentónicos presentes en la zona. En las campañas oceanográficas realizadas a lo largo del proyecto participaron científicos pertenecientes al Instituto Español de Oceanografía (Centro Oceanográfico de Baleares y de Madrid), a la Universidad de Girona y al Equipo multidisciplinar de Cartografiado Marino de TRAGSATEC).

Para llevar a cabo la adquisición de datos geológicos se empleó la ecosonda multihaz, la ecosonda paramétrica y la unidad de sincronía. Para el muestreo de fauna y flora bentónica se utilizó el patín epibentónico y la draga de roca. El sedimento se muestreó con una draga van Veen. Asimismo se manejaron diversos equipos para la obtención de imágenes (fotos y vídeos) del fondo marino (un trineo de fotografía y video, una cámara IPSE y dos vehículos de observación remota o ROVs).

El análisis batimétrico y la respuesta acústica del fondo han permitido la caracterización de los tipos de fondo y de los tipos morfológicos, así como la obtención de un mapa morfosedimentario de la zona. La información biológica ha confirmado la existencia de hábitats sensibles, reconocidos internacionalmente como ecologicamente importantes, tales como concreciones de coralígeno, fondos de rodolitos y algas rojas blandas, en varios puntos de la plataforma sur de Mallorca. Asimismo se han identificado un total de 12 hábitats, de acuerdo al nivel 4 del Inventario Español de Hábitats y Especies Marinos.

Palabras clave: plataforma costera, sur Mallorca, cartografiado, hábitats bentónicos, tipos de fondo, hábitats sensibles, coralígeno, maerl, algas rojas.

RESUM

A la plataforma continental que envolta a les Illes Balears s'assenten diversos hàbitats de gran valor ecològic i mediambiental. La conservació d'aquests ecosistemes és clau per garantir l'explotació sostenible dels recursos pesquers i per això la Comissió Europea, a través del Reglament (CE) Nº 1967/2006 del Consell, 21 de desembre de 2006, va instar als estats membres a obtenir la informació científica necessària per identificar i descriure els hàbitats que han de protegir-se.

El present projecte, emmarcat en un conveni específic de col·laboració entre la Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori dels Illes Balears i l'Institut Español d'Oceanografia, té com a principal objectiu examinar els fons de la plataforma costanera sud de Mallorca, entre Sa Dragonera i Cabrera, compresos entre 50 i 100 m de profunditat, amb la finalitat d'identificar zones d'especial interès que han de ser protegides. Aquest projecte es va dur a terme durant un període de 3 anys, començant a la fi de 2010. Al novembre d'aquest any es va iniciar l'aixecament batimètric de la zona d'estudi amb la primera campanya geològica. El cartografiat va continuar durant el 2011 amb dues campanyes més, cobrint-se gran part de l'àrea d'interès. En 2012 es van realitzar dues campanyes, la primera d'elles, de caràcter geològic/geofísic, va permetre completar l'aixecament cartogràfic del fons marí. L'altra, la primera de caràcter biològic del projecte, va permetre identificar els hàbitats bentònics presents a la zona. En les campanyes oceanogràfiques realitzades al llarg del projecte van participar científics pertanyents a l'Institut Español d'Oceanografia (Centre Oceanogràfic de Balears i de Madrid), a la Universitat de Girona i a l'Equip multidisciplinari de Cartografiat Marí de TRAGSATEC.

Per dur a terme l'adquisició de dades geològiques es va emprar la ecosonda multihaz, la ecosonda paramètrica i la unitat de sincronia. Per al mostreig de fauna i flora bentònica es va utilitzar el patí epibentònic i la draga de roca. El sediment es va mostrejar amb una draga van Veen. Així mateix es van manejar diversos equips per a l'obtenció d'imatges (fotos i vídeos) del fons marí (un trineu de fotografia i video, una càmera IPSE i dos vehicles d'observació remota o ROVs).

L'anàlisi batimétric i la resposta acústica del fons han permès la caracterització dels tipus de fons i dels tipus morfològics, així com l'obtenció d'un mapa morfosedimentari de la zona. La informació biològica ha confirmat l'existència d'hàbitats sensibles, reconeguts internacionalment com ecologicament importants, en diversos punts de la plataforma sud de Mallorca, com les concrecions de coral·ligen, fons de rodolits i algues vermelles toves. Així mateix s'han identificat un total de 12 hàbitats, d'acord al nivell 4 de l'Inventari Español d'Hàbitats i Espècies Marins.

.

Paraules clau: plataforma costanera, sud Mallorca, cartografiat, hàbitats bentònics, tipus de fondo, hàbitats sensibles, coral·ligen, grapissar, algues vermelles.

SUMMARY

On the continental shelf surrounding the Balearic Islands different habitats with great ecological and environmental values can be found. The preservation of these habitats is a key issue for a sustainable exploitation of the fishing resources. Therefore, the European Comission, according to the regulation (CE) Nº 1967/2006, December 21st 2006, urged the state members to gather the necessary scientific information to identify and describe the habitats that needed protection.

The main objective of the present project, framed within a specific cooperation agreement between Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori de les Illes Balears y el Instituto Español de Oceanografía, is to study the bottom of the south coastal shelf from Mallorca between Sa Dragonera and Cabrera, located between 50 and 100 m depth, to identify areas with special interest to be protected. Such project was carried out during 3 years, starting at the end of 2010. In detail, the bathymetric survey of the study area began in November 2010. The cartographic description continued with two more surveys that covered most of the area of interest. In 2012, two other surveys were carried out; the first one had a geological/geophysical component and allowed to perform a bathymetric chart of the sea bottom. The second one, which was the first biological survey, allowed the identification of the benthic habitats found in the area. Scientists belonging to the Instituto Español de Oceanografía (Centro Oceanográfico de Baleares y de Madrid), to the Universidad de Girona and to the Equipo multidisciplinar de Cartografiado Marino de TRAGSATEC) participated in the oceanographic surveys done along the development of the project.

A multibeam echosounder (MBES), a sub-bottom profiler and a sync unit were used to carry out the acquisition of the geological data. To study benthic fauna and flora the project used a beam trawl and a rock dredge. The sediment was sampled with a van Veen grab. Additionally, different equipment was employed to get seabed images, both pictures and videos (a trawl camera, an IPSE camera, and two Remotely Operated Vehicles). The bathymetric analysis and the seabed acoustic response allowed the characterization of the seabed and morphologic types, as well as obtaining a morpho-sedimentary map of the study site. The biological information confirmed the existence of sensitive habitats, which are recognised internationally as ecologically important, such as

coraligen, rhodolith beds and soft red algae, among different locations of the southern platform of Mallorca. Aditionally, twelfe habitats have been identified, according to level 4 of the Spanish Checklist of Marine Species and Habitats.

Keywords: coastal platform, southern Mallorca, cartography, benthic habitats bentónicos, seabed types, essential habitats, coralligenous, rhodolith beds, red algae.

ÍNDICE

1. Introducción **13**
1.1. Antecedentes 14
1.2. Marco legal 15
1.3. Justificación y objetivos 16

2. Área de estudio **21**

3. Metodología **29**
3.1. Buques y personal participante en las campañas 29
3.2. Diseño y desarrollo de las campañas oceanográficas 33
3.2.1. Obtención de datos geológicos 33
A) Ecosonda Multihaz 37
B) Sistema de sísmica de reflexión 40
C) Unidad de Sincronía 41
D) Procesado de datos 42
E) Análisis batimétrico 43
F) Análisis sísmico 43
G) Transectos de vídeo con cámara IPSE 44
H) Dragas 44
3.2.2. Obtención de datos biológicos 45
A) Patín epibentónico 46
B) Draga de roca 48
C) Trineo de fotografía y vídeo 49
D) Vehículos submarinos operados desde superficie (ROVs) 50
3.2.3. Caracterización del sedimento 51
A) Toma de muestras 51
B) Granulometría 52
C) Materia orgánica 55
3.3. Cartografía 56
3.3.1. Datos de origen 57
3.3.2 Datos derivados 58
3.3.3 Métodos de interpolación 59
3.4. Caracterización de la actividad pesquera 59

4. Descripción del medio físico **63**
4.1. Tipos de fondo 66
Bioconstrucciones 67
Fondo detrítico costero 68
Sedimento duro 69

Roca subaflorante con cobertura sedimentaria 70
Roca aflorante 71
4.2. Tipos morfológicos 72
4.2.1. Deposicionales 74
Barra litoral relicta 72
Hummocky 73
Ripples 74
4.2.2. Erosivos 74
Canales 74
Escarpes erosivos 75
4.2.3. Gravitacionales 76
Cicatrices gravitacionales 76
Cicatriz de deslizamiento 76
4.2.4. Tectónicos 77
Fallas normales 77
4.2.5. Biogénicos 78
Crestas biogénicas 78
Montículos biogénicos 79
4.2.6. Antropogénicos 80
4.2.7. Otros 81
Escarpe contrapendiente 81
Depresiones 83
Depresiones circulares 83
Área de depresiones-pockmarks 84
4.3. Sedimentología: granulometría y materia orgánica 84
5. Descripción de la biodiversidad 99
5.1. Sistemas de clasificación de hábitats 99
5.2. Tipos de hábitats 101
5.2.1. Piso circalitoral rocoso y otros sustratos duros 108
ROCA CIRCALITORAL NO CONCRECIONADA DOMINADA POR ALGAS 108
CORALÍGENO 110
5.2.2. Piso circalitoral sedimentario 118
FONDOS DETRÍTICOS BIÓGENOS INFRALITORALES Y CIRCALITORALES DOMINADOS POR OFIURAS 118
RODOLITOS Y MACROALGAS FOLIOSAS EN FONDOS DETRÍTICOS BIÓGENOS INFRALITORALES Y CIRCALITORALES 121
FONDOS DE MAËRL/ RODOLITOS 125
FONDOS DETRÍTICOS BIÓGENOS CIRCALITORALES CON *PHYLLOPHORA CRISPA*/ *OSMUNDARIA VOLUBILIS* 134
FONDOS DETRÍTICOS BIÓGENOS CIRCALITORALES CON *HALOPTERIS FILICINA* 138
FONDOS DE CASCAJO BIOGÉNICO INFRALITORALES Y CIRCALITORALES 141
FONDOS DE RODOLITOS Y CASCAJO INFRALITORALES Y CIRCALITORALES DOMINADOS POR INVERTEBRADOS 144

FONDOS DETRÍTICOS INFRALITORALES Y CIRCALITORALES DOMINADOS POR INVERTEBRADOS 148
FONDOS DETRÍTICOS ENFANGADOS INFRALITORALES Y CIRCALITORALES 153
5.3. Riqueza específica 157
5.4 Cartografía bionómica de los principales hábitats de interés 168
6. Actividad pesquera **175**
6.1. Evolución temporal de capturas y esfuerzo de la flota de arrastre 175
6.2. Evolución temporal de capturas y esfuerzo de artes menores 180
6.2. Impacto de la pesca sobre los ecosistemas explotados 187
7. Conclusiones **193**
8. Bibliografía **197**

Anexo I. Equipamiento empleado en el proyecto DRAGONSAL

Anexo II. Inventario de especies identificadas en la campaña DRAGONSAL 0712

Anexo III. Mapas

1. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Sobre los fondos circalitorales de la plataforma continental que rodea a las Islas Baleares se distribuyen hábitats de gran importancia ecológica, representativos de los fondos litorales Mediterráneos, como el coralígeno, lechos de maërl, fondos de algas rojas blandas o fondos de crinoideos. Los fondos de algas rojas blandas han sido identificados como hábitats esenciales, y tanto el maërl como los fondos de crinoideos son hábitats frágiles al impacto de la pesca. Estos fondos, junto a otros ecosistemas de amplia distribución en las Islas Baleares, como las praderas de fanerógamas marinas y el coralígeno, son considerados hábitats sensibles. En todos ellos conviven especies de alto valor pesquero y ecológico y su importancia ha sido reconocida por diversas administraciones pesqueras, tanto europeas como españolas.

La plataforma costera del sur de Mallorca es una zona de intensa actividad pesquera, siendo la pesca de arrastre una de las prácticas más habituales. El principal objetivo de este tipo de pesquería lo constituyen las especies demersales, es decir, aquellas que viven cerca del fondo y dependen de él, por lo tanto cuando estas poblaciones son explotadas, las comunidades bentónicas (correspondientes en su mayor parte a especies no comerciales como algas, equinodermos, ascidias, esponjas o crustáceos), también se ven afectadas. La conclusión lógica es que para lograr la sostenibilidad de las pesquerías y los ecosistemas marinos, es necesario conocer las interacciones existentes entre el bentos y los recursos demersales.

Sobre la plataforma costera del sur de Mallorca se asientan diversos hábitats reconocidos a nivel internacional como hábitats ecológicamente importantes, que albergan comunidades de especies clave, tanto comerciales como no comerciales. Sin embargo hasta el momento no se había realizado un estudio detallado que permitiera conocer la localización y extensión de los hábitats sensibles y esenciales en esta zona del Mediterráneo. Por este motivo a lo largo del presente proyecto, se han prospectado los fondos de la plataforma costera del sur de Mallorca explotados por la pesquería de arrastre, entre 50-100 m de profundidad, con el fin de identificar y cartografiar los hábitats de especial interés de cara a su futura protección.

1.1. Antecedentes

Desde el año 2001, se han llevado a cabo diversas campañas de investigación lideradas por el Instituto Español de Oceanografía en la plataforma y talud continental de Mallorca y Menorca. Las campañas oceanográficas BALAR y MEDITS, junto con dos proyectos de investigación surgidos a raíz de convenios de colaboración entre el IEO y la *Conselleria d'Agricultura Medi Ambient i Territori* del *Govern de les Illes Balears*, han proporcionado abundante información sobre los recursos demersales y las comunidades macrobentónicas presentes entre 50 y 800 metros de profundidad en las costas de Baleares. El proyecto MIGJORN surgió a raíz de la declaración en 2002 de la Reserva marina del Migjorn de Mallorca y comprende el "Seguimiento y evaluación de la pesca de arrastre de plataforma en el área comprendida entre Cala Rajada, Cabrera y la bahía de Palma (Este y Sur de Mallorca)". Los resultados de este estudio permitieron conocer la estructura biológica de las comunidades explotadas en la plataforma y talud superior de las Islas Baleares y el impacto de la pesca en sus ecosistemas. El segundo convenio, correspondiente al proyecto CANAL ("Estudio integral del ecosistema demersal y bentónico del canal de Menorca y su explotación pesquera"), surgió ante la propuesta del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino de declarar el canal de Menorca como área marina protegida para completar la Red Natura 2000.

El muestreo biológico en las campañas BALAR, MEDITS y MIGJORN se realizó mediante una red de arrastre experimental GOC-73, cuya abertura es ligeramente superior a la de los artes comerciales más comunes usados en la zona y cuya malla del copo es inferior a la de la red comercial, al objeto obtener muestras representativas de las poblaciones. Para tener una idea exacta sobre la eficacia de este tipo de arte, se han realizado diversos estudios que han demostrado que la red GOC-73 tiene mayor eficiencia en la captura de especies demersales que las redes de arrastre tradicionales empleadas en la pesca comercial, pero menor eficiencia en la captura de especies bentónicas (Fiorentini *et al*., 1999). Por este motivo los proyectos que implican la caracterización de ecosistemas epibentónicos requieren una metodología más precisa y adecuada. Para catalogar de manera correcta la biodiversidad de este tipo de fondos es más conveniente el uso de un patín epibentónico, especialmente adecuado para la recolección de algas y especies de fauna con movilidad reducida. También son de gran utilidad para la identificación de hábitats bentónicos las imágenes proporcionadas por el trineo de

fotografía y vídeo, así como los sistemas de observación submarina operados desde superficie (ROVs), especialmente para fondos de sustrato duro en los que no se pueden emplear las técnicas anteriores. Esta fue la metodología utilizada en el estudio de los ecosistemas bentónicos del canal de Menorca (proyecto CANAL) y también en el presente proyecto, donde se estudian los fondos de la plataforma sur de Mallorca (proyecto DRAGONSAL).

1.2. Marco legal

La importancia de los ecosistemas de la costa sur de Mallorca ha sido reconocida por las administraciones pesqueras y autoridades políticas. La decisión de establecer determinadas medidas técnicas de conservación de los recursos pesqueros en el Mediterráneo surgió tras observar en sus aguas un preocupante descenso de las capturas de diversas especies. A tal fin, en 2006 se creó la *Orden APA/79/2006, de 19 de enero,* por la que se establece un *Plan integral de gestión para la conservación de los recursos pesqueros en el Mediterráneo español*. Dicha Orden surge con la intención de regular el ejercicio de la pesca en el caladero del Mediterráneo español, estableciendo medidas que contribuyan a la conservación y recuperación de los recursos, a fin de paliar un problema que pone en serio peligro la subsistencia de gran parte del sector pesquero del Mediterráneo. En ella se consideran los lechos de fanerógamas, los fondos de maërl y de coralígeno como hábitats protegidos, y se prohíbe la pesca con redes de arrastre, dragas y redes de cerco sobre estos fondos.

Posteriormente, la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad, instaura el régimen jurídico básico de la conservación, uso sostenible, mejora y restauración del patrimonio natural y de la biodiversidad, como parte del deber de conservar y del derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, establecido en el artículo 45.2 de la Constitución. Esta ley establece que el Ministerio de Medio Ambiente, con la colaboración de las Comunidades Autónomas y de las instituciones y organizaciones de carácter científico, elaborará y mantendrá actualizado un Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que recogerá la distribución, abundancia, estado de conservación y la utilización, así como cualquier otra información que se considere necesaria, de todos los elementos terrestres

y marinos integrantes del patrimonio natural, con especial atención a los que precisen medidas específicas de conservación o hayan sido declarados de interés comunitario. Además, debe formar parte del mismo un Inventario Español de Hábitats y Especies Marinos, cuyo objetivo es garantizar el cumplimiento de la normativa nacional y directivas europeas de conservación de la naturaleza, así como los convenios internacionales ratificados por España en lo que se refiere a la protección y conservación de especies y hábitats marinos. Para ello, los hábitats incluidos en dicho inventario deben ser asignados al sistema de clasificación EUNIS (European Nature Information System), que es un sistema desarrollado por la Agencia Europea de Medio Ambiente para facilitar la identificación de los tipos de hábitats y utilizar criterios de clasificación comunes en todos los países europeos.

Recientemente fue aprobado mediante el Real Decreto 1274/2011, del 16 de septiembre el Plan Estratégico del Patrimonio Natural y la Biodiversidad 2011-2017. Dicho Plan constituye el elemento fundamental de desarrollo de la Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad. Este instrumento establece metas, objetivos y acciones para promover la conservación, el uso sostenible y la restauración del patrimonio natural y la biodiversidad en el periodo 2011-2017.

1.3. Justificación y objetivos

Sobre las costas de Baleares se asientan gran número hábitats representativos de la amplia variedad de ecosistemas marinos que se distribuyen por aguas del Mediterráneo. Algunos de sus fondos se caracterizan por presentar una extraordinaria riqueza faunística, en los que conviven especies de alto valor ecológico y comercial. La presión a la que son sometidas varias de estas especies por parte del sector pesquero altera la totalidad del ecosistema y pone en riesgo la explotación sostenible de sus recursos. Para evitarlo, es necesario conocer la distribución exacta de estos hábitats y disponer de datos suficientes sobre su composición. Con este propósito surgió el proyecto DRAGONSAL, cuyo principal objetivo era examinar los fondos comprendidos entre 50 y 100 m de profundidad de la plataforma costera del sur de Mallorca, entre Sa Dragonera y Cabrera, con el fin de identificar las zonas de especial interés que deben ser protegidas.

Los **objetivos específicos** del proyecto son los siguientes:

- Realizar el cartografiado geológico-geofísico, de alta resolución, del fondo marino en la zona de estudio.
- Realizar un inventario florístico y faunístico lo más detallado posible para determinar la biodiversidad bentónica y demersal.
- Realizar un mapa bionómico detallado del bentos marino, representando el tipo de fondo y la comunidad biológica que lo habita.
- Identificar y localizar los principales hábitats de interés.
- Estimar el esfuerzo pesquero (arrastre) que se realiza en el área y su impacto en los hábitats característicos de la zona.

2. ÁREA DE ESTUDIO

2. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se sitúa en el área comprendida entre Sa Dragonera y Cap de Ses Salines, correspondiente a la plataforma continental suroeste de Mallorca, entre 50 y 100 metros de profundidad.

El Parque Natural de Sa Dragonera está situado al poniente de Mallorca, frente la costa occidental del municipio de Andratx, muy cerca de la población de Sant Elm. Está formado por los islotes Pantaleu y Mitjana y por la isla de Sa Dragonera. La separa de Mallorca un pequeño canal de unos 800 metros de anchura máxima y de poca profundidad, donde encontramos fondos arenosos cubiertos en parte por *Posidonia oceánica*, refugio de muchas especies marinas. La superficie del parque, así como una importante franja del área marina que lo rodea, fue declarada Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y por lo tanto, forma parte de la Red Natura 2000.

De las cinco reservas marinas con las que actualmente cuenta Mallorca, cuatro se sitúan en la plataforma sur. La reserva marina de Migjorn (Fig. 1) rodea el Cap de Ses Salines, situado en el extremo sur de Mallorca. Esta reserva comprende la franja de aguas interiores situadas entre el Cap Blanc, el Cap de Ses Salines y Cala Figuera de Santanyí, y abarca una superficie total de 22.332 ha. Su límite exterior fue establecido en un primer momento, en la Orden de creación de la reserva, en la isobata de los 50 m de profundidad. Posteriormente, en mayo de 2003 y mediante una segunda Orden de modificación de la primera, se amplió la reserva marina hacia el sudoeste, a causa del efecto negativo que la pesca de arrastre estaba produciendo en la zona. La plataforma continental que constituye los fondos de la reserva marina de Migjorn está cubierta por sedimentos carbonatados (arenas). Las comunidades biológicas que se desarrollan en este substrato son las praderas de fanerógamas marinas (de *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*), con una elevada producción biológica y foco de alevinaje de muchas especies de interés pesquero; las comunidades de algas calcáreas rojas ("maërl"); y las comunidades de coral y moluscos (bivalvos, gasterópodos).

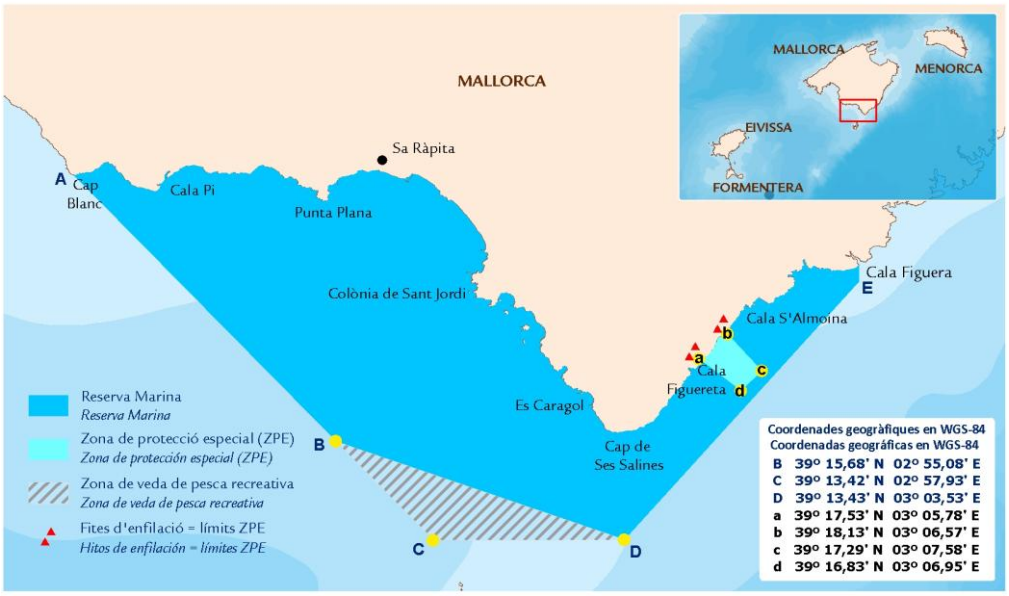


Fig. 1. Reserva marina de Migjorn (fuente http://dgmediruralimari.caib.es).

La reserva marina de la Bahía de Palma (Fig. 2) abarca un total de 2.394 ha e incluye la zona costera, hasta los 30 metros de profundidad, entre el Club Náutico de s'Arenal y el cabo de Regana. En ella se encuentran representados prácticamente al 50% dos ecosistemas característicos de los fondos litorales mediterráneos: las praderas de *Posidonia oceanica*, auténticos puntos de concentración de biodiversidad sobre todo de invertebrados y de alevines de peces, y los fondos arenosos, con fauna enterrada asociada (moluscos, crustáceos, equinodermos, etc.). Destaca también la presencia de algunas especies bentónicas que según convenios internacionales necesitan de protección especial. Este es el caso de las algas *Cystoseira balearica*, *Cystoseira ercegovicii* y *Cystoseira stricta*, y de los invertebrados *Pinna nobilis* y *Litophaga litophaga*.

Fig. 2. Reserva marina de la Bahía de Palma (fuente http://dgmediruralimari.caib.es)

La reserva marina de la Isla del Toro (Calvià) (Fig. 3) tiene un alto valor ecológico y pesquero por la diversidad de hábitats que se pueden encontrar. Las praderas de *Posidonia oceanica* ocupan grandes extensiones y en sus fondos rocosos se congregan muchas especies de peces con interés comercial, algunas de éstas con finalidades reproductivas. El gran gradiente batimétrico y su situación hacen que sea un lugar excepcional para encontrar especies pelágicas migratorias. Las praderas de *Posidonia oceanica* también son muy extensas en la reserva marina de las Islas Malgrats (Fig. 4), donde también encontramos fondos rocosos circalitorales e infralitorales, ocupados por especies de peces sedentarios de gran talla.

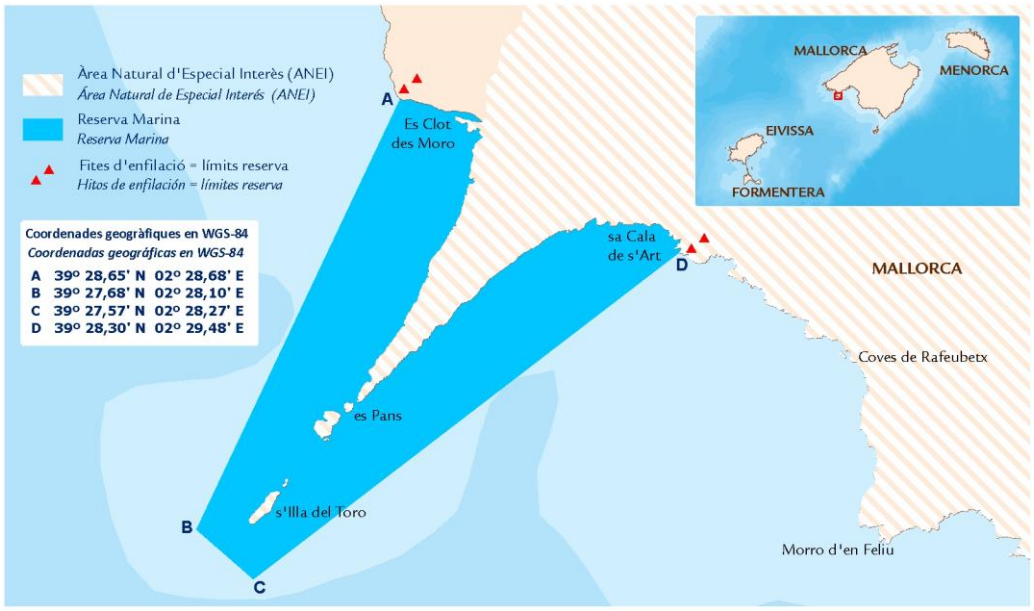


Fig. 3. Reserva marina de la Isla del Toro (fuente http://dgmediruralimari.caib.es).

Fig. 4. Reserva marina de las Islas Malgrats (fuente http://dgmediruralimari.caib.es).

Frente a las costas de Ses Salines, a diez millas náuticas del puerto de la Colònia de Sant Jordi, se encuentra el Archipiélago de Cabrera (Fig. 5). Este conjunto de islas e islotes calcáreos fue declarado Parque Nacional el 29 de abril de 1991. El archipiélago cobija

importantes Colònias de aves marinas y especies endémicas, por lo que está incluido en una Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y es Lugar de Importancia Comunitaria (LIC), formando parte de la Red Natura 2000 de la Unión Europea. En 2003 fue declarado Zona Especialmente Protegida de Importancia para el Mediterráneo (ZEPIM). Debido a su aislamiento a lo largo de la historia, ha llegado hasta nuestros días prácticamente inalterado, por lo que representa uno de los fondos marinos mejor conservados del litoral mediterráneo. La superficie protegida es de 10.021 ha, de las que 8.703 corresponden al medio marino. En 2001 se aprobó el plan sectorial de regulación de las actividades extractivas (Real Decreto 941/2001), por el que se establece una serie de reglas de obligado cumplimiento para la pesca artesanal tradicional de carácter profesional, única actividad extractiva permitida en el parque.

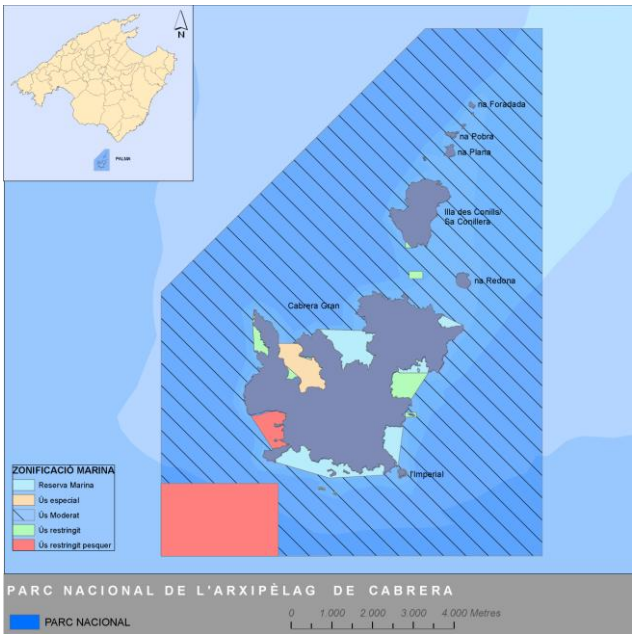
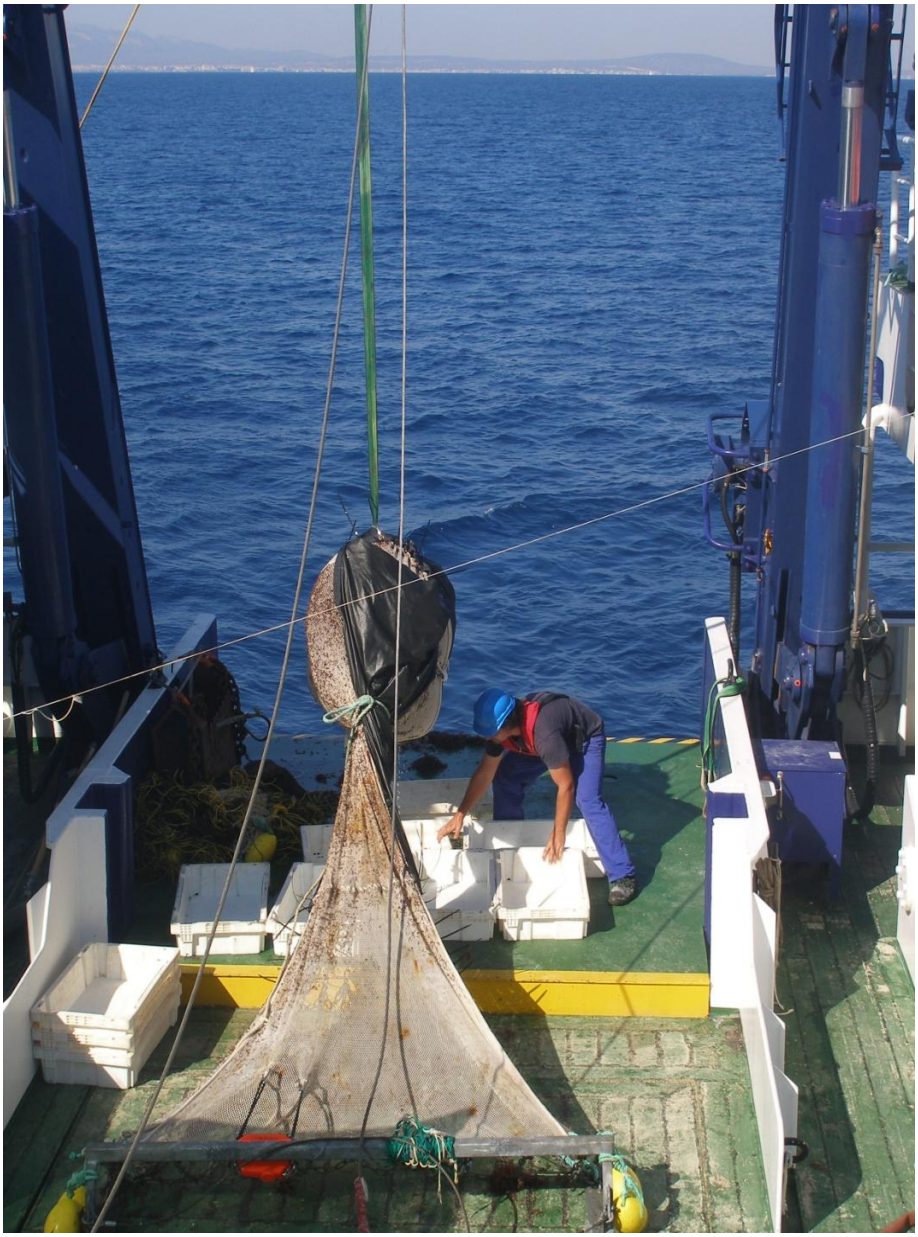


Fig. 5. Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera http://dgmediruralimari.caib.es).

3. METODOLOGÍA



3. METODOLOGÍA

3.1. Buques y personal participante en las campañas

Los buques utilizados en las campañas fueron el B/O Odón de Buen durante el 2010 y 2011, y el B/O Vizconde de Eza y el B/O Ramón Margalef, ambos durante el 2012. Los buques Odón de Buen y Vizconde de Eza se dedicaron exclusivamente a campañas de carácter geológico, mientras que en el B/O Ramón Margalef se llevó a cabo una campaña de carácter biológico y geológico.

El **B/O Odón de Buen** (Fig. 6) pertenece al Instituto Español de Oceanografía y es utilizado habitualmente en campañas de oceanografía, pesca y ecología costera, principalmente en aguas del Mediterráneo. Tiene un total de 22,5 m de eslora, 6 m de manga y 2,7 m de calado. Dispone de una autonomía de 14 días y capacidad para 12 personas a bordo (6 de la tripulación y 6 de personal científico). Tiene un laboratorio de unos 12 m^2, y entre su equipamiento se encuentra las ecosondas Skipper 802 (800 m de profundidad) y EQ-100 (1200 m de profundidad), además del sonar de red Simrad FS 3300.

Fig. 6. Buque oceanográfico Odón de Buen

El **B/O Vizconde de Eza** (Fig. 7) pertenece a la Secretaria General de Pesca. Tiene una eslora de 53 m, manga de 13 m y un calado de 4,5 m. Con una autonomía de 120 días, este buque es utilizado habitualmente en campañas de oceanografía y pesca en toda la costa española, así como en el noroeste Atlántico, sur Atlántico y Mediterráneo. El buque dispone de ecosondas EA 500, Simrad EK500 y Simrad ES-60, sonar de red Simrad F R-500, posicionamiento dinámico, Sonda M-300 y TOPAS. Además tiene cuatro laboratorios de unos 20 m^2 cada uno, con preinstalación para aparatos de medida, filtración, etc.

Fig. 7. Buque oceanográfico Vizconde de Eza

EL **B/O Ramón Margalef** (Fig. 8) es propiedad del Instituto Español de Oceanografía. Con 46,7 m de eslora, 10,5 de manga y calado de 4,2 m, está especialmente diseñado para la investigación oceanográfica y pesquera, incluyendo el estudio integrado de los ecosistemas. Tiene 10 días de autonomía y espacio para 9 científicos, además de sus 12 tripulantes. El buque cuenta con un sistema de posicionamiento dinámico, así como con un sistema de posicionamiento submarino para permitir la operación de vehículos submarinos de observación remota (ROVs). Además dispone de cuatro laboratorios de

unos 20 m² cada uno; seco y/o húmedo, con preinstalación para aparatos de medida, filtración, etc.

Fig. 8. Buque oceanográfico Ramón Margalef

Personal participante

En el desarrollo de las campañas, el personal participante fue el siguiente:

- Campaña **DRAGONSAL1110**, realizada en el B/0 Odón de Buen:

  Tripulación: Damián Gómez Planas (Patrón), 1 oficial de puente, 2 oficiales de máquinas, 1 contramaestre, 1 marinero, 1 cocinero.

  Científicos: Xisco Ordines, Biel Pomar, Jesús Rivera (Jefe de Campaña).

  Personal científico no embarcado que participó en la logística de la campaña: Juan Acosta, Montserrat Ramón (Investigador Principal).

- Campaña **DRAGONSAL0411**, realizada en el B/0 Odón de Buen:

  Tripulación: Damián Gómez Planas (Patrón), 1 oficial de puente, 2 oficiales de máquinas, 1 contramaestre, 1 marinero, 1 cocinero.

  Científicos: Beatriz Arrese, Carmen Barberá, Montserrat Ramón (Investigador Principal), Jesús Rivera (Jefe de Campaña), María Valls.

  Personal científico no embarcado que participó en la logística de la campaña: Juan Acosta, Enric Massutí, Xisco Ordines.

- Campaña **DRAGONSAL0911**, realizada en el B/0 Odón de Buen:

  Tripulación: Damián Gómez Planas (Patrón), 1 oficial de puente, 2 oficiales de máquinas, 1 contramaestre, 1 marinero, 1 cocinero

  Científicos: Juan Acosta, Beatriz Arrese, Ester Martínez (de la U. Baleares), Jesús Rivera (Jefe de campaña)

  Personal científico no embarcado que participó en la logística de la campaña: Montserrat Ramón (Investigador Principal), Enric Massutí.

- Campaña **DRAGONSA0412 ,** realizada a bordo del B/O Vizconde de Eza:
  Tripulación: 19 tripulantes de Tracsatec
  Científicos: Juan Acosta, Antía Fontán, entre otros.

- Campaña **DRAGONSA0712**, realizada en el B/O Ramón Margalef:

  Tripulación: Luis Gago Miranda (Capitán), 2 oficiales de puente,1 jefe y 1 oficial de máquinas,1 engrasador,1 contramaestre y 1 ayudante, 2 marineros,1 cocinero y 1 ayudante cocina, 1 informático, 1 técnico electrónico.

  Científicos: Carmen Barberá, Marta Díaz Valdés, Marta Domínguez, Aina de Mesa Francesc Ordinas, Montserrat Ramón (Jefa de campaña), Jesús Rivera, Conxi Rodríguez-Prieto (Universidad de Girona), María Valls, Eva María Vidal.

  Personal científico no embarcado que participó en la logística de la campaña: Juan Acosta, Antía Fontan, Enric Massutí.

3.2. Diseño y desarrollo de las campañas oceanográficas

A lo largo del proyecto se realizaron un total de cinco campañas oceanográficas (Tabla 1). Las cuatro primeras, de carácter geológico, se llevaron a cabo entre los años 2010 y 2012. Las campañas DR1110, DR0411 y DR0911 se realizaron durante el 2010 y 2011 a bordo del B/O Odón de Buen del IEO, y la campaña DR0412 fue realizada a bordo del B/O Vizconde de Eza en abril del 2012. En julio del 2012 se llevó a cabo la primera campaña biológica del proyecto (DR0712) a bordo del B/O Ramón Margalef. Aunque durante esta última se completó la cartografía de pequeñas zonas que quedaron pendientes de las campañas anteriores, el principal objetivo fue la identificación de los hábitats bentónicos presentes en la zona.

	Campaña	Fecha	Buque Oceanográfico	Nº de días de uso del barco
Geológicas	DR1110	Noviembre 2010	Odón de Buen	10
	DR0411	Abril 2011	Odón de Buen	19
	DR0911	Septiembre 2011	Odón de Buen	31
	DR0412	Abril 2012	Vizconde de Eza	6
Biológica	DR0712	Julio 2012	Ramón Margalef	11

Tabla 1. Campañas oceanográficas realizadas a lo largo del proyecto DRAGONSAL.

3.2.1. Obtención de datos geológicos

Para la descripción geofísica de la zona de estudio se utilizaron los datos batimétricos y sísmicos adquiridos en las cinco campañas oceanográficas realizadas a lo largo del proyecto. En total se dedicaron 66 días de uso de barco, de los cuales 52 días fueron de

adquisición efectiva de datos, y el resto corresponden a logística, tránsito y días de mal tiempo. En la Fig. 9 se detallan las campañas dedicadas a la adquisición de datos geofísicos con el cómputo de días empleados y campañas realizadas.

Fig. 9. Días empleados en la adquisición de datos batimétricos y sísmicos durante cada una de las campañas.

Durante las dos primeras campañas geológicas se prospectó el área de estudio situada entre Cabo Blanco y Cabrera, y en las dos siguientes se cartografió la zona situada entre la Isla de Dragonera y Cabo Blanco (Fig. 10).

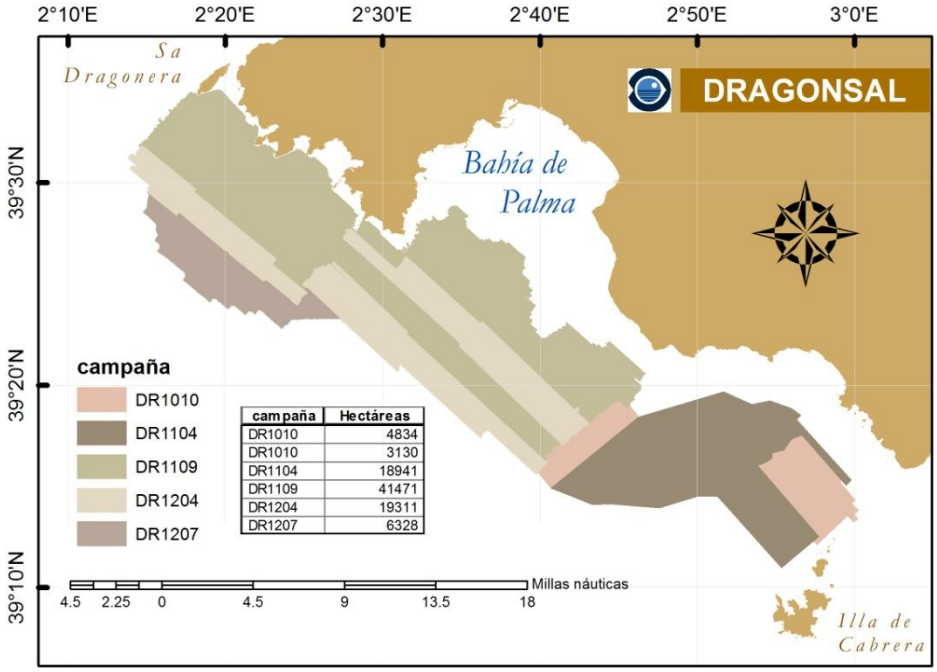


Fig. 10. Área cartografiada en cada una de las campañas geológicas indicada por distintos colores.

CAMPAÑA DRAGONSAL1110: El levantamiento batimétrico de la zona de estudio se inició en esta campaña, cubriéndose 7964 hectáreas repartidas en dos zonas. Estas zonas se corresponden con las playas de arrastre denominadas “Fangos de Cabrera” y “Pesquera Rica”.

CAMPAÑA DRAGONSAL0411: Durante esta campaña se continuó el levantamiento batimétrico iniciado en 2010, completando toda la zona de estudio comprendida entre los límites del parque de Cabrera y Cabo Blanco (Fig. 10). Además se realizaron perfiles sísmicos con perfilador de fondos paramétrico, tanto de la zona recientemente adquirida como de la zona cubierta en la campaña precedente, en la que no fue posible realizar esta labor debido a una avería en los equipos. También se obtuvieron perfiles de vídeo a la deriva y se realizaron muestreos de sedimento con dragas van-Veen y Box-Corer.

CAMPAÑA DRAGONSAL0911: La metodología empleada fue similar a la de la campaña anterior, a excepción de que en esta ocasión no se tomaron muestras de sedimento ni se realizaron transectos de vídeo. Por tanto el trabajo se centró en el uso de la ecosonda multihaz EM3002D, la de sísmica de reflexión TOPAS PS40 y el sensor de velocidad de sonido SVPlue.

CAMPAÑA DRAGONSAL 0412: Su objetivo fue continuar el levantamiento batimétrico iniciado en las campañas anteriores, cubriendo tres zonas situadas entre Cabo Blanco y la Isla de Dragonera (Tabla 2, Fig. 10).

	LOCALIZACIÓN	ÁREA	PROFUNDIDAD (Min-Max)
ZONA 1	2^0 41,40'E - 39^0 17,15'N 2^0 43,19'E - 39^0 18,11'N 2^0 31,53'E - 39^0 26,39'N 2^0 27,41'E - 39^0 31,83'N	71,3 km^2	50 - 75 m
ZONA 2	2^0 26,95'E - 39^0 26,20'N 2^0 24,90'E - 39^0 25,60'N 2^0 40,44'E - 39^0 16,19'N 2^0 39,80'E - 39^0 15,60'N	72,68 km^2	75 -105 m
ZONA 3	2^0 14,74'E - 39^0 31,83'N 2^0 13,97'E - 39^0 30,68'N 2^0 25,17'E - 39^0 24,65'N 2^0 24,48'E - 39^0 24,01'N	47,8 km^2	85 - 105 m

Tabla 2. Localización, área y profundidad de cada una de las zonas prospectadas durante la campaña DRAGONSAL 0412.

CAMPAÑA DRAGONSAL 0712: A bordo del B/O Ramón Margalef se empleó la sonda KONGSBERG EM710, para completar durante la noche pequeñas zonas que quedaron pendientes en campañas anteriores (Fig. 10).

Seguidamente se explicará de forma más detallada la metodología aplicada para la adquisición de los datos geofísicos en todas las campañas mencionadas anteriormente. Además, en el ANEXO I se muestra la lista del equipamiento utilizado a lo largo del proyecto, así como el organismo al que pertenece y el centro en el que se haya depositado.

A) Ecosonda Multihaz

La batimetría multihaz es la principal herramienta a la hora de estudiar la continuidad de los elementos identificados por métodos directos. El funcionamiento de este equipo, situado en la quilla del barco, se basa en la transmisión de múltiples haces de sonido que viajan por el agua con la forma de un abanico transversal a la dirección de avance. Cuando cada una de estas ondas sonoras llega al fondo oceánico, parte de su energía rebota hacia la superficie y es recibida por los sensores de la ecosonda, que calcula el tiempo que han tardado en ir hasta el fondo, reflejarse y volver. Conociendo además la velocidad con la que viaja el sonido y sus variaciones a lo largo de toda la columna de agua, se puede calcular de forma bastante sencilla la profundidad a la que ha rebotado el eco. Si esto se hace para cada uno de los haces de sonido que se emiten y reciben de una sola vez, lo que obtenemos es una banda de sondas o medidas de profundidad en la dirección transversal al avance del barco. Al repetir este procedimiento según va desplazándose el buque, la suma de las sucesivas bandas de sondaje da como resultado una franja ancha de medidas de batimetría del fondo marino sobre el que se ha navegado. Cuando esto se hace con el buque siguiendo unas derrotas adecuadamente planificadas, el resultado es un levantamiento batimétrico del 100% del fondo marino (Fig. 11). Actualmente, representa la tecnología más importante disponible para la cartografía oceánica con recubrimiento o 'insonificación' del cien por cien del fondo marino.

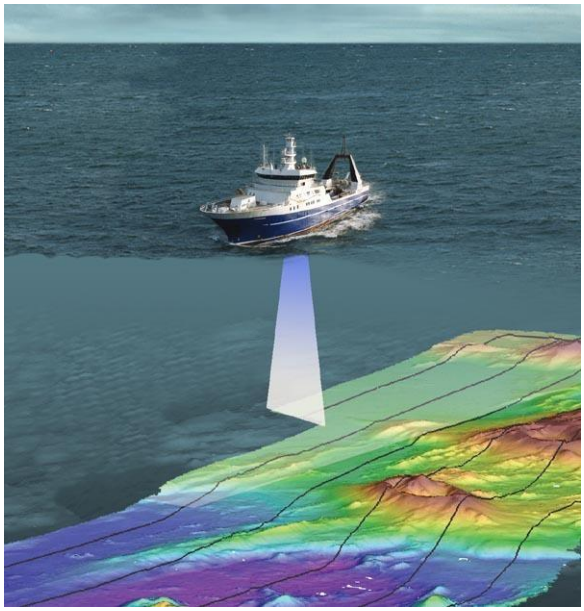


Fig. 11. Esquema general del funcionamiento de la sonda multihaz. (Fuente: http://granburato.geoma.net/granburato2010/2010/10/30/multihaz/index.html.

Gracias a esta técnica se han obtenido dos tipos de datos en la zona de estudio (Fig. 12). La profundidad del fondo o batimetría, con una precisión centimétrica (que se representa mediante un modelo digital del terreno de 2 x 2 metros, una vez procesados los datos), y la respuesta acústica del sedimento (reflectividad) determinada por la energía acústica que refleja al incidir sobre él la señal emitida. La energía reflejada es inversamente proporcional a la absorción y a la dispersión del sonido sobre el fondo.

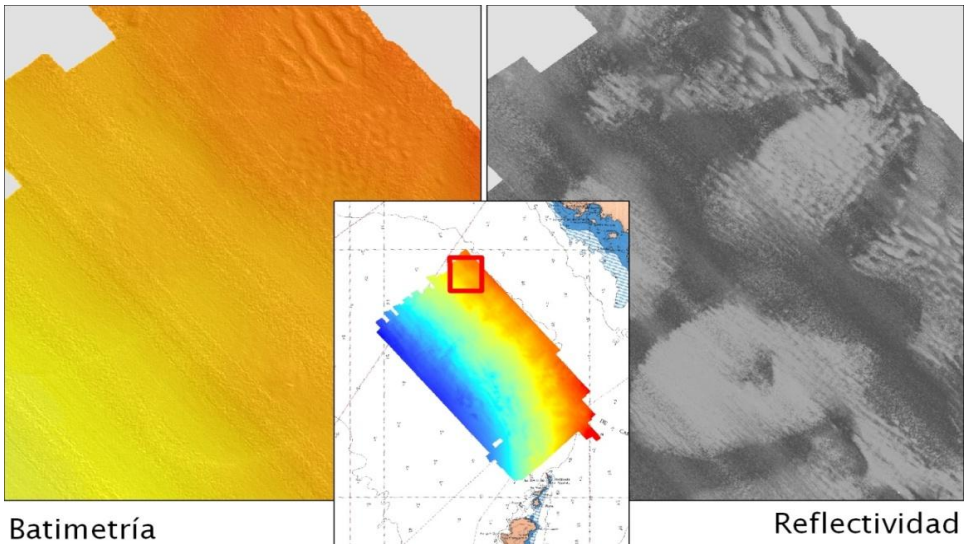


Fig. 12. Detalles de una misma zona levantada en la campaña de noviembre después de su procesado. A la izquierda el modelo digital de elevaciones y a la derecha el modelo digital de reflectividad.

La ecosonda multihaz EM 300 de *Kongsberg* instalada en el B/O Vizconde de Eza, posee gran resolución, alta velocidad de adquisición de datos y opera a una frecuencia de 30 khz. Está formada por un conjunto de dos transductores, uno para la recepción y otro para la transmisión de los haces acústicos. Tiene una apertura de haces de hasta 150º y emite 270 haces, 135 por banda. Es una ecosonda para zonas profundas que opera entre 10 y 5.000 m de profundidad, que permite una compensación electrónica en tiempo real de balanceo, cabeceo, altura de ola, etc.

Durante la campaña DR0712 se empleó la ecosonda de alta resolución de *Kongsberg* EM 710, que opera entre 5 y 2.000 m de profundidad con una frecuencia variable, emite hasta 400 haces por banda en cada disparo y tiene un ángulo de apertura de 150º.

Para la óptima obtención de datos, la ecosonda multihaz requiere de una serie de subsistemas:

- Seapath 200: es un sistema de posicionamiento y orientación que provee una solución de rumbo y cabeceo en tiempo real, altitud, posición y velocidad,

integrando las mejores características de señal de dos tecnologías; las unidades de movimiento o medida inerciales y el sistema de posicionamiento global (GPS).

- Sensor de Velocidad del sonido en el agua SV-Plus de *Applied Microsystem*: es un instrumento autocontenido y multiparámetro, diseñado para adquirir medidas directas de velocidad de sonido en el agua, así como la temperatura y presión. El sensor es necesario para la adecuada corrección de los datos de la ecosonda multihaz EM300, así como para mantener la máxima exactitud en las medidas de las sondas, con el fin de obtener una malla de perfiles que proporcione una idea general de las características de las masas de agua en la zona. El sensor SVPlus integra sensores de presión, temperatura y velocidad del sonido, midiendo mediante el velocímetro el tiempo de tránsito de un pulso simple. Para una correcta adquisición y procesado de los datos batimétricos de la sonda multihaz es necesario el conocimiento exacto de la velocidad del sonido en la columna de agua, a fin de corregir los efectos de refracción de los diferentes haces de sonido utilizados por el sistema.
- Sensor de velocidad de sonido de superficie *SmartSVP* (*Smart SV de Applied Microsystem*): registra de forma continua la velocidad de sonido en la superficie. Este sensor se encuentra instalado en las proximidades de los transductores y dispone de un circuito de agua de mar circulando de modo continuo.

B) Sistema de sísmica de reflexión

El método empleado ha sido la sonda paramétrica TOPAS PS 18 (Topographic Parametric Sonar), que es un sistema sísmico de reflexión de alta resolución que básicamente consiste en un transductor múltiple, direccional y electrónicamente compensado por la orientación instantánea de la plataforma. Esta ecosonda se basa en la generación de sonido a baja frecuencia a partir de la interacción de dos pulsos de alta frecuencia. La señal resultante tiene un ancho de banda relativamente alto (80%) y un haz de emisión estrecho, gracias a ello este equipo proporciona una buena resolución en los perfiles de fondos sedimentarios. El haz estrecho proporciona una mayor penetración, la cual depende de las características físicas del fondo marino, la profundidad de agua y el pulso sísmico empleado. Los registros sísmicos se almacenan en formato digital en

dos tipos de ficheros: uno de datos brutos y otro de datos procesados mediante diversos filtros.

La sísmica paramétrica resulta muy útil para confirmar lo observado mediante otras técnicas. Por ejemplo permite distinguir si la rugosidad y alta reflectividad mostrada en los datos de multihaz es reflejo de un reflector aflorante de dureza mayor que la cobertura sedimentaria que lo oculta parcialmente (Fig. 13), o por el contrario, si esa rugosidad no tiene continuidad bajo el fondo marino, lo que indicaría un crecimiento biológico de naturaleza calcárea sobre la cobertura sedimentaria.

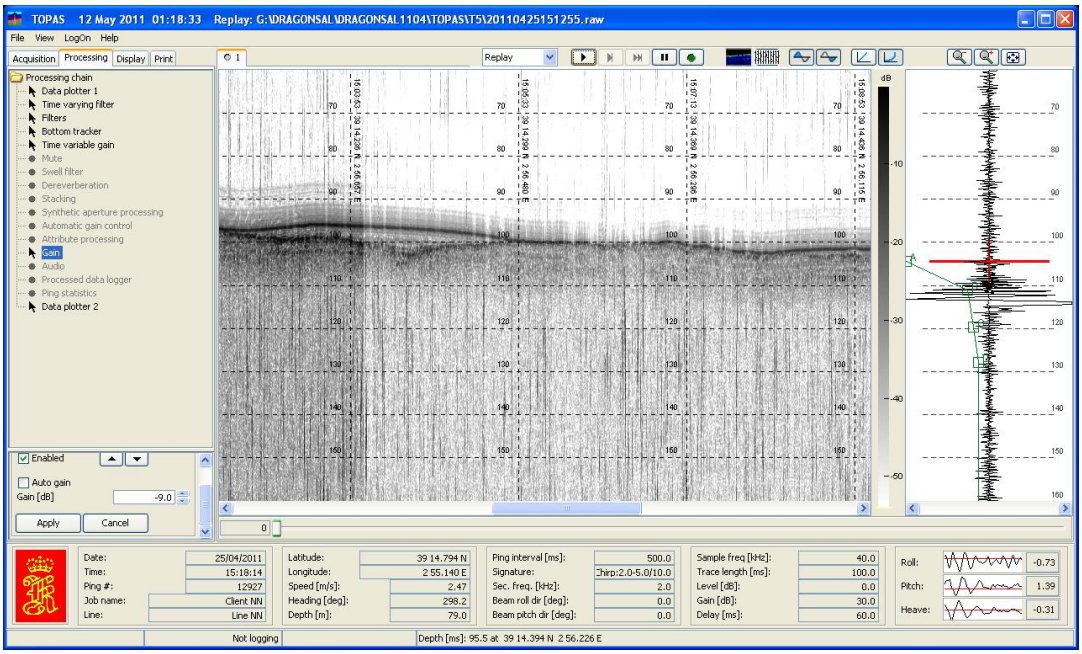


Fig. 13. Perfil sísmico de muy alta resolución en el que se aprecia un reflector aflorante cubierto parcialmente por sedimento no consolidado. Perfil WSW-ENE realizado a poniente de la isla de Cabrera.

C) Unidad de Sincronía

Se utilizó la unidad de sincronía para sincronizar la emisión y recepción de la ecosonda multihaz EM 300, la ecosonda monohaz EA 500 y la ecosonda paramétrica TOPAS PS18. Esta unidad recibe las entradas de disparo desde los distintos sistemas acústicos del buque y transmite la señal de disparo sincronizada de regreso a los sistemas apropiados.

D) Procesado de datos

Batimetría - Las ecosondas multihaz además de adquirir datos batimétricos de alta resolución registran, de forma simultánea, valores de reflectividad del fondo oceánico. Durante la adquisición, las ecosondas multihaz deben estar calibradas y verificar la consistencia de los datos obtenidos. También es necesario tener buen control del perfil de velocidad del sonido en el agua debido a la influencia que éste tiene en las medidas obtenidas para su correcta transformación en profundidad. El procesado de los datos se realizó en trabajo de gabinete, empleando para ello el software especializado *Caris Hips v 7.1*, y atendiendo a los estándares sobre tratamiento de datos batimétricos de la Oficina Hidrográfica Internacional. El procesado aplicado consiste en una serie de operaciones de filtrado de datos y corrección de errores empleando los protocolos estándar y el criterio del operador, obteniéndose como resultado una nube de puntos validados.

Una vez finalizada la etapa de procesado, los datos se extraen del Caris 7.1 y se introducen en el programa Fledermaus 7.0, que los convierte en modelos digitales del terreno (MDT) que posteriormente son incorporados a un sistema de información geográfica (GIS) ArcGIS.10 para su análisis e interpretación. Tras ello se obtiene otra serie de MDT y productos derivados que servirán asimismo en la interpretación geológica y biológica, para finalmente componer un conjunto de mapas temáticos. Estos mapas incluyen la distribución espacial de los hábitats bentónicos en el marco de la gestión del territorio a través de herramientas GIS.

El tiempo invertido en procesar la batimetría y la reflectividad fue de 904 horas, lo que supone aproximadamente 6 meses de trabajo (Fig. 14). Este tiempo depende de la calidad de los datos, así como de la profundidad de la zona de estudio.

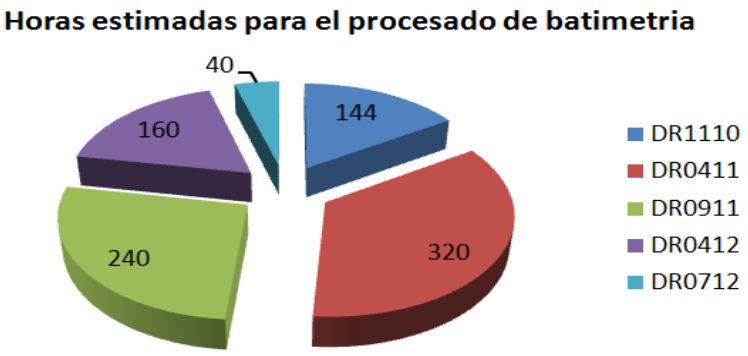


Fig. 14. Tiempo estimado (en horas) necesario para el procesado de datos batimétricos mediante el programa Caris7.1.

Procesado de sísmica - Se ha realizado mediante el mismo programa empleado para la adquisición de los datos. El procesado consiste en modificar los parámetros de representación de los registros para mejorar la imagen de los perfiles sísmicos.

E) Análisis batimétrico

El análisis fisiográfico y morfológico se ha realizado de forma digital mediante un sistema de información geográfica en el que se incorporan los datos batimétricos procesados y en el que se obtiene un modelo digital del terreno a partir del cual se calculan las isóbatas, el mapa de pendientes y la rugosidad. Las diferentes formas del relieve se analizan e interpretan sobre este modelo hasta obtener un mapa de los tipos de fondo y tipos morfológicos.

F) Análisis sísmico

Descripción de cada línea sísmica adquirida. Comienza con la identificación de los distintos tipos de respuesta acústica, las ecofacies sísmicas existentes en cada línea y su descripción, que incluye características como geometría y carácter de las reflexiones, configuración interna, terminación de los reflectores, etc. Posteriormente se analiza la distribución espacial y temporal de las unidades sísmicas identificadas.

G) Transectos de vídeo con cámara IPSE

Esta es una técnica de muestreo directo que, junto a la toma de muestras de sedimento con dragas, fue usada para asociar un tipo de fondo a una determinada respuesta acústica registrada con los métodos indirectos (adquisición de perfiles sísmicos y levantamiento batimétrico de la zona).

La cámara IPSE está compuesta por dos cámaras de vídeo en color con iluminación LED. Una de estas cámaras está orientada para obtener una vista cenital y la otra con giro de 360º (pan) en el plano horizontal. Ambas señales se transmiten por un cable umbilical de 80 m de longitud, a una unidad portátil de grabación donde se puede visualizar y registrar una u otra señal de vídeo con un texto sobreimpreso que muestra rumbo, profundidad y número de cámara activa.

La metodología empleada consistió en bajar la cámara hasta el fondo largando umbilical por la banda de barlovento mientras el barco derivaba con el motor parado. En estos transectos de vídeo se observó que la distribución de las comunidades de mäerl y algas rojas como *Peyssonnelia* no es continua, si no que están distribuidas en bandas más o menos anchas siguiendo la morfología de ripples presente en el sedimento. Por esta razón se decidió fijar la cámara al cable de la draga de forma que se pudiese controlar, mediante la cámara cenital, en qué punto del fondo marino se tomaba la muestra de sedimento. Debido a que esta maniobra complicaba la operación y se hacía arriesgada para el material en condiciones de mar ligeramente desfavorables, no se realizó más de dos veces, ya que aunque los resultados fueron buenos no se contó con el tiempo de barco ni condiciones meteorológicas necesarias para ser realizada en más ocasiones. La limitada longitud del cable umbilical unida al viento y oleaje en los días de campaña imposibilitaron emplear la cámara a profundidades mayores de 60 m.

H) Dragas

Para el muestreo de sedimento se emplearon 3 dragas distintas:

- van-Veen de unos 8 kg para los muestreos guiados por la cámara de vídeo.
- Box-Corer, que se empleó una única vez ya que la estructura superficial del sedimento era homogénea y por tanto no era necesario emplear un muestreador que conservara la estructura.
- van-Veen de unos 50 kg para el resto de muestras.

Se procedió al análisis granulométrico de cada una de las muestras de sedimento.

3.2.2. Obtención de datos biológicos

La campaña DR0712 corresponde a la primera de carácter biológico del proyecto, que tiene como objetivo identificar y caracterizar los hábitats bentónicos de la plataforma sur de Mallorca entre 50 y 100 m de profundidad. Para diseñar el muestreo biológico fue necesario recurrir a la información geológica obtenida en las campañas anteriores, cuyos resultados permitieron obtener una cartografía preliminar de los tipos de fondo.

El diseño de los muestreos se realizó dividiendo la zona de estudio en nueve transectos perpendiculares a la línea de costa, repartidos de forma que cubrieran la totalidad del área a muestrear: tres transectos entre sa Dragonera y Cap de Cala Figuera; tres entre Cala Figuera y Cap Blanc y tres entre Cap Blanc y Cap de Ses Salines (Fig. 15).

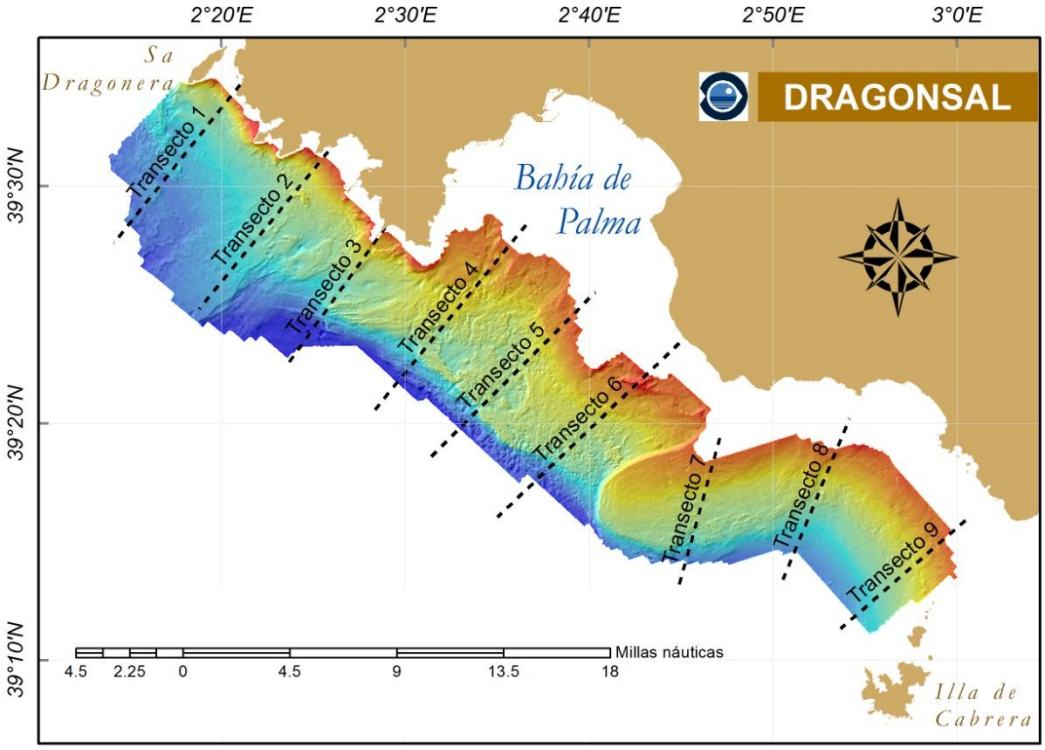


Fig. 15. Mapa de la zona de estudio mostrando los transectos previstos.

Para la recogida de muestras de fauna y flora bentónica se empleó un patín epibentónico y una draga de roca. También se manejaron diversos equipos para la obtención de imágenes y vídeos del fondo (un trineo de fotografía y vídeo y dos vehículos de observación remota o ROVs).

A) Patín epibentónico

Se empleó el tipo “Jennings”, con un frente de 2 metros y una altura de 50 cm, provisto de una red de 20 mm de malla de copo (Figs. 16A, 16B). En total se realizaron 41 lances, cada uno de unos 3 minutos de duración a 2 nudos de velocidad. Las muestras una vez en cubierta eran rotuladas, depositadas en cajas y a continuación pesadas (Figs. 16C y 16D).

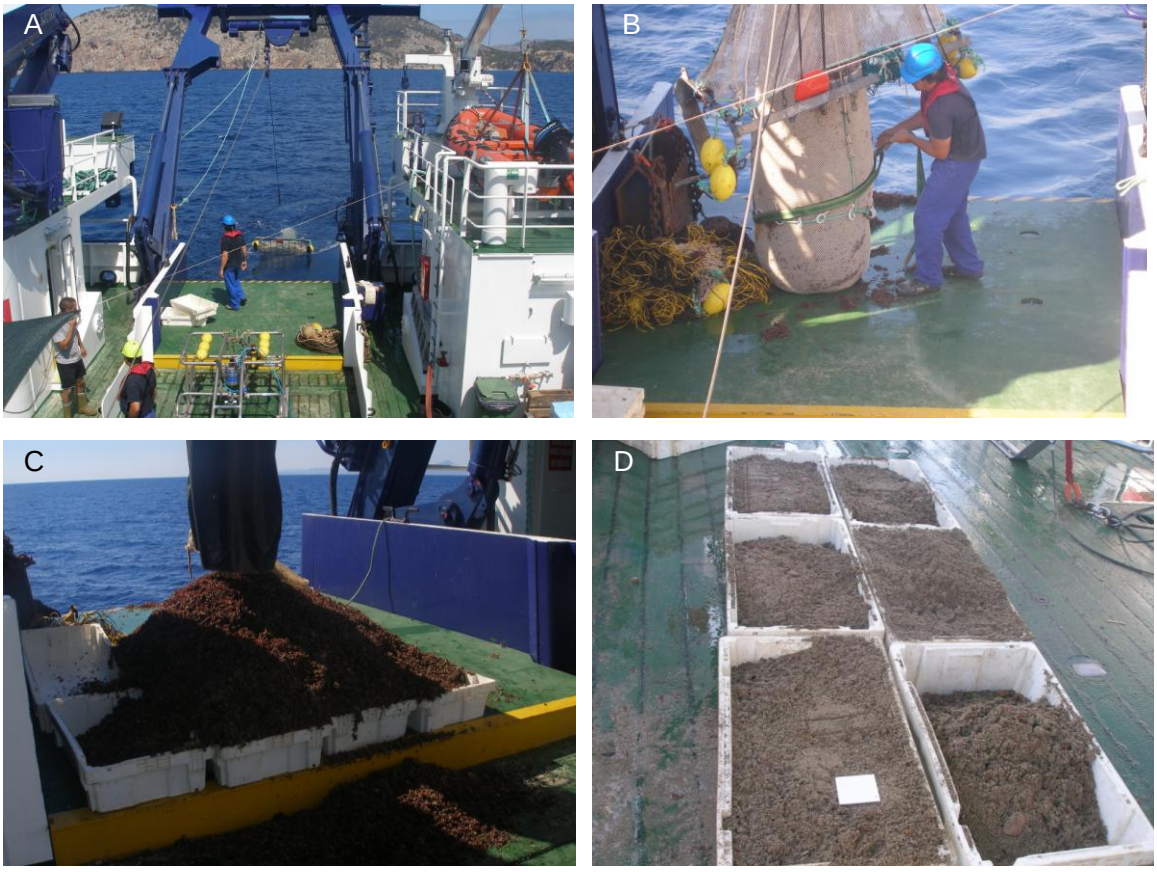


Fig. 16. (A) Inicio de la maniobra de calado del patín epibentónico. (B) Patín con el copo lleno de muestra tras realizar un arrastre. (C) Copo vaciando la muestra en cubierta. (D) Cajas llenas de muestra preparadas para su pesado.

A continuación, la muestra en su totalidad (o una submuestra) analizada, separando las algas y la fauna para su posterior clasificación (Fig. 17A). Previamente, la muestra era lavada en cajas-cedazo para eliminar la arena en aquellos casos en los que ésta pudiera dificultar el triado (Fig. 17B). Posteriormente se procedía a la separación por grupos taxonómicos (Fig. 17C) y a la elaboración de una lista faunística indicando el peso y número de ejemplares, y una lista de algas indicando el peso de cada especie.

Fig. 17. (A) Personal científico triando las muestras en cubierta. (B) Lavado de las muestras con el fin de eliminar la arena. (C) Bandeja con fauna ya separada y lista para su identificación taxonómica.

B) Draga de roca

Esta draga se empleó para el muestreo cualitativo de fondos rocosos. Presenta una boca formada por una estructura de metal cuadrada o rectangular de la que parten dos brazos, amarrados a un solo cable de arrastre (Fig. 18A). En total se hicieron 5 lances y la maniobra se realizó arrastrando unos 3 minutos a 2 nudos. Debido a que las capturas obtenidas eran poco abundantes (Fig. 18B) y no se tenía la seguridad de que el arte trabajara bien, se optó por emplear los ROVs para caracterizar los fondos rocosos.

Fig. 18. (A) Draga de roca empleada durante la campaña. (B) Muestra recogida por la draga de roca.

C) Trineo de fotografía y vídeo

El trineo está constituido por una estructura metálica que soporta una cámara de fotografía digital y una cámara de vídeo. Es arrastrado por el fondo marino mediante un cable de acero y se desplaza sobre dos patines que lleva en su base (Fig. 19A). La cámara de vídeo está conectada al barco por un cable umbilical de 200 m de longitud y las imágenes son grabadas en un ordenador.

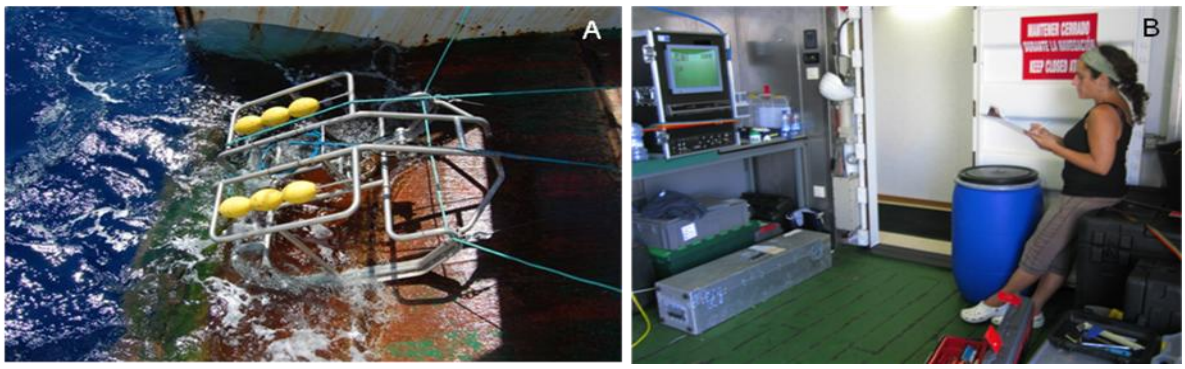


Fig. 19. (A) Trineo de fotografía y vídeo siendo lanzado al agua desde el barco. (B) Recogida de datos a través de las imágenes proporcionadas por la cámara de vídeo.

D) Vehículos Submarinos Operados desde Superficie (ROVs)

Se emplearon dos ROVs para hacer transectos de identificación de hábitats. El *Bleeper Evo de Praesentis* (Figs. 20A, 20B) es un ROV robusto de tamaño medio que va unido por un umbilical a la unidad de control, grabación y vídeo. El Bleeper Evo ha sido diseñado para trabajar a profundidades de hasta 300 metros. Posee 6 motores que permiten velocidades de hasta 3,1 nudos. Está equipado con 2 cámaras, una situada en la popa que tiene deficinicón intermedia, y la segunda, situada en la proa, que proporciona imágenes de alta calidad. También lleva una cámara de navegación. El *SeaBotix LBV300* (Fig. 20C) es un miniROV de inspección para aguas intermedias, que puede alcanzar los 300 metros de profundidad. Posee una cámara de navegación y otra de alta resolución en color, cuyo rango de visión es de 270 grados. Las imágenes se transmiten mediante un umbilical de fibra óptica.

Con ambos ROVs las maniobras de largado y recuperación se realizaron por el costado de estribor, y los transectos de vídeo se realizaron mediante el desplazamiento del buque en modo de posicionamiento dinámico, sistema de a bordo que controla la posición y/o el rumbo del buque a través del empuje activo. Con el ROV *Seabotix* se realizó un único transecto pues sufrió una avería, mientras que con el *Bleeper Evo de Praesentis* se realizaron 26 inmersiones.

Con el ROV *Bleeper Evo de Praesentis* fue posible estimar las dimensiones del área y de los elementos prospectados en cada inmersión, mediante la colocación cerca de la cámara de dos puntos de luz laser dirigidos hacia la zona muestreada, y usando como referencia la distancia de separación entre ellos (10 cm) .

La información proporcionada por los ROVs ha sido fundamental para conocer el tipo de fondo existente en aquellas zonas en las que no fue posible utilizar el patín epibentónico. Durante cada inmersión de ROV se visualizaban en pantalla las imágenes proporcionadas por la cámara de navegación, y se anotaba el tipo de fondo presente en la zona.

Posteriormente en el Centre Oceanogràfic de Balears, se visionaron detenidamente todas las grabaciones hechas con la cámara HD, que proporciona unas imágenes más claras y precisas que la cámara de navegación, con el fin de determinar el tipo de fondo y grado de cobertura de la biota presente en el medio.

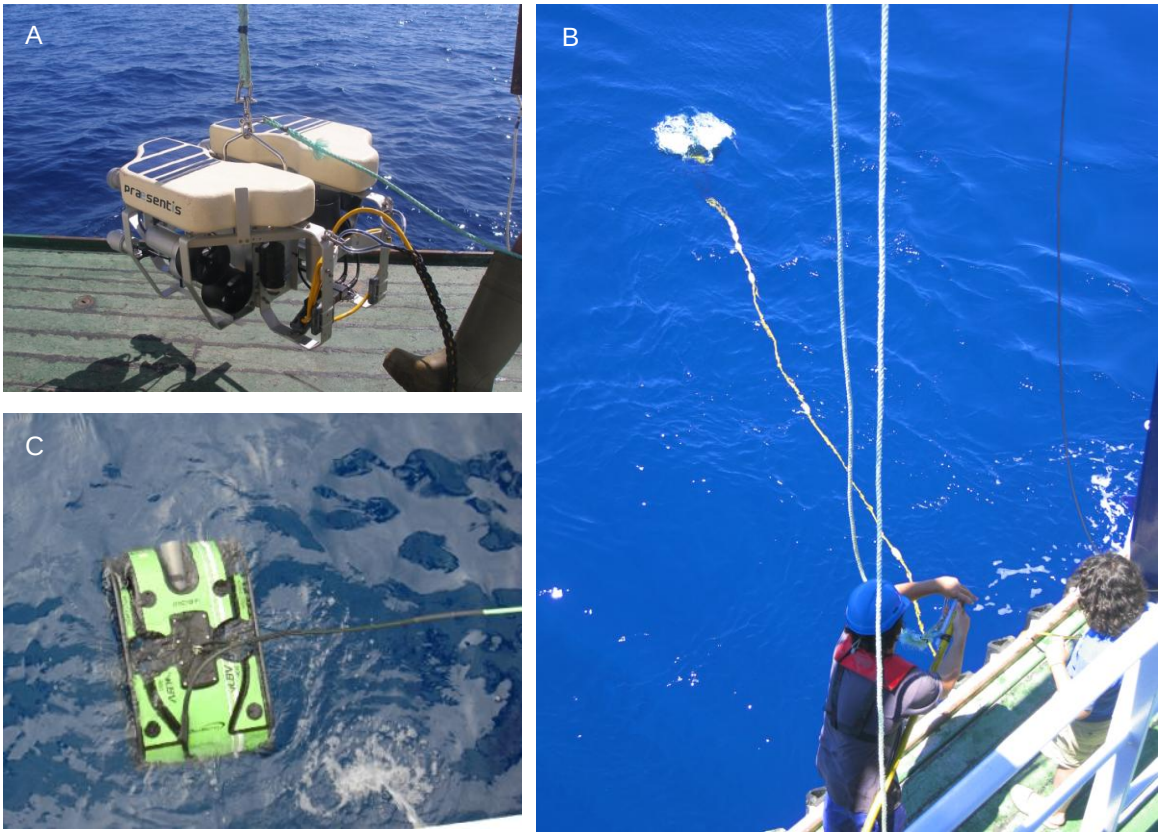


Fig. 20. (A) ROV Bleeper Evo de *Praesentis*. (B) Mismo ROV durante una de las maniobras. (C) ROV *SeaBotix LBV300.*

3.2.3. Caracterización del sedimento

A) Toma de muestras

Las muestras de sedimento fueron recogidas desde la embarcación con una draga van Veen (Fig. 21A), una de las más utilizadas en estudios bentónicos costeros debido a su sencillez y fácil manejo. Esta draga consta de dos cubetas a modo de mandíbulas sujetas a dos brazos largos que actúan a modo de palanca y facilitan el cierre. La draga baja abierta y cuando impacta contra el fondo se cierra automáticamente quedando dentro la muestra (Fig. 21B). La cantidad de sedimento que se recoge depende de la compactación del sustrato, siendo especialmente recomendable para sedimentos blandos con bajo contenido en gravas.

La draga empleada en este trabajo tenía una superficie de mordida de 0,1 m^2 y con ella se recogieron un total de 54 muestras repartidas por toda el área de estudio. Con el fin de caracterizar el tipo de sedimento presente en cada transecto estudiado, los puntos de recogida de sedimento se realizaron junto a las zonas de muestreo del patín epibentónico y recorridos del ROV.

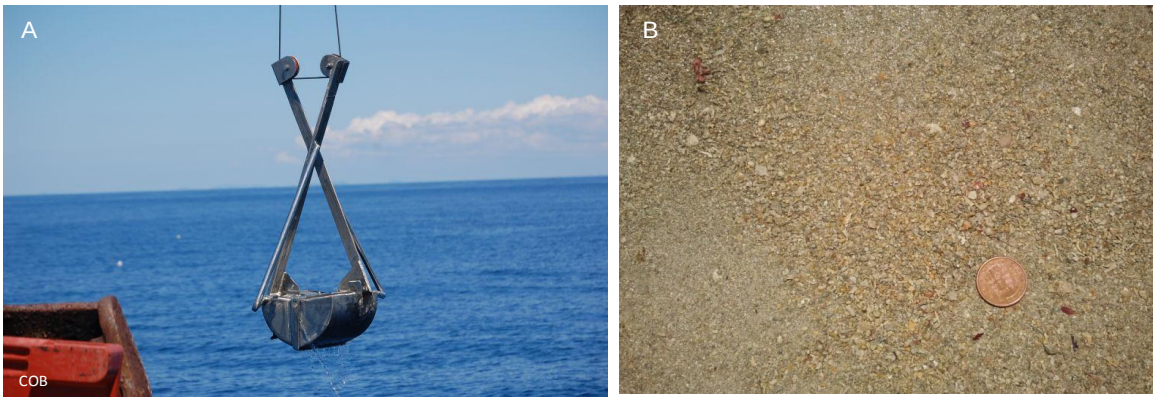


Fig. 21. (A) Draga van Veen en el momento que es izada al barco con las cubetas cerradas. (B) Muestra de sedimento recogida por la draga.

Una vez en cubierta, de cada muestra se recogió una submuestra de unos 400 g, que fue introducida en una bolsa etiquetada y guardada en el congelador para su posterior análisis.

B) Granulometría

El análisis granulométrico fue realizado en base a la Norma UNE-EN 933-1: *Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de las partículas. Método de tamizado,* introduciendo algunas variaciones.

Las muestras recogidas durante la campaña del 2012, fueron descongeladas y homogeneizadas removiendo el sedimento. De cada bolsa se tomó una porción de unos 200 g y se introdujo en un vaso etiquetado con el número de draga. Con el objetivo de

eliminar la materia orgánica que mantiene unidas las partículas de sustrato formando agregados, a cada muestra se le aplicó un tratamiento con peróxido de hidrógeno 30% w/v estabilizado PRS. Simultáneamente se añadió hexametafosfato de sodio (Calgón) como agente dispersante, cuyo fin es disgregar los cúmulos de partículas o flóculos originados por la presencia de diferentes cargas eléctricas en las partículas del suelo. Las muestras fueron removidas cada cierto tiempo y el tratamiento se mantuvo hasta que dejaron de aparecer burbujas, añadiendo más cantidad de peróxido de hidrógeno y hexametafosfato de sodio en los casos en los que era necesario. Una vez eliminada la materia orgánica, las muestras se dejaron secar a temperatura ambiente para eliminar el agua sobrante por evaporación, y posteriormente se secaron en una estufa a 100ºC durante 24 horas. Transcurrido ese tiempo, las muestras completamente secas fueron guardadas en bolsas etiquetadas. Esta parte del análisis fue realizada en las instalaciones del Centre Oceanogràfic de Balears del Instituto Español de Oceanografía.

Para la determinación granulométrica, las muestras se pesaron en una báscula y a continuación se tamizaron haciéndolas pasar por una torre de tamices. Esta labor se llevó a cabo en el Laboratori d'aigües dels Serveis Científico-Técnics de la Universitat de les Illes Balears. Para el análisis se emplearon seis tamices diferentes con luz de malla de 2.000, 1.000, 500, 250, 125 y 63 µm, ensamblados unos en otros en orden decreciente, de arriba abajo. En la base de la torre, debajo del tamiz de 63 µm, se colocó un recipiente cuya función es recoger las partículas inferiores a ese tamaño.

Tras agregar el material al tamiz superior y fijar la tapa, la torre fue sometida a una serie de movimientos vibratorios durante cinco minutos, mediante los cuales el sedimento quedó separado en distintas fracciones en función de su tamaño. En una balanza de precisión se pesó el contenido de cada tamiz, así como la fracción más fina retenida en el recipiente inferior. El material recogido en este recipiente corresponde a limos y arcillas, y el análisis del tamaño de sus partículas requiere el uso de otros métodos más precisos que no han sido empleados.

Además de las muestras recogidas en julio de 2012, se analizaron 15 muestras de sedimento recogidas durante la campaña realizada en abril de 2011. En este caso el protocolo empleado fue distinto al anterior, ya que el análisis se realizó en el laboratorio del geología del Institut de Ciències del Mar (CSIC). En primer lugar se tamizó la muestra en un tamiz de 2000 micras, y posteriormente la submuestra que contenía la fracción menor de 2000 micras se analizó con Láser (“Scattering Particle size distribution analyzer

HORIBA LA-950 V2"). Esta técnica permite conocer el porcentaje de limos y arcilla presentes en la muestra.

En ambos casos, los datos obtenidos tras el análisis granulométrico fueron analizados mediante el programa informático GRADISTAT (Copyright © 2001 John Wiley & Sons Ltd.) v.8, que está integrado en una hoja de cálculo de Microsoft Excel y proporciona de una manera rápida diversos datos estadísticos sobre el tamaño de grano (Blott y Pye, 2001). Los datos presentados en este trabajo son los calculados mediante el método de Folk y Ward (1957). El programa utiliza una escala granulométrica creada a partir de las clasificaciones de Udden (1914) y Wentworth (1922), aplicando modificaciones. En la Tabla 3 se muestra la clasificación empleada por GRADISTAT. Según la escala de tamaños adoptada por el programa, las gravas corresponderían a los granos de entre 64 y 2 mm, arenas entre 2 y 0,063 mm y los limos y arcillas corresponderían a las partículas inferiores a 0,063 mm.

Tamaño de grano (mm)	Terminología descriptiva GRADISTAT
> 2	Grava
2-1	Arena muy gruesa
1-0,5	Arena gruesa
0,5-0,25	Arena media
0,25-0,125	Arena fina
0,125-0,063	Arena muy fina
0,063-0,002	Limo
< 0,002	Arcilla

Tabla 3. Escala granulométrica empleada por el programa GRADISTAT.

Mediante este programa, de cada muestra de sedimento se obtuvo una descripción siguiendo el esquema propuesto por Folk y Ward (1957). Los parámetros utilizados para describir la distribución del tamaño de grano son: (a) el tamaño medio, (b) la dispersión

del tamaño alrededor de la media (*sorting*), (c) la asimetría (*skewness*), y (d) el grado de concentración que presentan los valores en la región central de la distribución (*kurtosis*). Por medio de este último podemos identificar si existe una gran concentración de valores respecto a la media (*Leptokurtic*), una concentración normal (*Mesokurtic*) ó una baja concentración (*Platikurtic*). La relación de los porcentajes en peso de las fracciones de arena-grava-fango de los sedimentos se representan mediante un diagrama triangular para asignarles una clasificación textural.

C) Materia orgánica

De cada muestra descongelada se reservó una porción de 10-15 g para analizar el contenido en materia orgánica. Para ello se introdujeron las muestras en crisoles de porcelana previamente numerados y pesados en la balanza de precisión. Las muestras se dejaron secar, primero a temperatura ambiente y posteriormente en la estufa a 100ºC unas 24 horas. Pasado este tiempo se introdujeron las muestras en un desecador de vidrio hasta que alcanzaron la temperatura ambiente y a continuación se pesaron en la balanza de precisión. De esta manera se obtuvo el peso seco. Para determinar el peso seco libre de cenizas, las muestras fueron sometidas a una temperatura de 475ºC durante 24 horas en una mufla (Fig. 22).

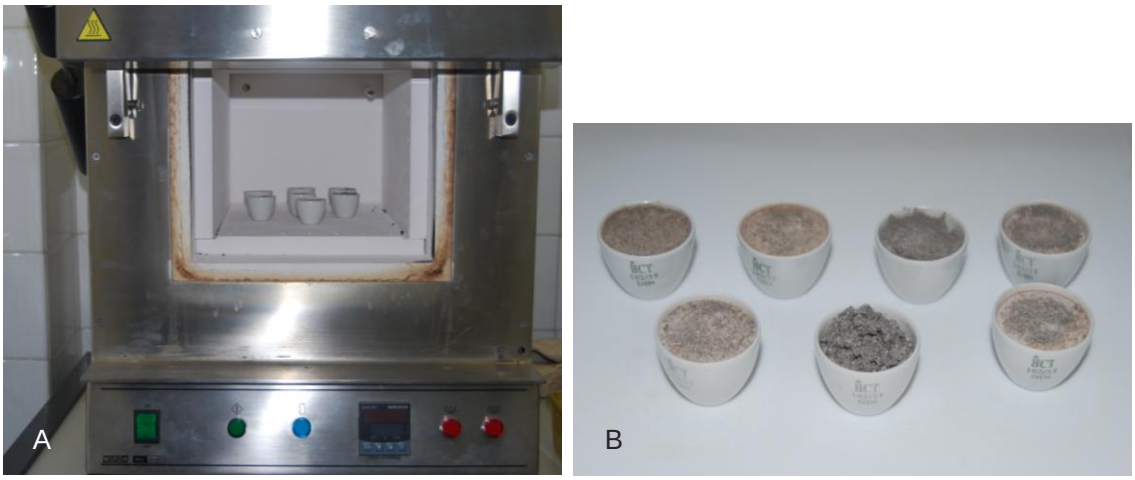


Fig. 22. (A) Muestras de sedimento dentro de la mufla para calcular el peso seco libre de cenizas. (B) Crisoles con sedimento tras ser sometidos a 475ºC.

Posteriormente se dejaron enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente dentro de un desecador de vidrio y se pesaron en la balanza de precisión.

El contenido en materia orgánica se determinó restando el peso seco libre de cenizas al peso seco (descontando en ambos casos el peso del crisol vacío), y con este dato se calculó el porcentaje de materia orgánica por muestra aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Materia orgánica (\%)} = 100 \times \frac{\text{(Peso seco - Peso seco libre de cenizas)}}{\text{Peso seco}}$$

3.3. Cartografía

La representación cartográfica de la información bionómica que recoge este trabajo es el resultado de situar en el espacio geográfico el conjunto de factores abióticos y bióticos que se obtuvieron en el transcurso de las cinco campañas oceanográficas realizadas y su análisis posterior. Debido a la importancia de la componente espacial de los datos en este caso, se ha prestado una atención especial al respecto en todo el proceso; desde la adquisición a la edición de los mapas finales.
En el proceso de adquisición se empleó siempre posicionamiento diferencial GPS de corrección por satélite para los buques suministrado por Fugro. Se contrató el servicio combinado OmniSTAR HP/XP con un error horizontal menor de +/- 15cm. Además los ROV (Vehículos submarinos de Operación Remota) empleados, así como los muestreadores de fondo arrastrados (patín epibentónico y trineo de video) se equiparon con dispositivos de posicionamiento acústico (HiPAP 500 y SCANMAR) que permitieron disponer de la posición de los muestreadores mientras permanecían sumergidos durante la maniobra.

Todas las muestras fueron georreferenciadas e incorporadas a un GIS (sistema de información geográfica) en el mismo momento de su obtención, y así mismo, la información obtenida tras el análisis de las muestras se fue incorporando a este GIS.

El esfuerzo de muestreo es una solución de compromiso entre el coste del trabajo de campo y la exactitud y precisión del mapa generado. La escala final del mapa rige esta relación. Así, para un mapa de detalle la densidad de puntos de muestreo debe ser mayor que para un mapa general. En este proyecto la escala elegida 1/150.000 es la que mejor representa la distribución de hábitats para la zona de trabajo y la red de muestreo se diseñó en consecuencia.

La proyección elegida para la edición de los mapas es Mercator por ser la proyección conforme (conserva el ángulo entre dos puntos medidos en la superficie de referencia) que tradicionalmente se usa en hidrografía. El paralelo de referencia es el 39º 24' por ser el que menor deformación produce en la zona de estudio. Y el elipsoide elegido es el global WGS84 por ser el que habitualmente se encuentra en la configuración de los receptores GPS. Las retículas de los mapas están en coordenadas geográficas por ser las que tradicionalmente se emplean en el medio marino. Las sondas están referidas al nivel nedio del nar en lugar de al cero hidrográfico, ya que el objetivo de estos mapas es el de gestión ambiental y estudio científico. El nivel medio del mar juega un papel fundamental en los procesos físico-químicos, biológicos y geológicos del área cartografiada, mientras que el cero hidrográfico tiene su razón de ser en el sentido de garantizar la seguridad a la navegación.

Por razones de seguridad y de competencia legal, **estas cartas no deberán ser utilizadas para la Navegación en ningún caso.**

Para la elaboración de mapas se precisa de:

3.3.1. Datos de origen

Los datos a partir de los que se inicia el proceso de creación de mapas se pueden dividir en dos grupos:

- Datos obtenidos por métodos directos (dragas, ROV, patín epibentónico, etc). Son observaciones directas sobre el parámetro a medir (abundancia, peso, talla, porcentaje, color, etc.)
- Datos obtenidos por métodos indirectos (Geofísica). Son observaciones indirectas del parámetro a medir. A través de la acústica se recoge información relacionada con la naturaleza del fondo, profundidad, estructura del subsuelo, etc. mientras que el tiempo de emisión, recepción, amplitud del eco, etc. nos da idea de la reflectividad del fondo.

En el caso de este estudio, mientras que los métodos directos son discretos (solamente se conocen en el punto de muestreo), los segundos son continuos (tenemos su valor en todo el área de estudio), por lo tanto para la elaboración de los mapas tratamos de establecer la relación entre el valor de la variable medida en la muestra y el valor obtenido por métodos geofísicos para poder extrapolar la información puntual a todo el área de estudio. Esta inferencia se basa en la bibliografía (Parnum, 2007; Ierodiaconou et al., 2007; Brown y Blondel, 2009) y el análisis de la correlación espacial de las variables.

3.3.2. Datos derivados

Son datos deducidos a partir de otras medidas. En el caso de los métodos directos un ejemplo son las densidades de mäerl expresadas en kg/500m^2, calculadas a partir del peso total de mäerl obtenido en la muestra dividido por la superficie barrida por el patín epibentónico, que conocemos gracias al preciso posicionamiento del buque y el arte de arrastre.

En el caso de los métodos indirectos, los datos derivados tienen gran importancia puesto que en algunos casos se correlacionan mejor con los datos puntuales de la muestra que con los propios datos origen obtenidos por métodos indirectos. Un ejemplo es la rugosidad calculada a partir del MDE (Modelo Digital de Elevaciones), altamente correlacionada con la presencia de estructuras formadoras de arrecifes como el coralígeno (Jaramillo y Pawlak, 2011).

Los datos derivados a partir de los datos origen obtenidos por métodos indirectos fueron:

- Modelo digital de pendientes: A partir del MDE se calcula el valor de la pendiente expresada en grados.
- Modelo digital de orientaciones: A partir del MDE se calcula la dirección de la recta normal a la superficie en un punto. Expresada en grados desde el Norte geográfico 0º - 360º.
- Modelo digital de rugosidad: A partir del MDE se calcula la variabilidad de la recta normal (Hobson, 1972).
- Modelo digital de concavidad/convexidad: A partir de la segunda derivada del MDE se obtienen las zonas deprimidas y elevadas respecto al área circundante.

3.3.3. Métodos de interpolación

Para poder extender los valores medidos en el punto de muestreo al resto del área de estudio usamos las relaciones existentes entre los datos obtenidos por métodos directos y discretos y los obtenidos por métodos indirectos y continuos. Mediante el empleo de técnicas geoestadísticas se ha podido determinar la correlación espacial de los *datos origen* y aplicar ésta en la extrapolación de los valores medidos puntualmente.

Los métodos empleados en cada caso dependen del mejor ajuste conseguido y se especifican en los pies de figura de los mapas insertados en el informe. Se han empleado dos métodos de interpolación:

- Kernel Density Estimation (KDE) con barreras: Este método de interpolación no paramétrico admite emplear entidades lineales que representan una barrera física que interrumpe la continuidad de la tendencia de la variable en el espacio (línea de costa, escarpe, salto de falla, etc.) junto con una capa continua que expresa la resistencia al proceso de interpolación, asignando un peso o resistencia al polinomio de interpolación en cada punto del dominio espacial. Por ejemplo la resistencia de la profundidad en la interpolación de la densidad de algas donde a mayor profundidad menor es la disponibilidad de luz y por lo tanto cabe esperar una menor densidad.
- Co-kriging: Este método de interpolación estima la correlación espacial que existe entre la variable a interpolar (población) consigo misma y con otras variables para, posteriormente, aplicar esa misma relación en todo el dominio espacial. En función del ajuste logrado permite modificar parámetros como el radio de influencia o asignarle un peso a una dirección si la distribución de la variable fuera anisotrópica, es decir, presentara direcciones particulares de variabilidad.

3.4. Caracterización de la actividad pesquera

Con el fin de evaluar el impacto de la pesca sobre los ecosistemas que ocupan el área de estudio, uno de los objetivos marcados por el proyecto fue realizar una estima del esfuerzo pesquero. En el presente informe se presentan los resultados del análisis de la serie histórica de capturas, en el periodo 2000-2011, de la flota de los puertos del sur de

Mallorca que desarrollan su actividad pesquera en el área de estudio: Andratx, Palma, Santanyí y Colonia de Sant Jordi. En los tres primeros puertos mencionados hay flota de arrastre y de artes menores, mientras que en Colonia de Sant Jordi solo hay flota de artes menores. En el texto se han utilizado las categorías comerciales de las especies tal y como aparecen en las estadísticas oficiales de desembarcos de la isla de Mallorca.

Los datos utilizados para llevar a cabo el análisis fueron obtenidos a partir de las siguientes fuentes de información:

1) Seguimiento temporal del esfuerzo pesquero a través de las hojas de venta diaria de la lonja de Palma, donde se centraliza la comercialización de todos los desembarcos de la isla de Mallorca.

2) Datos de localización de buques de pesca por satélite (“cajas azules”), suministrados por el Centro de Seguimiento de Pesca (CSP).

3) Estimación de los descartes producidos por la pesquería de arrastre a través de datos de muestreadores a bordo, disponibles en el Centre Oceanogràfic de Balears.

4. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

4. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

Los datos obtenidos mediante la ecosonda multihaz han permitido un levantamiento batimétrico del 100% sobre una superficie de 911 km^2 en la plataforma costera comprendida entre Sa Dragonera y Cabrera, entre los 50 y 100 m de profundidad. Se han elaborado 3 mapas del fondo marino, un mapa batimétrico (Fig. 23), un mapa de pendientes (Fig. 24) y un mapa de rugosidad (Fig. 25).

El análisis batimétrico y la respuesta acústica del fondo han permitido la caracterización de cinco tipos de fondo y la identificación de quince tipos morfológicos, así como la obtención de un mapa morfosedimentario y de tipos de fondo (Fig. 26).

El área de estudio se ha dividido en tres sectores, sector NO, sector central y sector SE. Esta división fue realizada en base a características morfológicas del fondo y a puntos geográficos destacables:

- **El sector NO:** se encuentra geográficamente entre Sa Dragonera y Cap de Cala Figuera; está caracterizado por presentar una pendiente muy suave (Fig. 24) y una rugosidad baja (Fig. 25). Tiene una anchura máxima de 16,4 km y su profundidad se encuentra entre los 34 y los 105 m. Entre los 34 y los 80 m de profundidad el gradiente medio de la pendiente es de entre 1,4 y 3,3º, a partir de los 80 m de profundidad la pendiente se suaviza, siendo su valor medio de 0,3º. En el NO y SE de este sector la pendiente y la rugosidad aumentan formando una serie de orientaciones perpendiculares a la profundidad, que alcanzan valores máximos de pendiente de 7°.

- **El sector central:** se sitúa entre Cap de Cala Figuera y Cap Blanc; se caracteriza por presentar el mayor gradiente medio de pendientes del área de estudio, así como por los valores más elevados de rugosidad del fondo (Figs. 24 y 25). Su anchura máxima es de 15,4 Km y su profundidad oscila entre 45 y 118 m. Desde la zona menos profunda hasta la isóbata de 80 m los valores de pendiente oscilan entre 0,3 y 3,3º, correspondiendo los valores mayores a elevaciones redondeadas de hasta 300 m de diámetro, y los menores a zonas aplaceradas entre montículos y a un área situada al NO del sector. A partir de la isóbata de 80 m de profundidad

la pendiente aumenta volviéndose más abrupta y presentando dos máximos paralelos a las isóbatas de 80 m y a la de 100 m, continuos a lo largo de todo el sector; estos valores alcanzan los 12º de máxima pendiente.

- **El sector SE**: está localizado entre Cap Blanc y Cabrera. Se caracteriza por presentar un escarpe rectilíneo en el extremo NO con un gradiente medio de 3,3º y máximo de 7º. Tiene una anchura media de 10,4 km, una profundidad entre 48 y 105 m y un gradiente medio de 0,3º; paralelamente a la isóbata de 80 m presenta un pequeño escarpe contra pendiente, alcanzando hasta 2,2º.

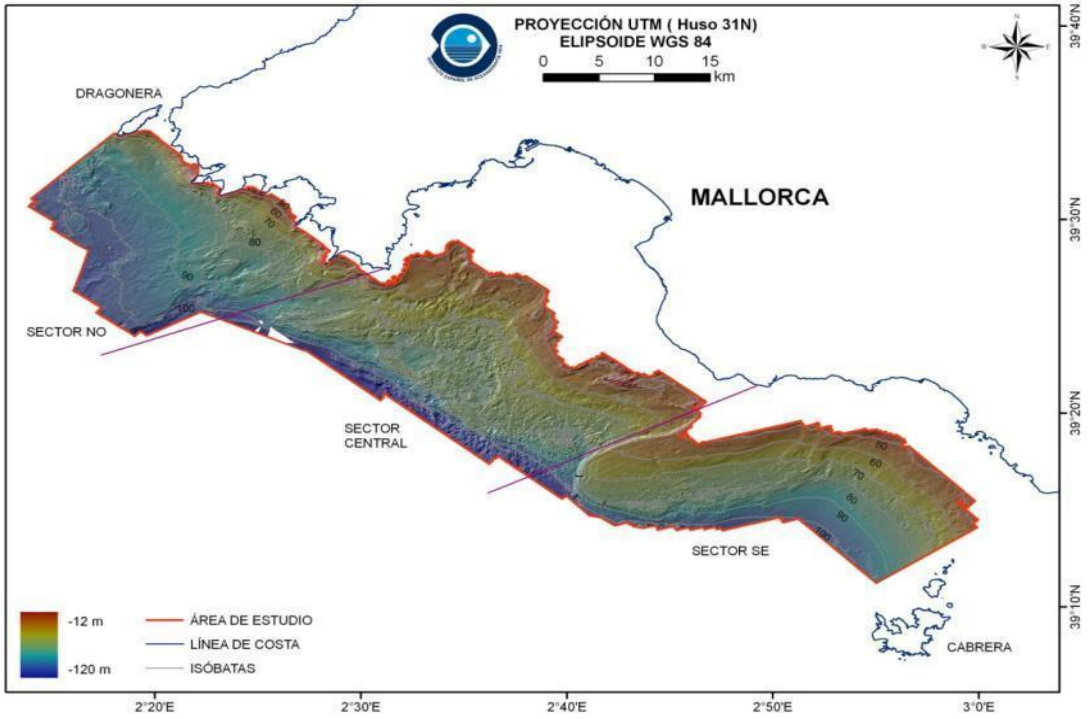


Fig. 23. Mapa batimétrico del área de estudio representado en un modelo digital del terreno con iluminación artificial desde el NO y con codificación de color e isóbatas para la profundidad.

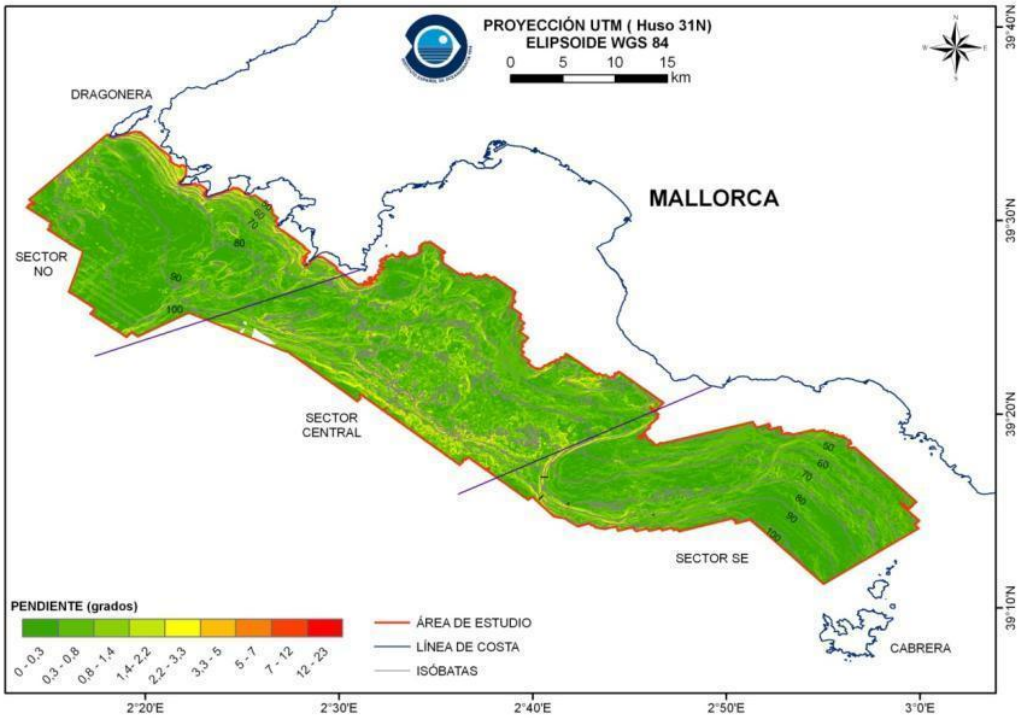


Fig. 24. Mapa de pendientes del área de estudio.

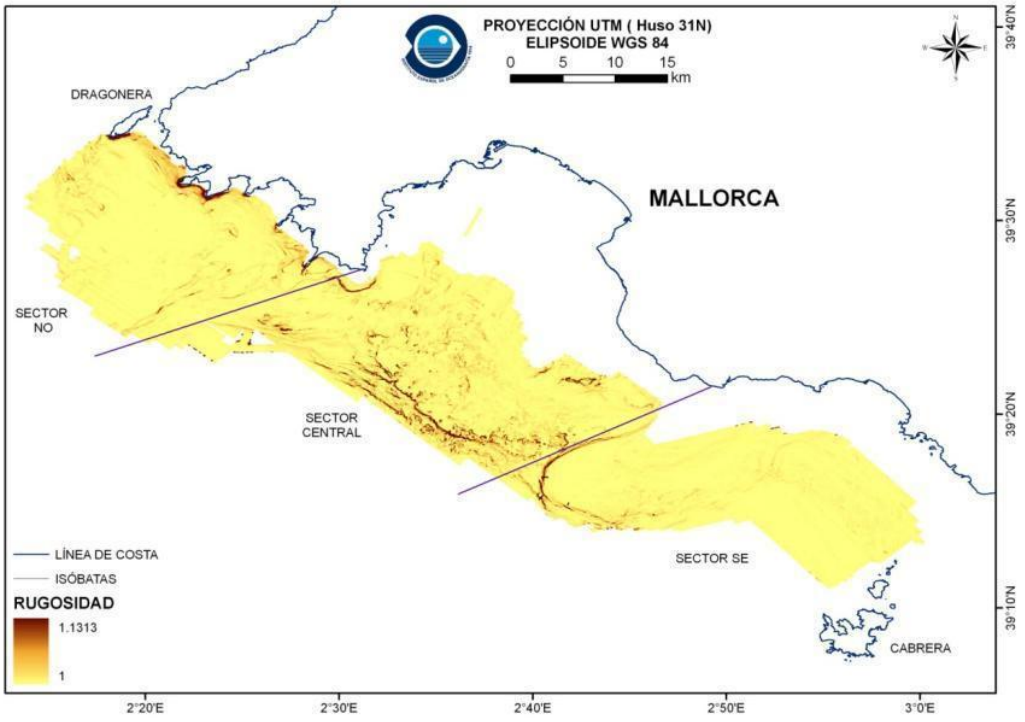


Fig. 25. Mapa de rugosidad del área de estudio.

4.1. Tipos de fondo

En el área de estudio se han identificado cinco tipos de fondo establecidos en función de las características morfologías identificadas mediante el MDT y de la respuesta acústica del fondo marino (Fig. 26).

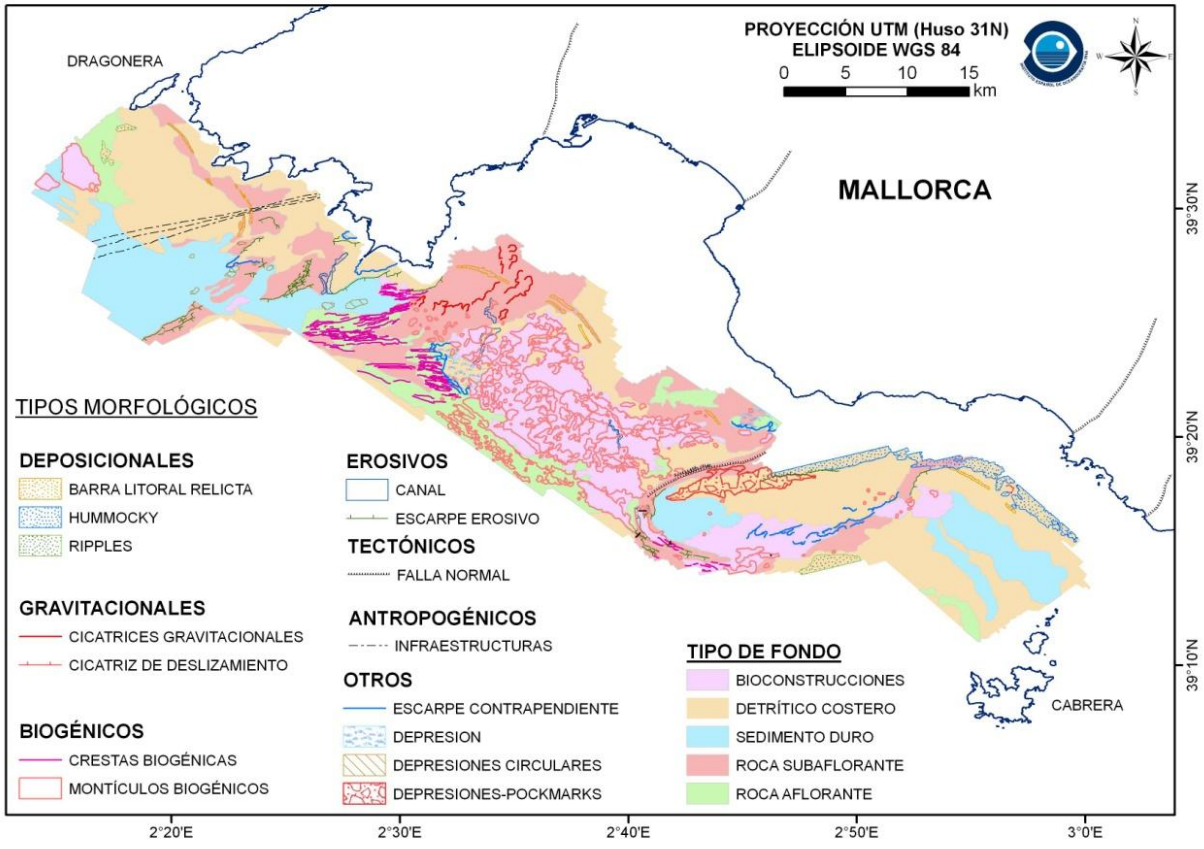


Fig. 26. Mapa de tipo de fondo y principales tipos morfológicos.

4.1.1. Bioconstrucciones

Son elevaciones redondeadas de hasta 8 m de altura que pueden aparecer aisladas o formando acumulaciones (Figs. 27 B,C). Se sitúan a partir de los 70 m de profundidad y se encuentran principalmente en el sector central, en el extremo NO y en la zona de fangos de Cabrera (Fig. 27 A). Presenta un área total de 151,9 km^2. Poseen unos valores de reflectividad medios-altos.

Los perfiles sísmicos de TOPAS (Fig. 27 D) se caracterizan por presentar un reflector superficial transparente subhorizontal y discontinuo, con superficies del fondo marino muy irregulares formando pequeños montículos con terminaciones en aguja. Se forman sobre sustrato rocoso, generalmente roca aflorante, subaflorante o fondo duro.

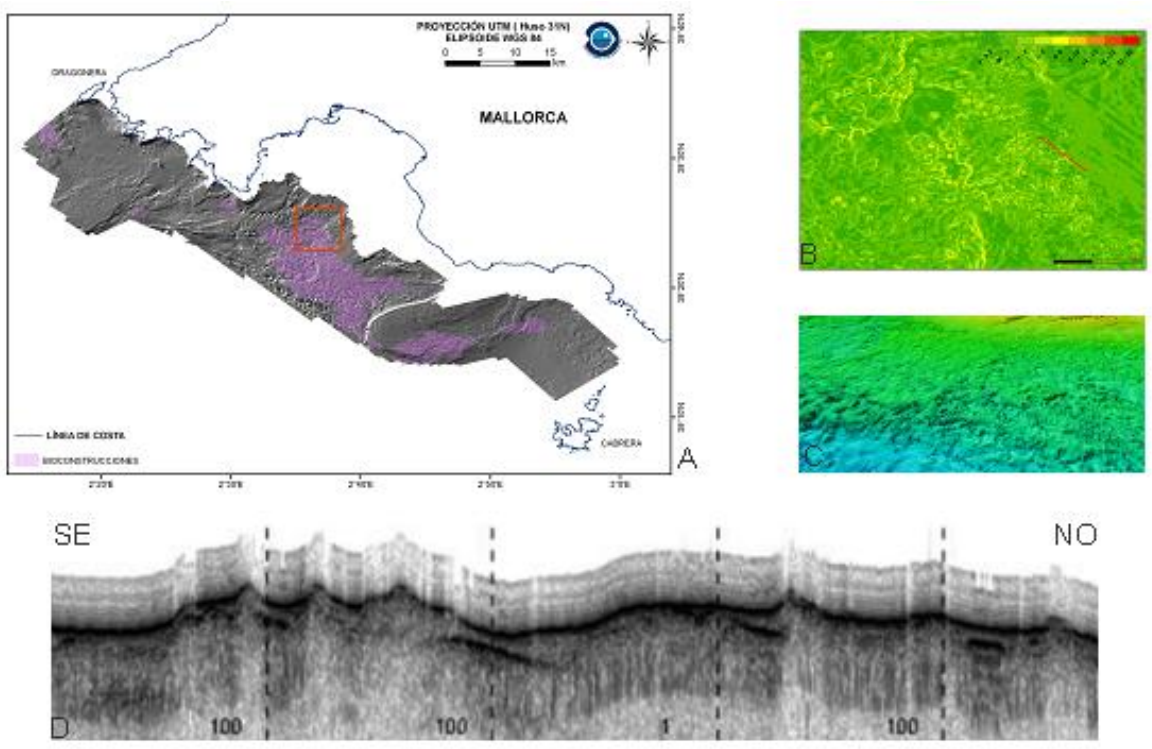


Fig.27. (A) Cartografía de las bioconstrucciones sobre un MDT. (B) Mapa de pendientes de un área con bioconstrucciones señalizado en la Fig. 27 A con un cuadro rojo. (C) Imagen en 3D de la zona. (D) Perfil sísmico donde aparece representado el tipo de fondo correspondiente a bioconstrucciones, se encuentra localizado en la Fig. 27 B mediante una línea roja.

4.1.2. Fondo detrítico costero

Se encuentra representado en toda la zona de estudio aunque es más escaso en el sector central (Fig. 28 A); su área total es de 296 km^2. Muestra diversas morfologías como barras litorales relictas y ripples. Se caracteriza por presentar pendientes suaves menores a 1º (Fig. 28 B) aunque en algunos casos varía en función de las morfologías que le afecten.

Constituye una morfología deposicional; su estructura interna está formada por una unidad superficial constituida por reflectores subhorizontales, tabulares, paralelos y discontinuos (Fig. 28 D) que se disponen sobre una unidad inferior transparente, con un reflector en el techo de reflectividad elevada e irregular, propio de una superficie erosiva.

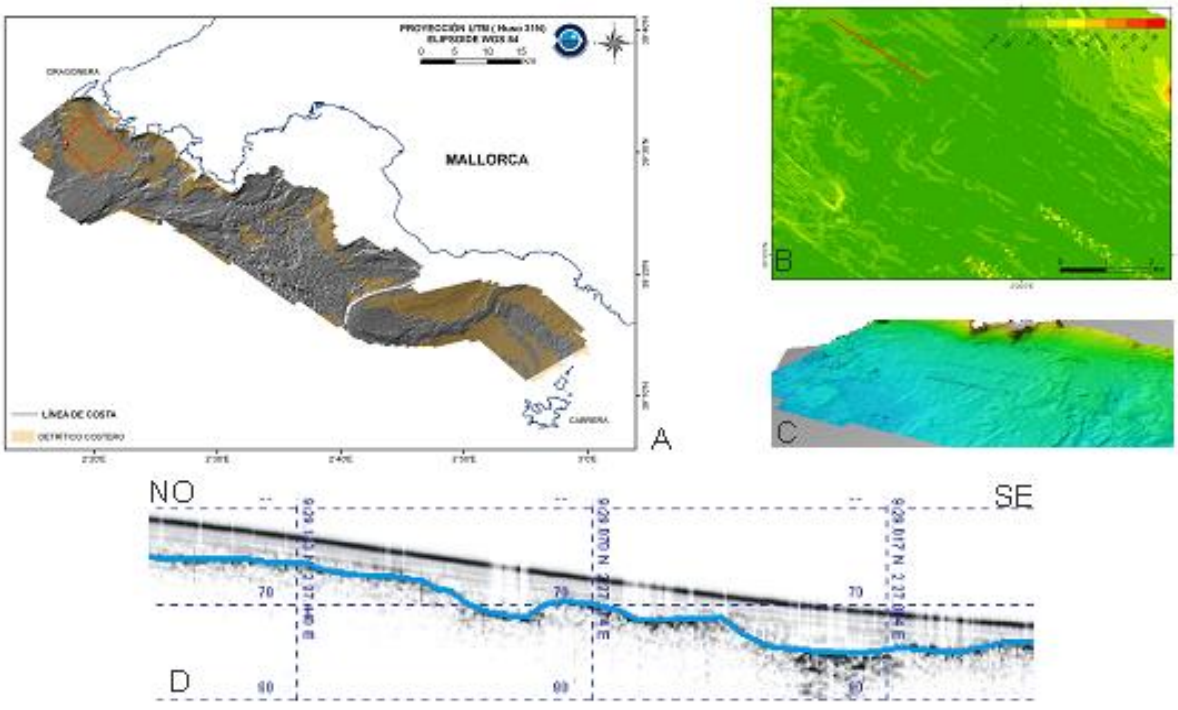


Fig. 28. (A) Cartografía del fondo detrítico costero sobre un modelo digital del terreno (MDT). (B) Mapa de pendientes correspondiente al área comprendida en el cuadro rojo de la Fig. 28 A. (C) Imagen en 3D de la zona. (D) Perfil sísmico donde aparece representado el fondo detrítico costero con la base de la unidad sedimentaria en color azul; el perfil aparece localizado en la Fig. 28 B.

4.1.3. Sedimento duro

Se localiza en el sector NO y SE y está ausente en el sector central (Fig. 29 A). Se caracteriza por presentar una pendiente muy suave entre 0 y 1º (Fig. 29 B). Tiene una reflectividad media-baja.

Los perfiles sísmicos se caracterizan por presentar un apantallamiento acústico o una unidad opaca. Superficialmente muestra una unidad compuesta por un reflector transparente de muy escaso espesor, discontinuo y subhorizontal.

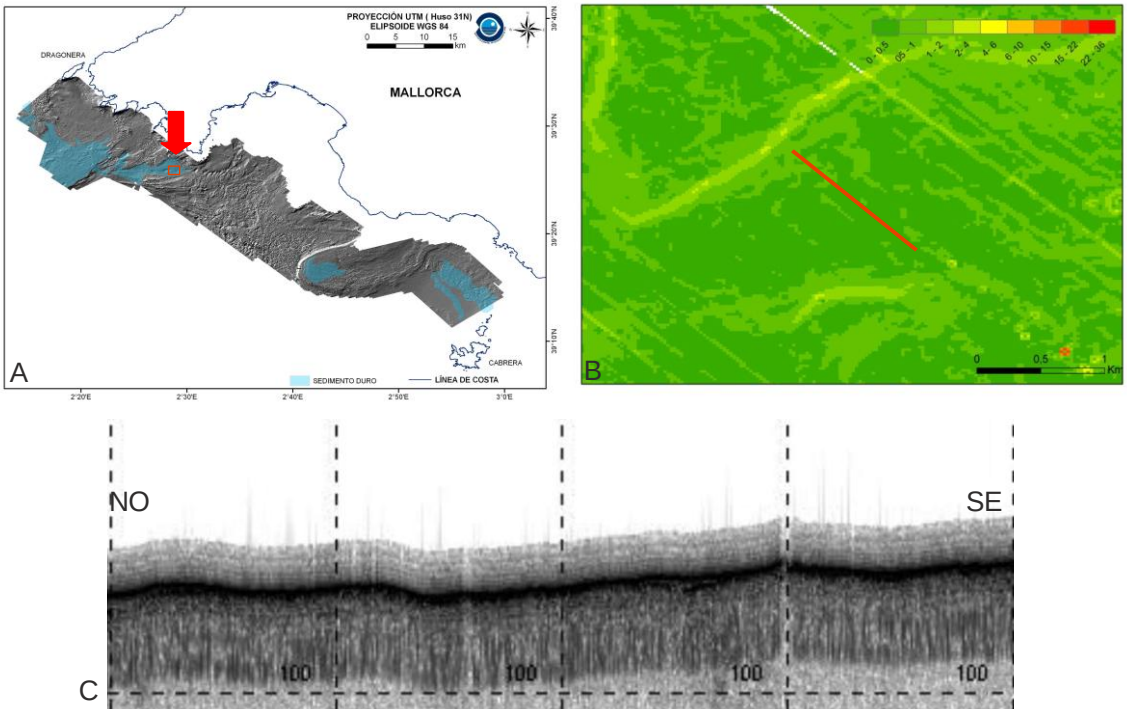


Fig. 29. (A) Cartografía de las zonas de sedimento duro. (B) Mapa de pendientes correspondiente al área comprendida en el cuadro rojo de la Fig. 29 A. (C) Perfil sísmico donde aparece representado el fondo de sedimento duro localizado en la Fig. 29 B.

4.1.4. Roca subaflorante con cobertura sedimentaria

Se localiza en todo el área de estudio (Fig. 30 A) con pendientes entre 0 y 6º (Fig. 30 B). Presenta unos valores altos de reflectividad. Están formados por roca cubierta por un depósito sedimentario de espesor variable que se encuentra muy condicionado por escarpes, tanto de origen tectónico como de origen erosivo.

En los perfiles sísmicos se aprecian dos respuestas acústicas posibles:

- Reflectores inclinados cubiertos por escaso espesor de sedimentos, con morfologías superficiales onduladas, afectados por deformaciones y fallas.
- Reflector transparente continuo con una superficie suavizada y ondulada que en algunos casos llega a aflorar. Este reflector se encuentra cubierto por un reflector superficial estratificado y continuo.

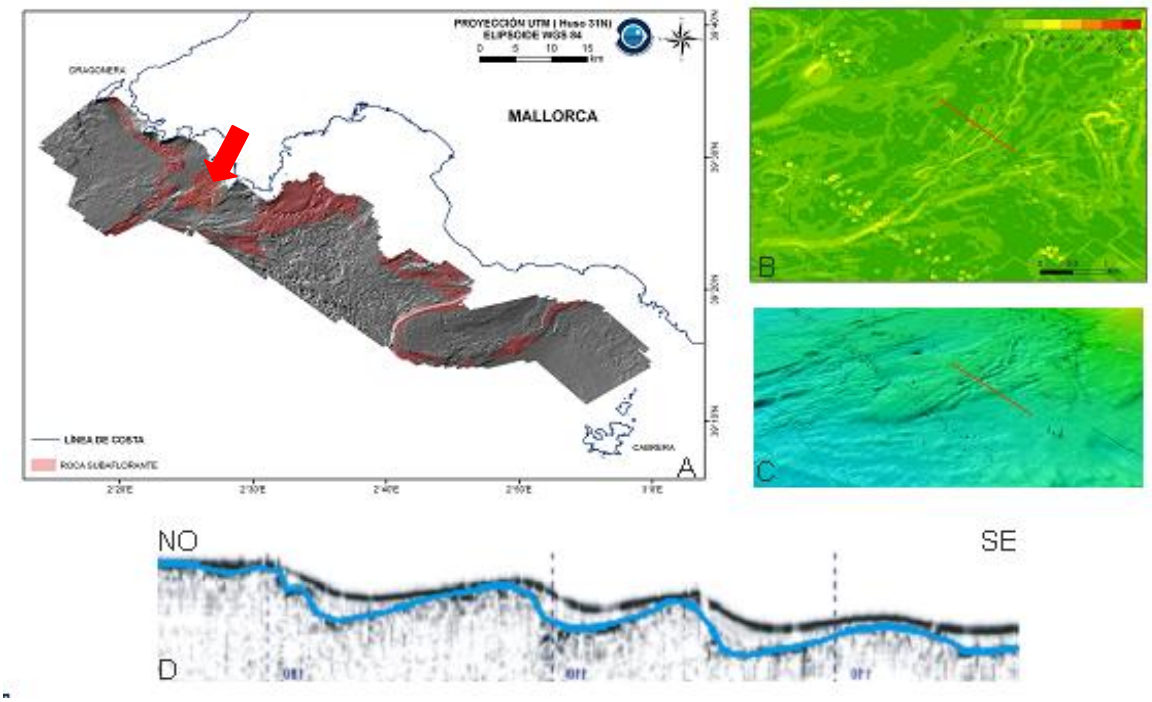


Fig. 30. (A) Cartografía de la roca subaflorante. (B) Mapa de pendientes correspondiente al área comprendida en el cuadro rojo de la Fig. 30 A. (C) Imagen en 3D de la zona. (D) Perfil sísmico localizado en las Fig. 30 B y C donde aparece representada la roca subaflorante con la base de la unidad sedimentaria en color azul.

4.1.5. Roca aflorante

Se encuentra localizado a partir de los 75 m de profundidad, principalmente en el sector central aunque también aparece de forma puntual en el NO y SE de la zona de estudio (Fig. 31 A). Presenta un área total de 83,32 km^2. Se caracteriza por tener una pendiente elevada con valores variables entre 2 y 10º (Fig. 31 B) y una reflectividad elevada.

Los perfiles sísmicos (Fig. 31 C) muestran una unidad transparente con reflectores inclinados que alcanzan la superficie y que desaparecen en profundidad; éstos presentan un buzamiento hacia el SE. En el NO el ángulo de buzamiento es mayor, suavizándose hacia el SE, dirección hacia la cual los reflectores presentan una mayor estratificación y continuidad, aunque son afectados por fallas y deformaciones. Ocasionalmente puede presentar un reflector superficial transparente que se ha definido anteriormente como bioconstrucciones.

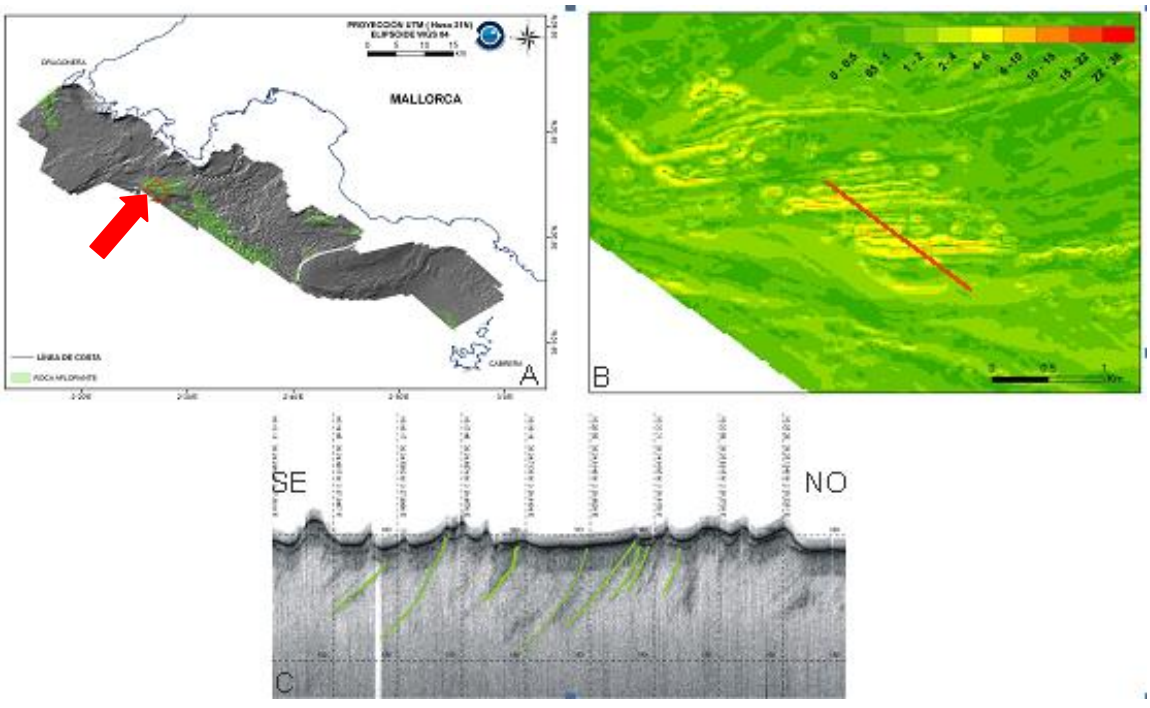


Fig. 31. (A) Cartografía de la roca aflorante sobre un MDT. (B) Mapa de pendientes correspondiente al área comprendida en el cuadro rojo de la Fig. 31 A. (C) Perfil sísmico localizado en la Fig. 31B donde aparece representada la roca aflorante; en color verde se indica los reflectores que afloran en superficie.

4.2. Tipos morfológicos

Se han identificado 15 tipos morfológicos agrupados en deposicionales, erosivos, gravitacionales, tectónicos, biogénicos, antropogénicos y otros.

4.2.1. Deposicionales

Se han identificado tres tipos morfológicos deposicionales según su localización y características:

Barra litoral relicta - Son elevaciones longitudinales convexas hacia la línea de costa y paralelas a las isóbatas. Su longitud varía entre 643 m y 5 Km, su anchura media es de 200 m y su elevación media sobre el fondo es de 0,6 m (Fig. 32).

En el área de estudio se han identificado 10 barras (Fig. 26) presentes en los tres sectores. En el sector NO se encuentran entre los 70 y 85 m de profundidad, son irregulares y discontinuas; en este sector se encuentra la barra con una mayor elevación, alcanzando los 4 m de altura. En el sector central y en el sector SE las barras se encuentran situadas entre las isóbatas de 50 y 60 m siendo su elevación de entre 0,3 y 1 m. Su perfil transversal describe una pendiente más abrupta hacia mar adentro, pudiendo alcanzar valores de 5^{o} en el sector NO y suavizándose hacia el sector SE.

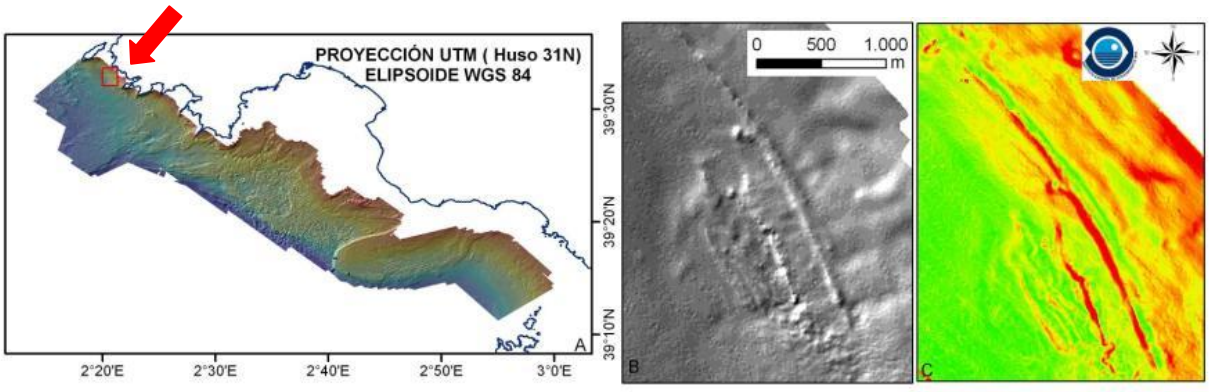


Fig. 32. (A) MDT del área de estudio con la situación de las imágenes de la Fig.32 B y C. (B) MDT en detalle de las barras litorales relictas. (C) Detalle del mapa de pendiente.

Hummocky - Son ondulaciones del fondo marino, compuestas por una alternancia de montículos y depresiones muy irregulares. Presentan una orientación NNO-SSE (Fig. 33 C y D), una altura de entre 2 y 4 cm, una frecuencia entre 45-53 m y una amplitud entre 25 y 28 m. Están localizadas en el sector SE a una profundidad de hasta 55 m, cubriendo un área de 15,4 km^2 (Fig. 26).

La alternancia entre zonas muy reflectivas y poco reflectivas (Fig. 33 D) concuerda con las zonas elevadas y zonas deprimidas. En el perfil sísmico de la Fig. 33 E se identifican como pequeñas irregularidades sobre el reflector superficial.

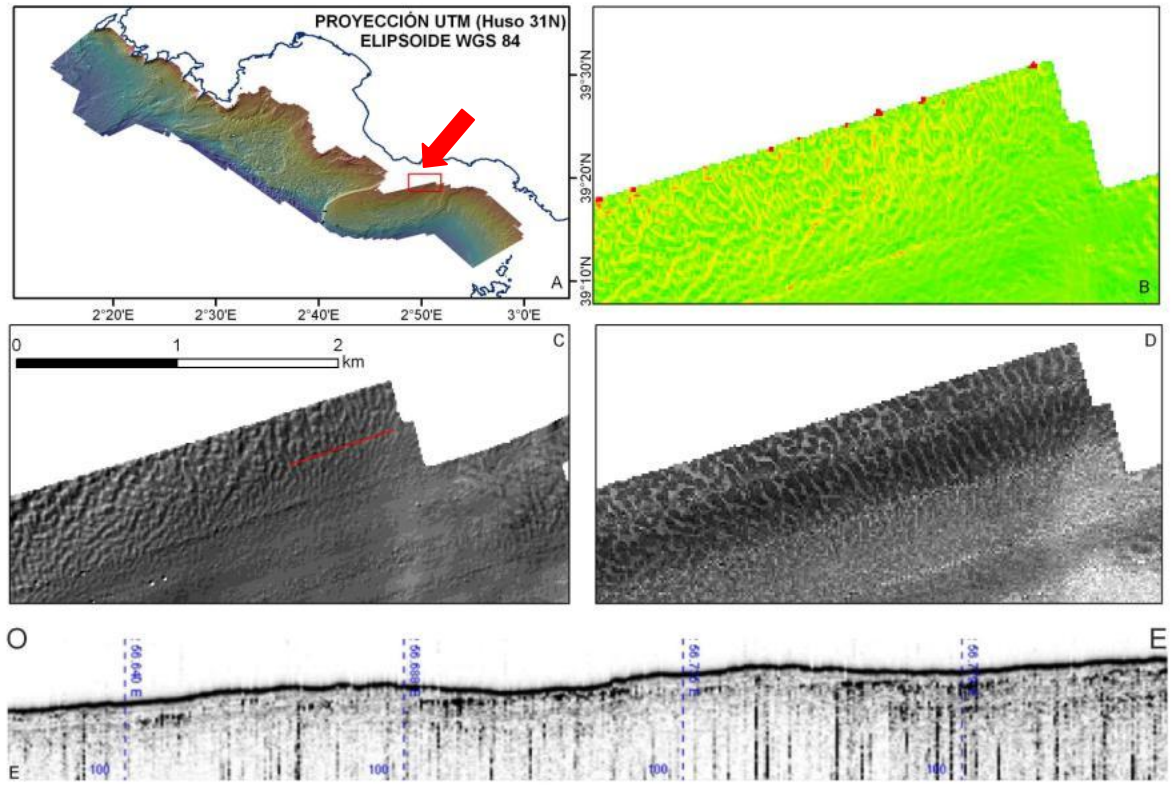


Fig. 33. (A) MDT del área de estudio en el que se sitúa mediante un cuadro rojo el ejemplo de las estructuras Hummocky. (B) Detalle del mapa de pendientes de las estructuras Hummocky. (C) MDT en de detalle de las estructuras Hummocky. (D) Detalle de la reflectividad de las estructuras hummocky. (E) Perfil sísmico de la línea L_1_1104 con un ejemplo de las estructuras Hummocky situadas en la zona SE del área de estudio situado mediante una línea roja en la Fig. 33 C.

Ripples - Son ondulaciones del fondo marino situados en el sector NO y SE. En el sector NO cubren un área de 1,1 km^2 a una profundidad entre 80 y 95 m (Fig. 34 B y C,) con un gradiente de pendiente variable entre 3 y 7º y se localizan sobre la superficie de un valle situado entre dos zonas elevadas. En el sector SE se sitúan partir de los 100 m de profundidad cubriendo un área de 3 km^2. En los perfiles sísmicos se definen como pequeñas irregularidades del fondo (Fig. 34 D).

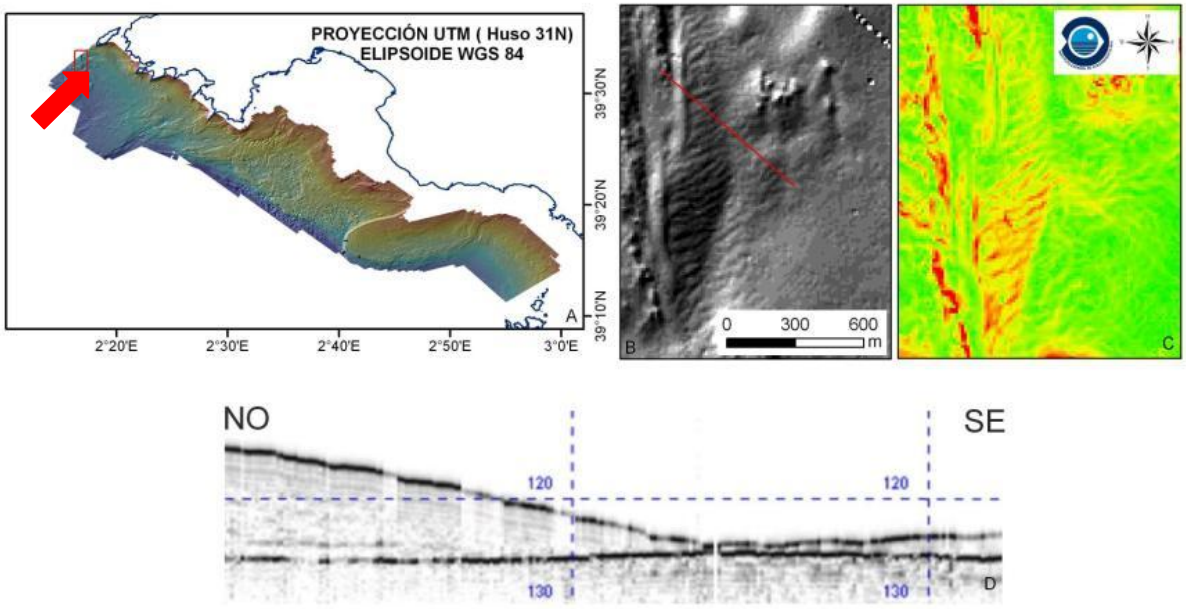


Fig. 34. (A) MDT del área de estudio en el que se sitúa mediante un cuadro rojo la localización de las imágenes de las Figs. 34 B y C. (B) MDT en detalle de los ripples del sector NO con la localización de un perfil sísmico de la Fig. 34 D. (C) Mapa de pendientes en detalle. (D) Perfil sísmico de los ripples en la superficie de una cuña sedimentaria.

4.2.2. Erosivos

Canales - Se han identificado 5 canales con un eje sinuoso. Dos de ellos se encuentran en el sector NO en la base de un escarpe erosivo en el extremo SE, con una longitud de 1,9 y 3,6 km y un ancho de 9 y 11 m (Fig. 26). En el sector central se localizan otros tres canales con longitudes de 2; 3; 3,5 y 2,8 km y 15, 24 y 7 m de anchura.

Todos ellos se sitúan a una profundidad comprendida entre 60 y 80 m y desaparecen de forma abrupta en el terreno (Fig. 35 B y C).

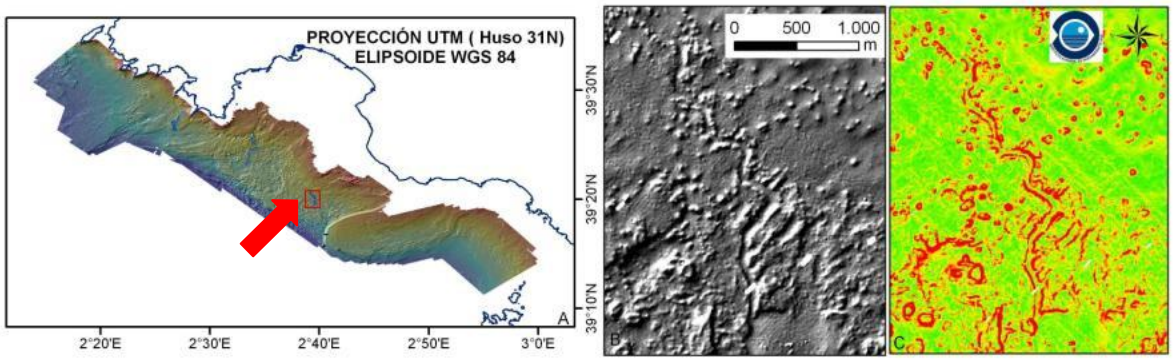


Fig. 35. (A) MDT del área de estudio con la cartografía de los canales en azul y la situación de las imágenes de la Fig. 35B y C. (B). MDT con detalle del canal situado al SE del sector central. (C) Detalle del mapa de pendientes del canal.

Escarpes erosivos - Se han identificado 49 escarpes erosivos situados en el sector NO y SE. Cuarenta y tres de ellos están en el sector NO, presentan una orientación SSO-NNE y aparecen en todas las profundidades, con un gradiente de pendientes entre 3,3 y 7^{o} (Fig. 36). En el sector SE se han identificado 7 escarpes erosivos situados en el extremo N, entre los 70 y 90 m de profundidad.

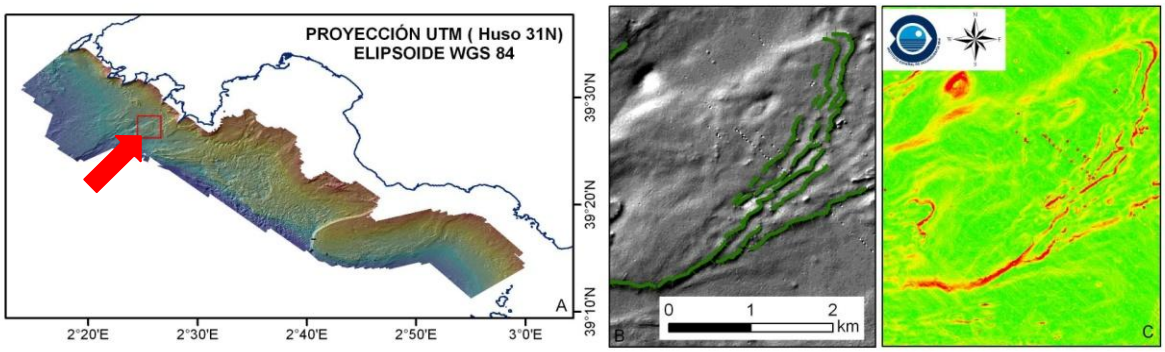


Fig. 36. (A) MDT del área de estudio en el que se sitúa mediante un cuadro rojo la localización de las imágenes B y C. (B) MDT en detalle de los escarpes erosivos de color verde del sector NO. (C) Mapa de pendientes en detalle.

4.2.3. Gravitacionales

Cicatrices gravitacionales - Se han identificado 10 cicatrices gravitacionales caracterizadas por la presencia de una pequeña ruptura de pendiente con un perfil sinuoso, muy suave y redondeado sin resalte en la cabecera. Su longitud total es de 16 Km presentando una longitud media de 1,6 Km; su pendiente varía entre 2 y 5º aunque puede alcanzar los 7 º de forma puntual (Fig. 37)

Se localizan al NO del sector central, próximos a la bahía de Palma, entre 50 y 70 m de profundidad y una altura entre 5 y 12 m (Fig. 26).

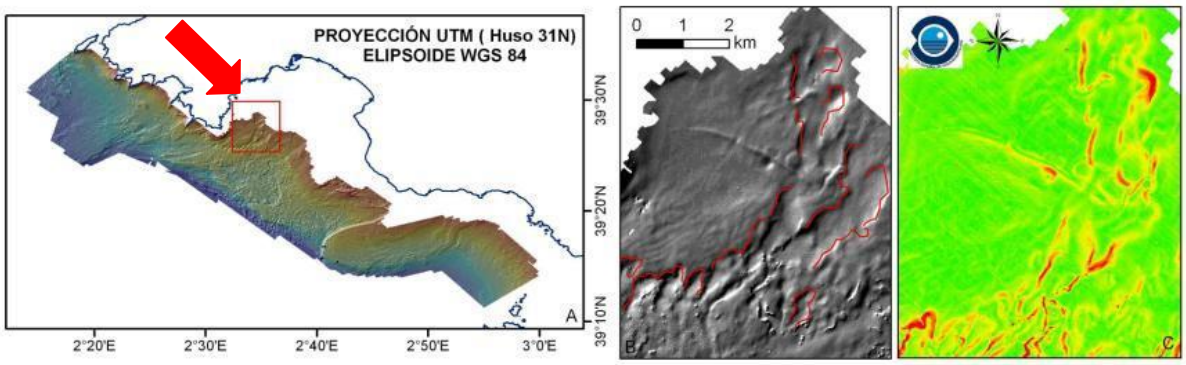


Fig. 37. (A) MDT del área de estudio en el que se sitúa mediante un cuadro rojo la localización de las imágenes 37 B y C. (B) MDT en detalle de las cicatrices gravitacionales, cartografiadas en color rojo. (C) Mapa de pendientes en detalle.

Cicatriz de deslizamiento - Las cicatrices de deslizamiento se presentan como una ruptura de la pendiente en el fondo marino. Se ha identificado una situada en el sector SE a 50 m de profundidad y paralela a dicha isóbata. Presenta una longitud de 1,13 km y forma de anfiteatro, con un frente sinuoso y unos flancos laterales semicirculares; tiene un gradiente de pendiente de 7º (Fig. 38).

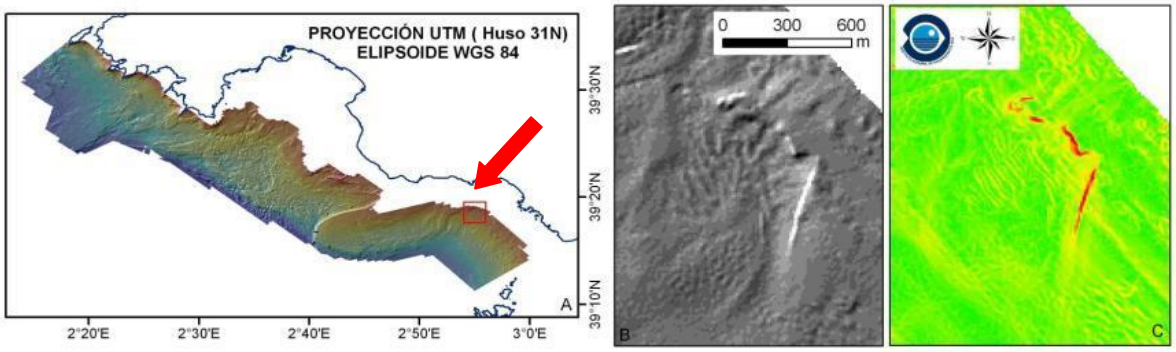


Fig. 38. (A) MDT del área de estudio en el que se sitúa mediante un cuadro rojo la localización de las imágenes de la Fig. 38 B y C. (B) MDT en detalle de la cicatriz de deslizamiento. (C) Mapa de pendientes en detalle.

4.2.4. Tectónicos

Fallas normales - Se ha identificado una falla normal situada en el extremo NO del sector SE (Figs. 26 y 39 B). Presenta una pendiente abrupta con valores de entre 7 y 12º (Fig. 39 C) y una longitud de 8,5 km. En el perfil sísmico (Fig. 39 D) podemos ver al menos dos fallas con el plano de falla buzando hacia el NO, hacia donde se sitúan los bloques hundidos.

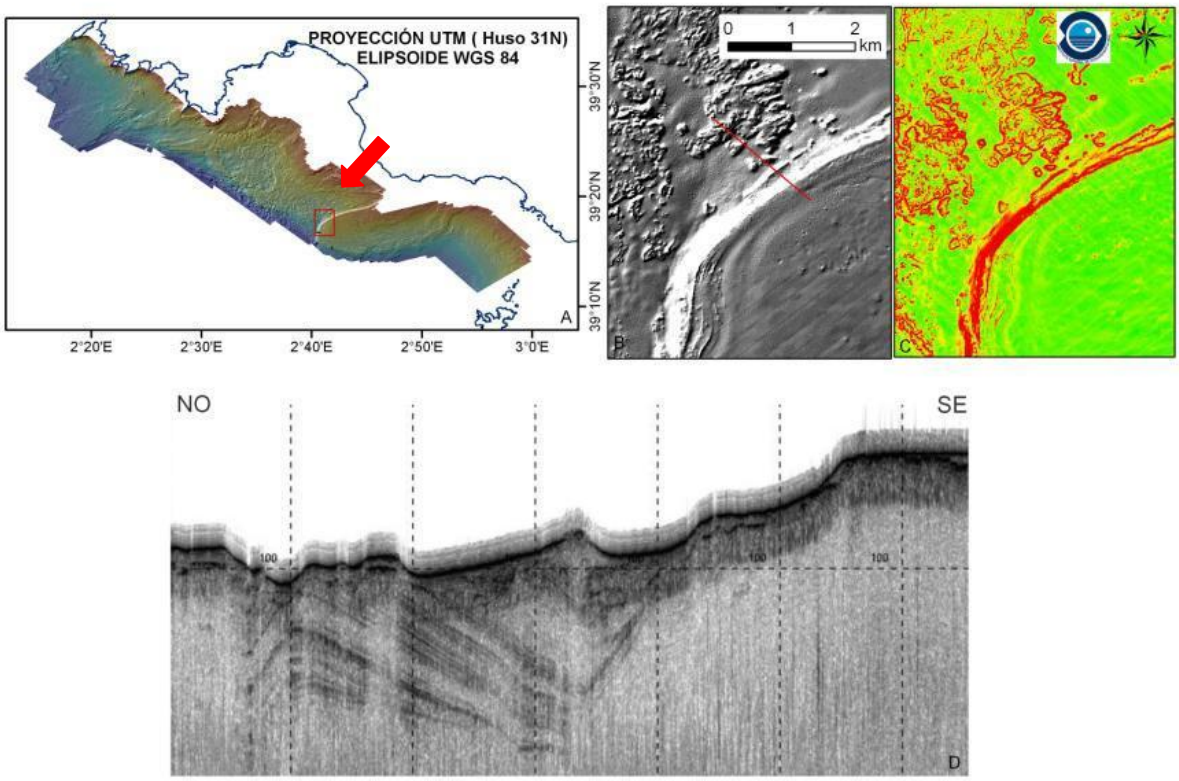


Fig. 39. (A) MDT del área de estudio en el que se sitúa mediante un cuadro rojo la localización de las imágenes de la Fig. B y C. (B) MDT en detalle de la falla normal con la localización de un perfil sísmico de la imagen. (C) Mapa de pendientes en detalle. (D) Perfil sísmico de la falla normal.

4.2.5. Biogénicos

Crestas biogénicas - Son elevaciones longitudinales con una orientación E-O. Se sitúan en el sector central a partir de los 75 m de profundidad, siendo más abundantes a partir de los 80 m (Fig. 26). Las crestas biogénicas crecen sobre afloramientos rocosos (perfil sísmico de la Fig. 40 A) y presentan una elevación sobre el fondo de 3 m.

El mapa de pendientes muestra un gradiente entre 3,3 y 7^{o} (Figs. 24 y 40 D) y el mapa de reflectividad indica que están compuestas por material duro (Fig. 40 E).

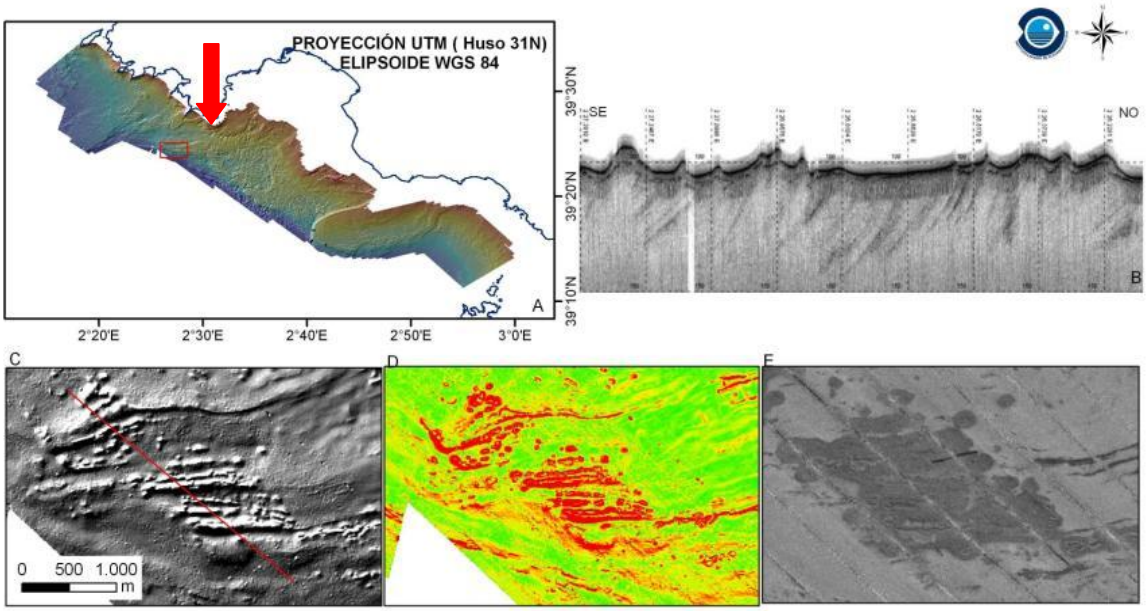


Fig. 40. (A) MDT del área de estudio en el que se sitúa mediante un cuadro rojo la localización de un ejemplo de crestas biogénicas. (B) Ejemplo de un perfil sísmico de las crestas biogénicas, el perfil se encuentra localizado en la Fig. 40 C. (C) MDT de detalle. (D) Mapa de pendientes en detalle. (E) Reflectividad.

Montículos biogénicos - Son pequeñas elevaciones sobre el fondo que pueden presentarse de forma aislada o formando agrupaciones. Son muy abundantes en el área de estudio, principalmente en el sector central donde ocupan toda el área comprendida entre los 60 y los 100 m de profundidad. En el sector NO y SE son menos abundantes y aparecen a partir de los 80 m de profundidad (Fig. 28) Presentan una altura máxima de 8 m, el diámetro máximo de las formas aisladas es de 300 m, siendo la media de 50 m; su pendiente alcanza los 7^{o} (Fig. 41 B y C).

En los perfiles sísmicos se distinguen pequeñas elevaciones sobre el fondo con las crestas irregulares y redondeadas y con un apantallamiento acústico en profundidad.

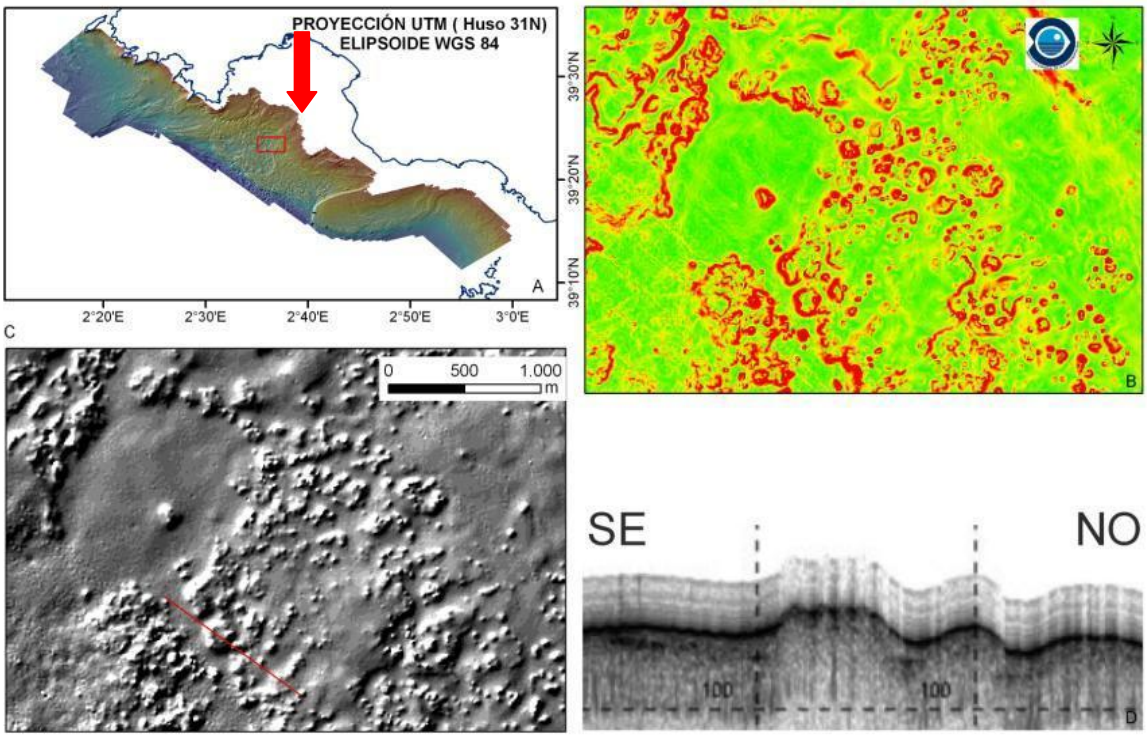


Fig. 41. (A) MDT del área de estudio en el que se sitúa mediante un cuadro rojo un ejemplo de los montículos biogénicos. (B) Detalle de los montículos biogénicos en el mapa de pendientes. (C) MDT de detalle con la localización de un perfil sísmico de la imagen Fig. 41 D. (D) Perfil sísmico de los montículos biogénicos.

4.2.6. Antropogénicos

Son formas longitudinales y rectilíneas que responden a algún tipo de infraestructura como cables eléctricos, de comunicación o gaseoductos (Fig. 42). Se han identificado tres en el sector NO con una orientación SO-NE. Aparecen frente a la costa de Santa Ponsa desde los 100 m de profundidad hasta los 50 m y tienen una longitud de 14,8, 14,6 y 15,1 Km.

Aunque generalmente se encuentran enterradas bajo el fondo marino, lo que apreciamos en el MDT y en la reflectividad es que presentan una continuidad que parece indicar que estas infraestructuras (o bien las obras de apoyo a las mismas) se encuentran sobre el fondo marino (Fig. 42 B y C).

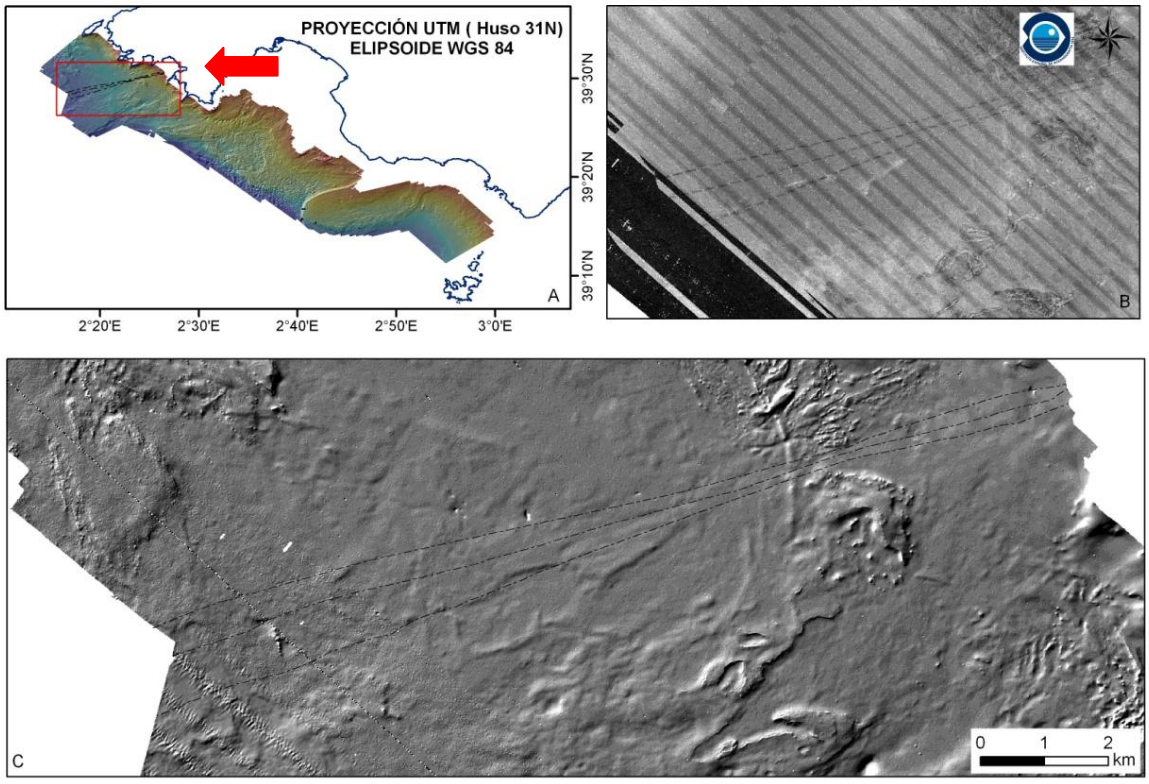


Fig. 42. (A) MDT del área de estudio en el que se sitúa mediante un cuadro rojo un ejemplo de las infraestructuras. (B) Reflectividad de las infraestructuras. (C) MDT de detalle de las infraestructuras.

4.2.7. Otros

Escarpe contrapendiente - Se han identificado 7 escarpes contrapendiente presentes en los tres sectores. Se caracterizan por mostrar una ruptura de pendiente sobre el fondo marino en contra de la dirección de aumento de la profundidad, son sinuosos, su gradiente es de 7º y la diferencia de altura es de entre 4 y 6 m.

En el sector NO encontramos tres escarpes, dos de ellos entre los 50 y 60 m de profundidad, con una longitud de 1,7 y 2,4 km, y un tercero de 3,9 km de longitud a 85 m de profundidad. En el sector central se identifican dos escarpes, uno de 5,6 km de longitud en el extremo SE del sector, a una profundidad de 60 m, y otro de 6,4 km de longitud a 80 m de profundidad. En el sector SE hay dos escarpes paralelos entre sí y a las isobatas de 80 y 90 m, muy sinuosos, discontinuos y con flancos muy redondeados y semicirculares, tienen una longitud de 9,1 km y 3, 5 km (Fig. 26 y 43 B y C).

El perfil sísmico (Fig. 43 D) se sitúa a 60 m de profundad en el sector NO y corta el escarpe por dos flancos.

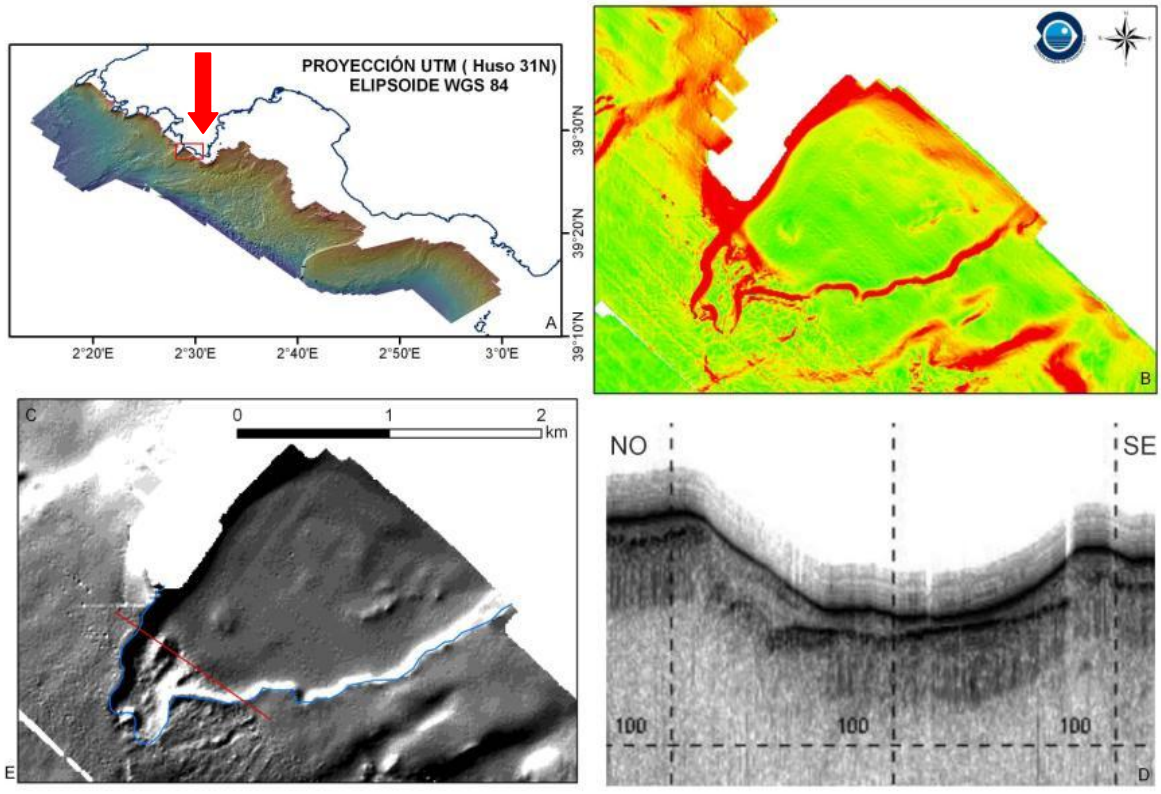


Fig. 43. (A) MDT del área de estudio en el que se sitúa mediante un cuadro rojo un ejemplo de las depresiones y de un escarpe contrapendiente. (B) Detalle del mapa de pendientes del escarpe contrapendiente. (C) MDT de detalle con el escarpe de color azul. (D) Perfil sísmico del escarpe y la depresión localizado mediante una línea roja en la Fig. 43 C.

Depresiones - Son zonas hundidas del fondo marino. Se han identificado cinco, tres situadas en el sector NO y dos en el sector central. Están caracterizadas por estar limitadas por un escarpe irregular cuya base es la zona más profunda de la depresión, que va aumentando de profundidad hacia la costa hasta desaparecer de forma difusa (Fig. 43 B, C y D). Tienen un gradiente de pendiente bajo, menor de 1,4º.

Depresiones circulares - Son pequeñas depresiones subredondeadas con bordes irregulares (Fig. 44 A). Se sitúan al sur del extremo NO (Fig. 26), entre los 80 y 90 m de profundidad. Se han identificado 9 depresiones que cubren un área total de 1,84 km^2, con una media de 0,20 km^2 (Fig. 44 A). Presentan una diferencia de profundidad entre 0,5 y 9 m y en el mapa de pendientes alcanzan gradientes comprendidos entre 3,3 y 7º (Fig. 24 y Fig. 44 C).

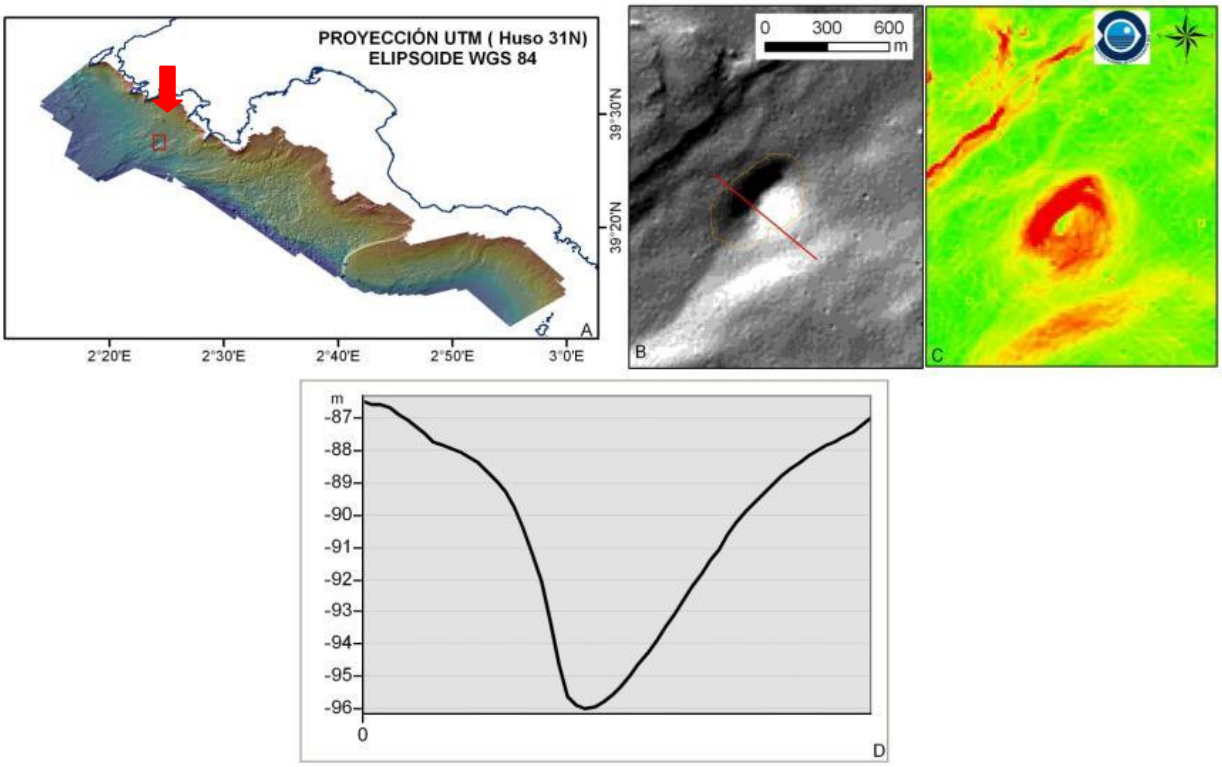


Fig. 44. (A) MDT del área de estudio en el que se sitúa mediante un cuadro rojo un ejemplo de las depresiones circulares de las Figs. 44 B, C y D. (B) MDT de detalle de una depresión circular, en rojo el perfil topográfico de la Fig. 44 D, y en marrón los límites de la depresión cartografiada. (C) Detalle del mapa de pendientes. (D) Perfil topográfico con la escala vertical en metros.

Área de depresiones-pockmarks - Área formada por pequeñas depresiones subredondeadas de entre 54 y 156 m de diámetro y de 1 m de profundidad (Fig. 45 B). Cubren un área total de 10,9 km^2. Se sitúa en el extremo N del sector SE (Fig. 26) entre los 50 y 60 m de profundidad.

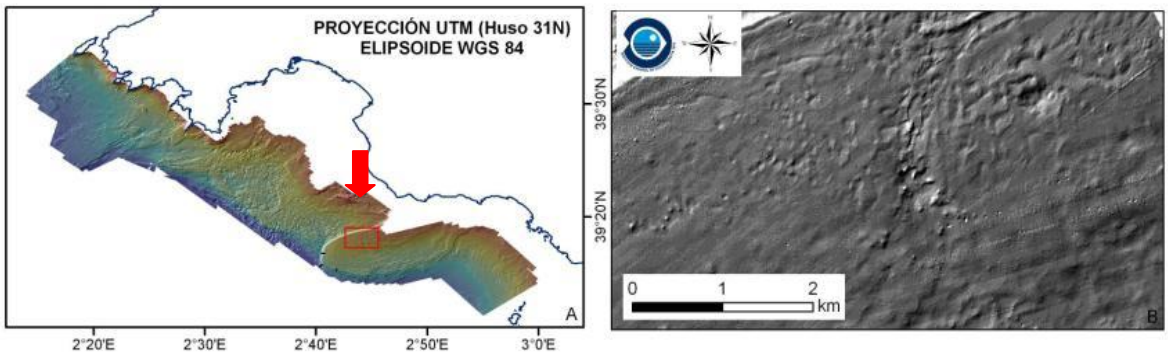


Fig. 45. (A) MDT del área de estudio en el que se sitúa mediante un cuadro rojo el MDT en detalle de las depresiones-pockmarks. (B) MDT en detalle.

4.3. Sedimentología: Granulometría y materia orgánica

Como ya se explicó en el apartado de *Metodología*, los datos granulométricos fueron analizados mediante el programa GRADISTAT, que permite la obtención de parámetros estadísticos, diagramas triangulares y curvas granulométricas.

Para cada muestra se calcularon los valores de la media y mediana (D_{50}), así como los coeficientes de selección, asimetría y curtosis. La media y la mediana son medidas de la tendencia central, mientras que la desviación estándar, la asimetría y la curtosis son medidas de dispersión o desviación respecto de ese valor central.

El grado de concentración de los granos alrededor de la media se denomina *selección*. La selección es más baja cuantos mayores intervalos de grados estén involucrados en la distribución granulométrica (Tabla 4). Un sedimento se describe como *bien seleccionado* cuando todas las partículas tienen tamaños próximos al tamaño típico (desviación

estándar baja). Si los tamaños de las partículas se distribuyen en un amplio rango de tamaños, se dice que la muestra está *bien clasificada*, y por tanto *pobremente seleccionada*.

Selección ($ó_1$)	
Muy bien seleccionado	<0.35
Bien seleccionado	0.35-0.50
Moderadamente bien seleccionado	0.50-0.70
Moderadamente seleccionado	0.70-1.00
Pobremente seleccionado	1.00-2.00
Muy pobremente seleccionado	2.00-4.00
Extremadamente mal seleccionado	>4.00

Tabla 4. Escala de selección empleada por Folk y Ward (1957) con valores expresados en unidades Ø.

Por otra parte, una distribución es simétrica cuando a la derecha y a la izquierda de la media existe el mismo número de valores, equidistantes dos a dos de la media, y además con la misma frecuencia. En caso contrario decimos que es asimétrica, y el grado en el cual la distribución se desvía de la simetría se mide con el *coeficiente de asimetría* o *skewness* (Tabla 5). Cuando la distribución es perfectamente simétrica, la asimetría es cero. Una asimetría positiva nos indica que los valores tienden a reunirse en la zona de los valores menores a la media, mientras que una asimetría negativa indica que los valores estarán reunidos en niveles superiores a la media aritmética.

La *curtosis* es una medida comparativa entre la proporción de sedimento que se concentra en la zona central de la distribución respecto a la de los extremos o “colas”. Cuando el grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable es elevado, se dice que la distribución es *leptocúrtica*, cuando es bajo, la distribución es *platicúrtica*, y cuando es medio la distribución es *mesocúrtica* (Tabla 5).

Asimetría (Sk_1)		Curtosis (K_G)	
Muy asimétrica positiva	+0.3 a +1.0	Muy platicúrtica	<0.67
Asimétrica positiva	+0.1 a +0.3	Platicúrtica	0.67-0.90
Simétrica	+0.1 a -0.1	Mesocúrtica	0.90-1.11
Asimétrica negativa	-0.1 a -0.3	Leptocúrtica	1.11-1.50
Muy asimétrica negativa	-0.3 a -1.0	Muy leptocúrtica	1.50-3.00
		Extremadamente leptocúrtica	>3.00

Tabla 5. Terminología empleada por Folk y Ward (1957) para describir el coeficiente de asimetría y de curtosis.

Los resultados del análisis granulométrico muestran que todas las muestras analizadas corresponden a la fracción *Arena* según la escala y terminología adoptadas por el programa. Dentro de este tipo sedimentario se han encontrado muestras con granulometría calificada como: *Arena Gruesa* (Fig. 46 A), *Arena Media*, *Arena Fina* y *Arena muy Fina* (Fig. 46 B), siendo las fracciones *Arena Gruesa* y *Arena Media* las más abundantes.

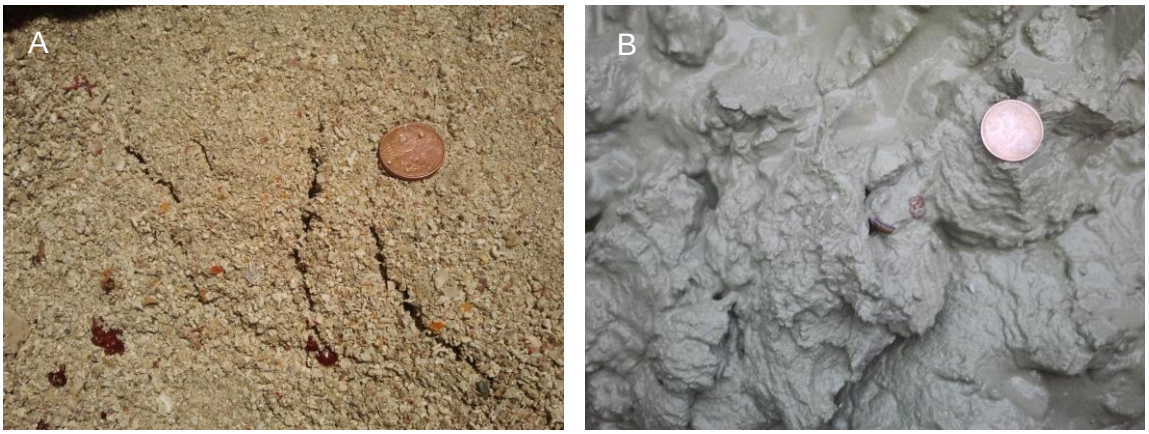


Fig. 46. Sedimentos de distinta granulometría recogidos con la draga van Veen. (A) Muestra con granulometría correspondiente a *Arena Gruesa*. (B) Muestra con granulometría correspondiente a *Arena muy Fina*.

Se muestra a continuación una tabla (Tabla 6) con los resultados del análisis para cada una de las muestras recogidas en abril de 2011 (BC1-W9) y en julio de 2012 (D01-D54). La media, selección, asimetría y curtosis son expresados en términos descriptivos y fueron calculados mediante el método de Folk y Ward (1957). Además de los parámetros mencionados, también se incluye una descripción física de la clase textural del sedimento (en la columna denominada *Textura*).

	Textura	Media	D_{50} (µm)	Selección	Asimetría	Curtosis
BC1	Arena fangosa	Arena Fina	309,6	Muy Pobre	Asimétrica positiva	Muy Leptocúrtica
SVV10	Arena fangosa	Arena Fina	329,2	Muy Pobre	Asimétrica positiva	Leptocúrtica
SVV11	Arena fangosa	Arena Fina	362,4	Muy Pobre	Asimétrica positiva	Platicúrtica
SVV12	Arena fangosa	Arena Fina	534,4	Muy Pobre	Asimétrica positiva	Mesocúrtica
SW13	Arena fangosa	Limo muy grueso	73,30	Pobre	Asimétrica positiva	Mesocúrtica
SVV14	Arena fangosa	Arena Fina	282,7	Muy Pobre	Asimétrica positiva	Platicúrtica
VV1	Arena fangosa	Arena Fina	243,1	Muy Pobre	Muy asimétrica positiva	Muy Leptocúrtica
VV2	Arena	Arena Media	403,5	Pobre	Asimétrica positiva	Leptocúrtica
VV5	Arena fangosa	Arena Fina	276,5	Muy Pobre	Muy asimétrica positiva	Leptocúrtica
VV6	Arena	Arena Gruesa	926,7	Pobre	Asimétrica positiva	Leptocúrtica
VV8	Arena fangosa	Arena Fina	223,3	Pobre	Asimétrica positiva	Leptocúrtica
VV9	Arena fangosa	Arena muy Fina	93,46	Pobre	Muy asimétrica positiva	Leptocúrtica
D01	Arena	Arena Gruesa	663,9	Pobre	Asimétrica positiva	Platicúrtica
D02	Arena	Arena Gruesa	741,8	Pobre	Asimétrica positiva	Platicúrtica
D03	Arena	Arena Media	525,3	Pobre	Muy asimétrica positiva	Platicúrtica
D04	Arena	Arena Gruesa	913,7	Pobre	Asimétrica positiva	Platicúrtica
D05	Arena	Arena Gruesa	573,8	Pobre	Asimétrica positiva	Platicúrtica
D06	Arena	Arena Gruesa	671,9	Pobre	Muy asimétrica positiva	Platicúrtica
D07	Arena	Arena Gruesa	732,8	Pobre	Muy asimétrica positiva	Mesocúrtica
D08	Arena	Arena Media	499,3	Pobre	Asimétrica positiva	Platicúrtica
D09	Arena	Arena Gruesa	1047,6	Pobre	Muy asimétrica positiva	Platicúrtica
D10	Arena	Arena Gruesa	704,4	Pobre	Muy asimétrica positiva	Platicúrtica

	Textura	Media	D_{50} (µm)	Selección	Asimetría	Curtosis
D11	Arena	Arena Gruesa	706,4	Pobre	Muy asimétrica positiva	Platicúrtica
D12	Arena	Arena Gruesa	532,8	Pobre	Asimétrica positiva	Platicúrtica
D13	Arena	Arena Gruesa	667,6	Pobre	Asimétrica positiva	Platicúrtica
D14	Arena fangosa	Arena Fina	123,6	Pobre	Simétrica	Mesocúrtica
D15	Arena	Arena Gruesa	719,3	Moderada	Asimétrica positiva	Platicúrtica
D16	Arena	Arena Media	319,5	Pobre	Asimétrica negativa	Platicúrtica
D17	Arena	Arena Media	372,0	Pobre	Simétrica	Platicúrtica
D18	Arena	Arena Media	356,8	Pobre	Asimétrica negativa	Platicúrtica
D19	Arena	Arena Media	384,7	Pobre	Simétrica	Platicúrtica
D20	Arena	Arena Media	288,1	Pobre	Simétrica	Platicúrtica
D21	Arena	Arena Media	586,0	Pobre	Muy asimétrica positiva	Muy Platicúrtica
D22	Arena fangosa	Arena muy Fina	92,14	Pobre	Asimétrica positiva	Leptocúrtica
D23	Arena fangosa	Arena Media	238,8	Muy Pobre	Simétrica	Mesocúrtica
D24	Arena fangosa	Arena Fina	112,7	Pobre	Asimétrica negativa	Muy Leptocúrtica
D25	Arena fangosa	Arena muy Fina	99,86	Muy Pobre	Simétrica	Leptocúrtica
D26	Arena	Arena Gruesa	698,8	Pobre	Muy asimétrica positiva	Platicúrtica
D27	Arena	Arena Gruesa	589,0	Pobre	Simétrica	Mesocúrtica
D28	Arena	Arena Media	507,7	Pobre	Asimétrica positiva	Mesocúrtica
D29	Arena fangosa	Arena Fina	149,5	Muy Pobre	Asimétrica negativa	Mesocúrtica
D30	Arena	Arena Media	213,6	Pobre	Asimétrica negativa	Platicúrtica
D31	Arena	Arena Media	273,9	Pobre	Asimétrica negativa	Mesocúrtica
D32	Arena	Arena Media	288,0	Pobre	Asimétrica negativa	Platicúrtica
D33	Arena	Arena Media	296,1	Pobre	Asimétrica negativa	Platicúrtica
D34	Arena	Arena Gruesa	684,8	Pobre	Asimétrica positiva	Mesocúrtica
D35	Arena	Arena Media	482,9	Pobre	Asimétrica positiva	Mesocúrtica
D36	Arena	Arena Fina	217,5	Pobre	Simétrica	Leptocúrtica
D37	Arena	Arena Gruesa	541,5	Pobre	Simétrica	Mesocúrtica
D38	Arena	Arena Gruesa	805,9	Moderada	Simétrica	Mesocúrtica
D39	Arena	Arena Gruesa	679,5	Pobre	Muy asimétrica positiva	Mesocúrtica
D40	Arena	Arena Gruesa	802,7	Pobre	Asimétrica positiva	Mesocúrtica
D41	Arena	Arena Gruesa	715,5	Pobre	Asimétrica positiva	Mesocúrtica
D42	Arena	Arena Media	471,5	Pobre	Muy asimétrica positiva	Mesocúrtica

	Textura	Media	D_{50} (µm)	Selección	Asimetría	Curtosis
D43	Arena	Arena Gruesa	597,3	Muy Pobre	Asimétrica positiva	Mesocúrtica
D44	Arena fangosa	Arena Media	618,6	Pobre	Muy asimétrica positiva	Mesocúrtica
D45	Arena	Arena Media	357,0	Pobre	Simétrica	Mesocúrtica
D46	Arena	Arena Media	245,2	Pobre	Muy asimétrica negativa	Mesocúrtica
D47	Arena	Arena Media	446,3	Pobre	Simétrica	Mesocúrtica
D48	Arena	Arena Media	387,0	Pobre	Simétrica	Mesocúrtica
D49	Arena	Arena Fina	202,2	Pobre	Asimétrica negativa	Mesocúrtica
D51	Arena	Arena Media	388,2	Pobre	Simétrica	Mesocúrtica
D52	Arena	Arena Media	532,7	Pobre	Asimétrica positiva	Mesocúrtica
D53	Arena	Arena Gruesa	656,7	Pobre	Simétrica	Leptocúrtica
D54	Arena	Arena Gruesa	1154,4	Moderada	Muy asimétrica positiva	Muy Platicúrtica

Tabla 6. Descripción del tipo de sedimento de cada una de las muestras aplicando los esquemas y terminología de Folk y Ward (1957).

El porcentaje de cada una de las fracciones granulométricas presentes en cada muestra, en base a la escala de tamaños adoptada por el programa GRADISTAT (Tabla 3) se muestra en las Tablas 7 y 8. Además para las muestras del 2012 se halló la proporción de materia orgánica presente en el sedimento (Tabla 8). Puesto que todas las muestras analizadas han resultado ser de tipo arenoso, en las tablas se incluyen los porcentajes de los distintos tamaños de arena. El porcentaje de gravas fue cero en todos los casos, y el de limos y arcillas solo fue estimado en las muestras de 2011, por lo que las partículas menores a 0.063 mm son expresadas en la Tabla 8 bajo el mismo término (% Fango).

	% ARENA					% LIMO					% ARCILLA
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina	muy grueso	grueso	medio	fino	muy fino	
BC1	1,4	21,3	37,1	14,3	5,0	3,5	3,8	3,7	2,9	2,1	4,8
SVV10	3,8	27,7	26,5	12,4	8,4	4,8	4,6	4,8	3,8	2,5	0,7
SVV11	5,1	32,0	20,6	7,4	6,1	4,9	5,9	6,1	4,7	2,7	4,4
SVV12	17,9	33,8	9,7	6,4	7,6	6,4	5,5	3,8	2,7	2,0	4,0
SW13	0,0	0,0	3,9	23,8	27,7	14,2	9,7	7,9	6,1	4,7	2,1
SVV14	2,5	29,5	20,2	8,2	7,5	5,9	6,5	6,6	5,1	3,0	4,9
VV1	0,2	12,3	36,2	22,5	8,2	3,7	3,6	3,7	3,1	2,2	4,3
VV2	6,3	30,7	36,6	15,2	5,2	1,6	1,1	1,2	1,1	0,9	0,2
VV5	5,4	21,0	27,5	17,2	7,4	4,5	4,3	3,7	2,9	2,2	4,1
VV6	45,7	39,1	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VV8	0,7	13,6	30,1	30,0	13,8	3,5	2,4	2,3	1,8	1,4	0,4
VV9	0,0	0,0	5,6	27,8	33,9	12,3	6,8	5,4	4,0	3,0	1,1

Tabla 7. Porcentaje de cada fracción granulométrica presente en las muestras recogidas en 2011 (BC1 a W9).

	% ARENA					% FANGO	% MO
	muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
D01	33,3	28,3	22,9	9,9	3,7	1,9	3,5
D02	36,5	31,3	19,1	9,0	2,7	1,4	3,7
D03	25,0	26,9	16,9	11,5	13,8	5,8	3,4
D04	47,2	21,2	11,8	7,5	7,3	4,9	4,0
D05	25,2	31,0	26,1	13,2	3,6	0,9	3,4
D06	35,1	25,9	19,3	10,9	5,9	2,9	3,6
D07	35,3	32,7	16,5	8,3	4,1	3,1	3,2
D08	22,4	27,5	20,7	17,8	9,6	2,0	3,7
D09	51,6	18,9	10,0	8,1	7,2	4,1	3,4
D10	35,8	28,1	15,7	11,6	5,6	3,1	2,8
D11	35,8	28,3	15,2	7,8	7,8	5,1	3,0
D12	27,5	24,8	22,7	14,3	8,1	2,6	3,2
D13	29,6	35,1	27,3	6,4	1,1	0,5	3,0
D14	4,1	18,7	11,1	15,5	33,5	17,0	4,0
D15	32,5	36,7	25,1	5,4	0,2	0,1	3,6
D16	16,2	19,2	22,5	38,0	3,0	1,0	2,9
D17	18,4	22,2	21,9	29,4	5,9	2,1	3,3
D18	16,4	22,5	22,7	30,6	5,8	1,9	3,1
D19	24,5	17,6	21,0	26,8	8,3	1,9	3,8
D20	13,1	21,0	20,0	24,6	18,5	2,8	3,9
D21	38,6	14,8	9,5	13,9	18,3	4,9	4,2
D22	0,5	2,7	12,6	16,9	38,9	28,4	5,0
D23	20,5	15,4	12,8	18,5	22,5	10,2	4,8
D24	7,6	6,1	10,9	19,2	41,1	15,1	4,9
D25	6,7	7,3	13,4	11,9	32,3	28,3	4,2
D26	39,4	20,5	14,7	10,3	8,5	6,5	4,6
D27	27,5	29,4	26,7	10,3	4,3	1,7	4,0
D28	19,9	30,8	24,4	15,6	6,0	3,4	3,8
D29	15,5	13,4	10,6	14,1	33,1	13,2	4,5

D30	16,0	14,7	13,7	24,3	26,4	4,8	3,6
D31	14,0	14,9	24,4	37,3	8,1	1,3	4,0
D32	22,5	15,3	15,4	24,1	18,0	4,7	3,4
D33	18,4	18,5	17,3	24,1	18,0	3,7	3,2
D34	32,9	31,2	17,9	10,3	5,1	2,5	4,3
D35	22,8	26,1	21,6	15,9	9,2	4,3	4,4
D36	9,2	14,6	19,2	34,8	15,6	6,6	3,1
D37	17,0	37,2	30,2	12,0	2,5	1,0	3,8
D38	36,4	43,5	15,4	3,3	0,9	0,4	3,9
D39	32,3	31,7	17,9	7,8	4,7	5,6	3,7
D40	38,6	36,0	15,7	5,8	2,4	1,5	4,3
D41	30,8	39,8	18,4	7,5	2,2	1,2	4,3
D42	20,3	28,2	18,1	13,5	10,8	9,1	4,4
D43	24,6	34,2	24,5	12,8	3,0	1,0	3,7
D44	34,8	21,9	14,1	10,2	8,8	10,2	4,2
D45	14,9	18,9	33,3	23,9	6,0	3,0	2,8
D46	12,6	13,6	22,7	39,9	8,2	3,0	2,7
D47	12,8	32,0	31,6	18,2	4,5	0,8	3,4
D48	16,8	24,2	24,4	22,6	9,2	2,8	3,9
D49	8,8	15,2	17,2	28,8	23,8	6,2	4,1
D51	13,2	25,4	31,2	17,3	9,2	3,7	3,2
D52	19,3	33,8	23,2	13,3	7,0	3,5	3,3
D53	24,4	42,2	23,4	7,0	1,8	1,2	3,3
D54	56,5	25,1	11,0	4,3	1,8	1,2	4,5

Tabla 8. Porcentaje de cada fracción granulométrica y porcentaje de materia orgánica (% MO) presente en cada muestra del 2012 (de D1 a D54).

En la siguiente figura se muestra la gráfica de la curva cumulativa (Fig. 47), en la que se representan los tamaños de grano en escala phi (Ø) (cuyo tamaño en mm equivale a 2^{-phi}) frente a los porcentajes de masa acumulada. De acuerdo a la gráfica, el 56,5% del sedimento de la zona de estudio tiene un tamaño de partícula inferior a 0 -phi (0 -phi = 1 mm).

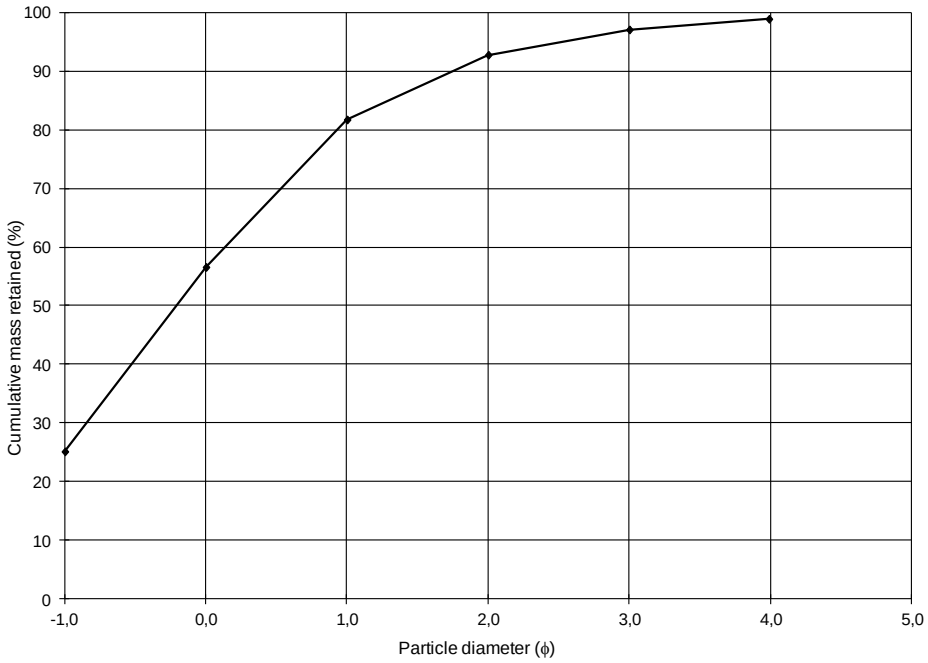


Fig. 47. Curva granulométrica acumulativa representando los diferentes tamaños de grano en unidades phi frente a los porcentajes de los pesos acumulados.

En el diagrama ternario de Arena-Limo-Arcilla (Fig. 48) queda reflejada la granulometría del sedimento. Dicho triángulo se utilizan para representar la proporción de los tres componentes en la muestra, de modo que cada vértice representa el 100% en peso de un componente, mientras que la base opuesta a éste representa una proporción del 0% de ese componente. Como hemos indicado anteriormente, todas las muestras analizadas corresponden a la fracción *Arena.*

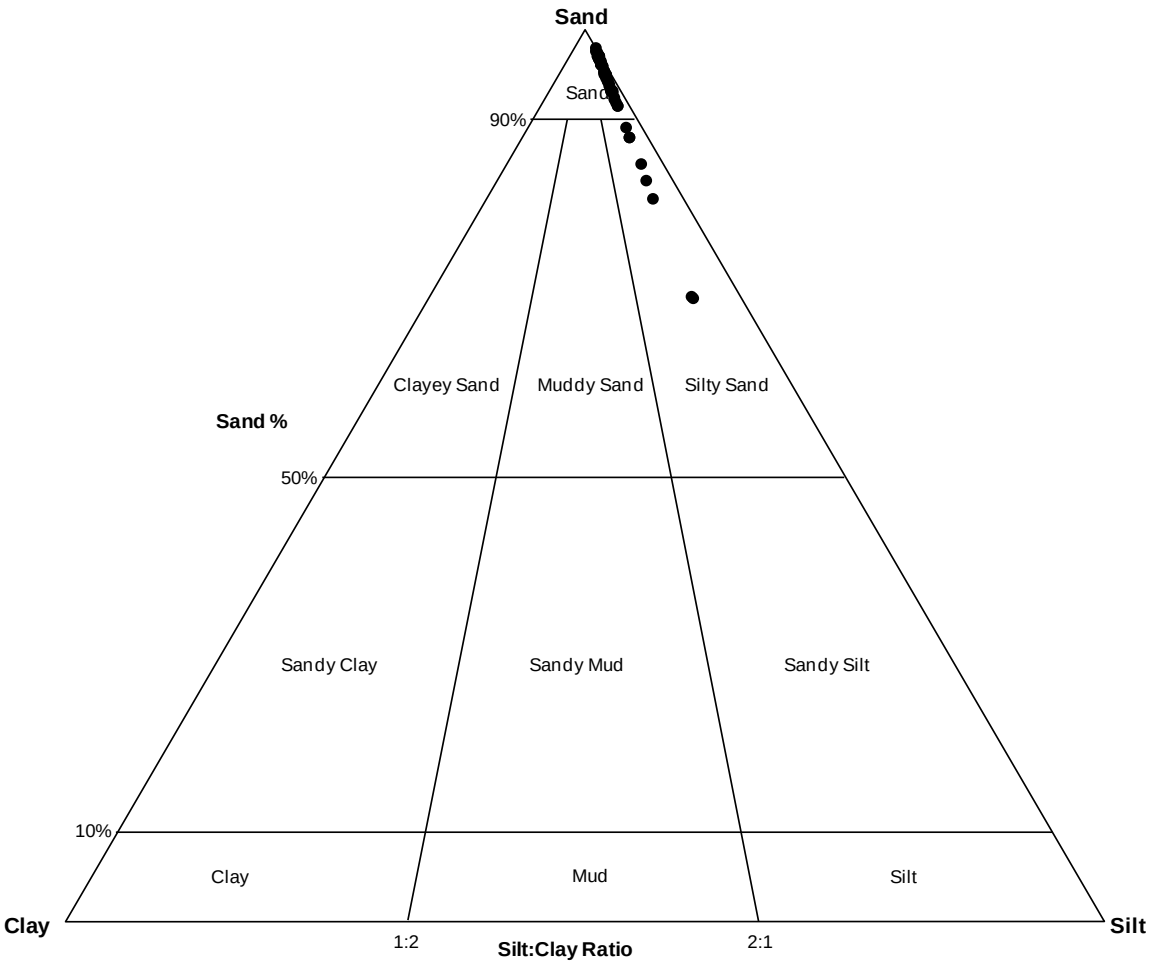


Fig. 48. Diagrama triangular en el que se muestra la granulometría de las muestras analizadas.

Los valores menores de tamaño de grano del sedimento (arenas finas) se localizan entre isla del Toro y Cala Figuera, frente a la bahía de Palma y sobre todo en la parte sur del área de estudio, entre Cap Blanc y Cap de Ses Salines (Fig. 49).

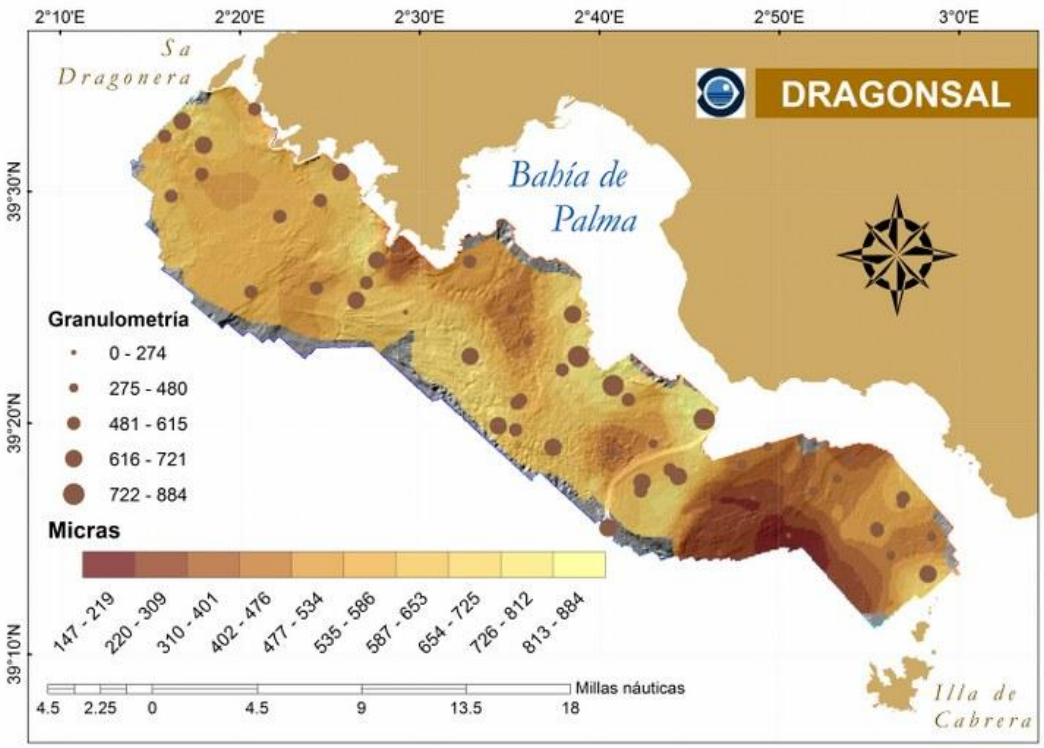


Fig. 49. Mapa textural de isopletas obtenido a partir de los análisis granulométricos realizados sobre 54 muestras de sedimento cuya localización y tamaño medio de grano aparecen representados en el mapa. Se ha empleado un algoritmo de interpolación con barreras ponderado por el Indice de concavidad/convexidad del fondo y empleando barreras fisiográficas interpretadas a partir del MDE.

El porcentaje de materia orgánica del sedimento osciló entre 2,7 y 5%.Geográficamente, los valores mayores se encuentran entre el cap de Regana y la Colònia de Sant Jordi (Fig. 50)

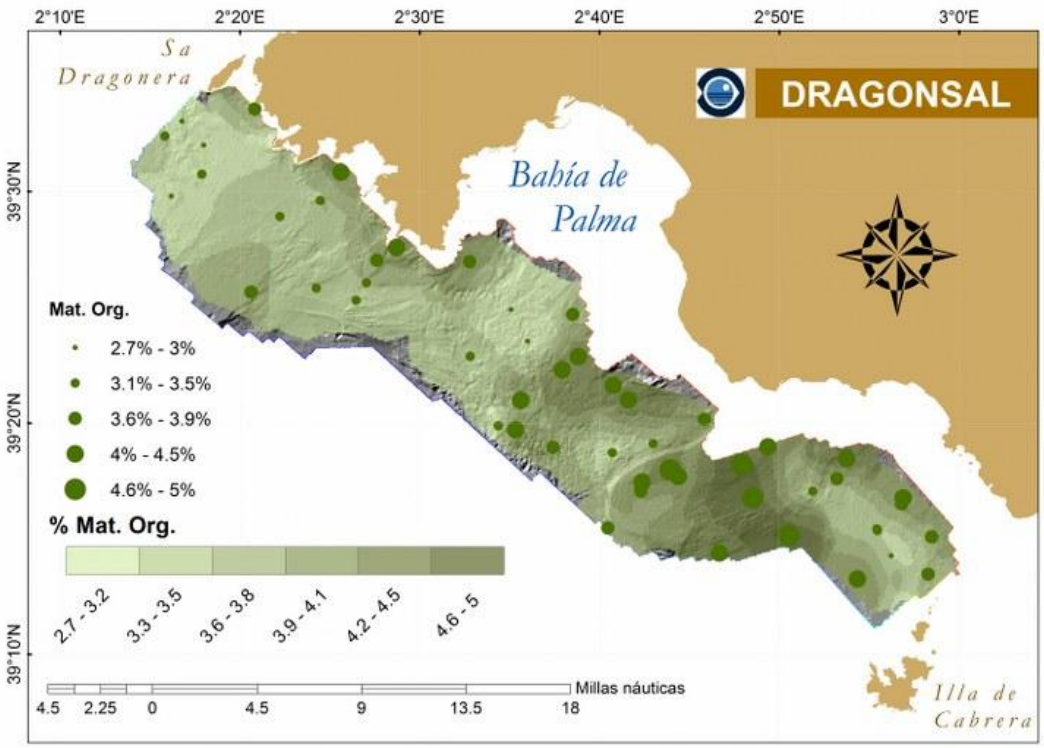


Fig. 50. Mapa de isopletas del contenido de materia orgánica en el sedimento expresado en % del peso seco. Análisis realizados sobre 54 muestras de sedimento cuya localización y tamaño medio de grano aparecen representados en el mapa. Se ha empleado un algoritmo de interpolación con barreras ponderado por el Índice de concavidad/convexidad del fondo y empleando barreras fisiográficas interpretadas a partir del MDE.

5. DESCRIPCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

5. DESCRIPCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

5.1. Sistemas de clasificación de hábitats

En la actualidad, a nivel europeo existen diferentes denominaciones y sistemas de clasificación de los hábitats marinos. El objetivo de estos sistemas es proporcionar unos criterios generales de clasificación, que permitan definir y organizar la gran heterogeneidad de hábitats y ecosistemas marinos mediante una terminología estandarizada.

Con el objetivo de asegurar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales, así como de la fauna y de la flora silvestres en el territorio de los Estados miembros, la Unión Europea, a través de la **Directiva Hábitats** (Directiva 92/43/CEE) creó la red Natura 2000, una red ecológica de zonas designadas por los Estados miembro. La Directiva Hábitats parte de la clasificación CORINE, y en los Anexos I y II recoge respectivamente los tipos de hábitats y las especies cuya conservación requiere la designación de zonas especiales de conservación. Con esta lista se pone de manifiesto la enorme disparidad existente entre los hábitats terrestres y de agua dulce contemplados con respecto a los marinos, en lo referente a su número y grado de definición (Templado *et al*., 2012 Guía interpretativa: Inventario Español de Hábitats Marinos), puesto que de los 198 hábitats incluidos en el Anexo I, sólo 9 de ellos son enteramente marinos.

Por su parte, el sistema de clasificación **EUNIS** (European Nature Information System) perteneciente al BDC (Biodiversity data centre), fue desarrollado y es gestionado por el Centro Temático Europeo de la Biodiversidad y la Protección de la Naturaleza (ETC/NPB en París) para la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA) y la Red Europea de Información y Observación de Medio Ambiente (EIONET). Incluye los hábitats terrestres y marinos de la masa continental europea y los mares adyacentes, siendo su objetivo el desarrollar un marco comprensible para la clasificación y descripción de los hábitats de Europa. La clasificación de los tipos de hábitat de EUNIS se ha desarrollado a partir de los sistemas anteriores de clasificación pan-europeos, como el sistema CORINE-Biotopos

o la Clasificación de hábitats de Paleártico, pero a su vez establece relaciones con otros sistemas como el CORINE-Land Cover, tipos de hábitats de interés comunitario (Anexo I de la Directiva Hábitats), clasificación Nórdica de Hábitats, y potencialmente, otros sistemas de clasificación nacionales.

El sistema de clasificación EUNIS-Hábitats es un sistema jerárquico, de tal modo que los hábitats presentes en Europa se incluyen en diez grupos, identificados con letras desde la A hasta la J, que constituyen el nivel 1. Posteriormente cada uno de estos tipos de hábitats de nivel 1 se subdivide en otros de nivel 2 y así sucesivamente. El nivel máximo que alcanza es variable de unos tipos de hábitats a otros, llegando en determinadas ocasiones al nivel 7. Esta clasificación presenta un mayor nivel de detalle para los hábitats atlánticos europeos, estando los mediterráneos representados en menor medida (Templado *et al*., 2012).

Recientemente, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, con la colaboración de las Comunidades Autónomas y de las instituciones y organizaciones de carácter científico, ha elaborado la **Guía interpretativa: Inventario Español de Hábitats y Especies Marinos** (IEHEM), cuyo fin es formar parte del Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (IEPBN). Tal y como se explica en dicha Guía, el punto de partida para elaborar la Lista Patrón de Hábitats Marinos de España han sido las clasificaciones de EUNIS (Davies *et al*., 2004) y la lista de referencia de los Tipos de Hábitats Marinos de la Región Mediterránea (UNEP(OCA)/ MED WG 149/5 Rev. 1, 2006), que han sido modificadas para adaptarlas al ámbito español y sus distintas regiones. El sistema de clasificación propuesto en la Guía interpretativa es el resultado de un extenso trabajo de recopilación por parte de un gran número de expertos, que han reunido toda la información disponible sobre la enorme biodiversidad de los mares españoles y la han estructurado jerárquicamente en distintos niveles, reflejando el grado de conocimiento o de información disponible. El IEHEM ha sido creado con la finalidad de garantizar el cumplimiento de la normativa nacional y europea de conservación de la naturaleza y de los convenios internacionales ratificados por España, en lo que se refiere a la protección y conservación de especies y hábitats marinos. Su objetivo final es facilitar la asignación de cada hábitat incluido en el IEHEM a su homólogo perteneciente a otros listados nacionales, comunitarios y de convenios internacionales, entre ellos el sistema de clasificación de hábitats marinos EUNIS.

Puesto que los hábitats mediterráneos del territorio español están ampliamente representados y descritos en el IEHEM, en este trabajo se utilizará la clasificación propuesta en la Lista patrón para designar los hábitats presentes en la zona de estudio. Además se indicará la correspondencia de estos hábitats con los designados por otros sistemas de clasificación.

5.2. Tipos de hábitats

En la Guía interpretativa: Inventario Español de Hábitats y Especies Marinos (Templado *et al*., 2012) se pone de manifiesto la ambigüedad de la definición de "hábitat" y su solapamiento con otros términos como "biotopo", "biocenosis" o "comunidad" a la hora de su interpretación. Por ello, lo primero que debe precisarse es la definición y diferenciación de los términos empleados en los sistemas de clasificación de la biodiversidad. En términos generales, se define **hábitat** como el "área terrestre o acuática diferenciada por sus características geográficas, abióticas y bióticas, ya sean enteramente naturales o seminaturales, en las cuales viven las especies en cualquier estado de su ciclo de vida" (definición de la Directiva Hábitats (D. 92/43/EEC)).

Como se comentó en el apartado Metodología, en las tres campañas de carácter geológico se adquirió la información necesaria para conocer la batimetría y la geomorfología del fondo del área de estudio, y a partir de ellas se realizó una cartografía preliminar de los tipos de fondo, en base a la cual se diseñó el muestreo de la campaña de caracer biológico. El diseño previo de los muestreos se realizó dividiendo la zona de estudio en nueve transectos perpendiculares a la línea de costa, repartidos de forma que cubrieran la totalidad del área a muestrear (Fig. 53). Asimismo se realizó una propuesta de estaciones a realizar con los diferentes métodos de muestreo (patín, IPSE, ROVs, trineo).

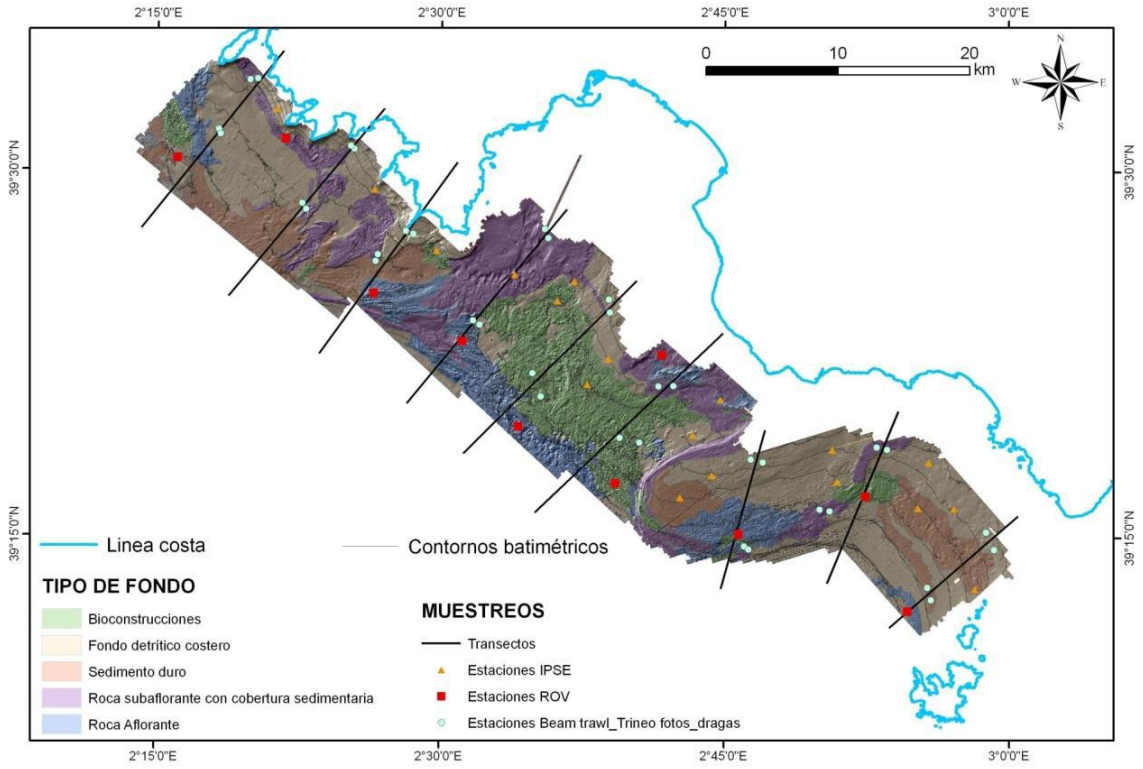


Fig. 51. Mapa de la zona de estudio mostrando los transectos y estaciones de muestreo previstos.

Durante la campaña Dragonsal0712 se realizaron un total de 41 patines epibentónicos, 55 dragas van Veen, 5 dragas de roca y 31 grabaciones de video, cuya distribución geográfica queda reflejada en la Fig. 52.

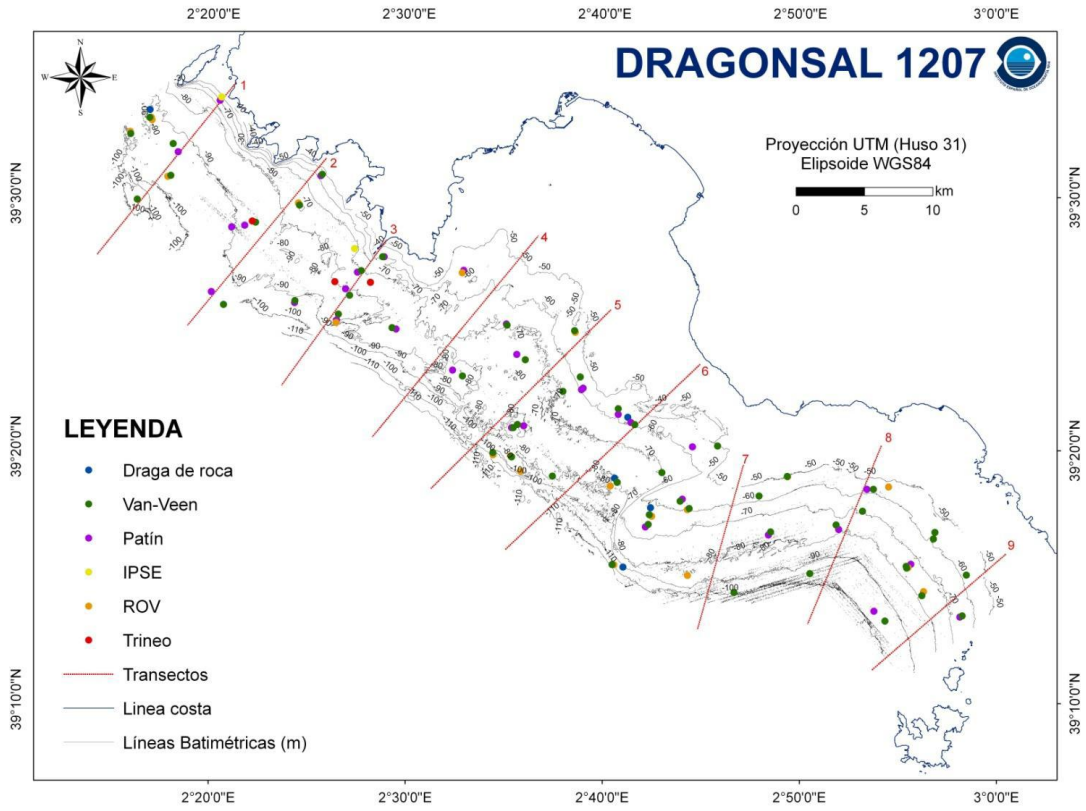


Fig. 52. Mapa donde se indican los puntos de muestreo realizados y el tipo de arte empleado.

En la Tabla 9 se muestran los tipos de hábitats presentes en la zona de estudio, de acuerdo a la clasificación adoptada por la Lista patrón. Debemos señalar que, en la mayoría de los casos, los niveles más detallados de la clasificación mostrados en la tabla (niveles 4 y 5) corresponden a los hábitats muestreados con el patín epibentónico, ya que sólo en éstos la fauna y algas pudieron ser minuciosamente clasificadas y cuantificadas.

Con el fin de ordenar las muestras en grupos, de forma que el grado de asociación/similitud entre miembros del mismo grupo sea más fuerte que el grado de asociación/similitud entre miembros de diferentes grupos, se realizó un análisis de similaridad, utilizando la medida de Bray-Curtis, mediante el software PRIMER 6.0 (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research). Para ello se creó una matriz con los pesos de todas las especies presentes en cada una de las muestras recogidas con el patín (g/ 500 m^2). Estos datos fueron estandarizados (% de especie respecto al total de patín) y seguidamente se eliminaron aquellas especies menos frecuentes. Field *et al*.

(1982) sugieren que se deben eliminar todas aquellas especies que no constituyen más de un p% de la abundancia total (biomasa/ cobertura) de las muestras, donde p es escogida por retener alrededor de 50 o 60 especies (típicamente p=3% para datos de bentos de sedimentos blandos). También se eliminaron aquellas especies cuya contribución en biomasa al patín fue menor del 5%. Con la matriz resultante se obtuvo un CLUSTER, al que se le aplicó un test SIMPROF para detectar las diferencias significativas. El resultado del análisis mostró que no existían diferencias significativas entre aquellas muestras en las que las algas coralináceas eran el componente mayoritario. Lo mismo ocurre con las muestras recogidas en fondos de *Peyssonnelia* spp. o las de coralígeno con dominancia de algas. Sin embargo, la distinción entre grupos no es tan precisa en aquellas muestras en las que no existía una dominancia clara de unas especies sobre otras (por ejemplo muestras con gran diversidad de algas blandas o de invertebrados).

La clasificación de hábitats adoptada en la Lista patrón se basa, en algunos casos, en la dominancia de especies concretas (tales como *Phyllophora crispa/Osmundaria volubilis*, *Halopteris filicina*, etc.), sin embargo en otros está determinada por la presencia de grupos de especies tales como “macroalgas foliosas” o “invertebrados”. Además, en la descripción de hábitats de los sistemas de clasificación mencionados no se especifica el porcentaje de biomasa y/o cobertura de las especies representativas de ese hábitat. Por ello, para la asignación de un determinado hábitat a cada una de las muestras del patín, decidimos emplear criterios basados en un detallado estudio del tipo de especies presentes, biomasa de cada una de ellas y número de individuos en las muestras, así como el tipo de sustrato (granulometría, presencia o no de cascajo...) y la profundidad en el punto de muestreo. También se tuvo en cuenta el hecho de que en ocasiones existe más de un tipo de fondo a lo largo del recorrido que efectúa el patín, que en promedio fue de 168 m de longitud.

La asignación del tipo de hábitat de los transectos realizados con trineo y ROV se hizo en base a las especies presentes y a su cobertura. Las técnicas de muestreo con el ROV proporcionan una visión general del tipo de fondo y permiten realizar una estima de la cobertura algal y faunística a lo largo de un transecto, además tienen la ventaja de que no dañan el sustrato ni alteran el ecosistema. A diferencia del patín epibentónico, las imágenes obtenidas con el ROV permiten conocer la distribución espacial de las especies

sobre el lecho marino, no obstante, si la calidad de las imágenes no es muy alta, es difícil alcanzar el nivel de detalle al que se llega mediante la recogida directa de muestras.

De acuerdo a la Lista patrón, el primer nivel de clasificación de los hábitats bentónicos está determinado por las diferencias de distribución causadas por la batimetría. Se distinguen una serie de "pisos" o espacios verticales en función de la profundidad, en los cuales las condiciones ecológicas se mantienen más o menos constantes. Los hábitats de la plataforma sur de Mallorca identificados en este estudio se incluyen dentro del **piso Circalitoral** (nivel **1**, código **03**), que es la franja que se extiende desde el límite inferior que alcanzan las fanerógamas marinas y algas fotófilas hasta la profundidad máxima compatible con la vida de las algas esciáfilas. Su límite inferior suele coincidir con el borde de la plataforma continental. La luz llega muy atenuada en intensidad, la temperatura se mantiene relativamente constante y las corrientes son independientes del oleaje en superficie. En las costas atlánticas el límite superior no suele sobrepasar los 15-20 m de profundidad, sin embargo en Baleares (cuyas aguas tienen un mayor grado de transparencia) puede llegar a los 40 m, y el límite inferior a los 100 m de profundidad.

Nivel	Código - Nombre
1	**03 Pisos Infralitoral y circalitoral**
2	**0302 Piso circalitoral rocoso y otros sustratos duros**
3	030201 Roca circalitoral dominada por algas
4	**03020103** Roca circalitoral no concrecionada dominada por algas sin fucales ni laminariales
4	**03020104** Coralígeno con dominancia de algas, sin fucales ni laminariales
3	030202 Roca circalitoral dominada por invertebrados
4	**03020225** Coralígeno con dominancia de invertebrados
2	**0304 Pisos Infralitoral y circalitoral sedimentarios**
3	030405 Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales
4	**03040501** Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales dominados por ofiuras
4	**03040505** Rodolitos y macroalgas foliosas en fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales
5	**0304050501** Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales con algas coralinales incrustantes y macroalgas verdes/pardas/rojas

4	**03040506** Fondos de maërl/rodolitos
5	**0304050601** Fondos de maërl con dominancia de *Phymatolithon calcareum/Lithothamnion corallioides*
5	**0304050603** Fondos de maërl con dominancia de *Spongites fruticulosa*
5	**0304050604** Fondos de maërl con dominancia de *Peyssonnelia* spp.
4	**03040507** Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales con *Phyllophora crispa/Osmundaria volubilis*
4	**3040510** Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales con *Halopteris filicina*
4	**03040511** Fondos de cascajo biógenos (conchas de moluscos) infralitorales y circalitorales
4	**03040513** Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados
5	**0304051304** Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados con dominancia de esponjas
5	**0304051308** Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales con dominancia de arenas y gravas con *Spatangus purpureus*
4	**03040514** Fondos detríticos infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados
5	**0304051403** Fondos detríticos infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados con *Alcyonium palmatum*
5	**0304051406** Fondos detríticos infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados con dominancia de moluscos (*Turritella turbona, Aporrhais pespelicani*)
4	**03040515** Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales
5	**0304051505** Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales con ascidias solitarias *(Ascidia, Phallusia, Polycarpa, Microcosmus, Molgula)*
5	**0304051510** Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales con *Alcyonium palmatum, Pennatula rubra* y *Spinimuricea* cf. *atlantica*

Tabla 9. Hábitats identificados en la zona de estudio según el sistema de clasificación adoptado en la Lista patrón del Inventario Español de Hábitats y Especies Marinos.

Como se puede ver en la tabla, los hábitats hallados en la zona de estudio se pueden encuadrar dentro de dos subcategorías: el **Piso circalitoral rocoso y otros sustratos duros (0302),** dentro del cual se hallan los fondos de roca y coralígeno que se detallan a continuación, y **Pisos Infralitoral y circalitoral sedimentarios (0304)**. El origen de los sedimentos puede ser terrígeno, si proceden de aportes terrestres, o detrítico si están originados por diversos materiales marinos biogénicos (como es el caso de los hábitats detectados en este trabajo). Sobre estos **Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales (030405)** se acumulan diversas cantidades de materiales detríticos,

principalmente calcáreos de origen orgánico, formándose así unos sedimentos mixtos que se extienden hasta profundidades de 100 m en adelante.

Los hábitats descritos en este trabajo corresponden al nivel 4 y 5 de la Lista patrón. En la zona de estudio se han identificado 21 hábitats (Tabla 9), de acuerdo al Inventario Español de Hábitats y Especies Marinos, y se ha indicado su correspondencia con los sistemas de clasificación EUNIS y de la Directiva Hábitats. Para cada hábitat se indica mediante gráficos la densidad de los principales grupos faunísticos (nº de ejemplares/ 500 m^2) así como la biomasa de algas y fauna (g/ 500 m^2). Debido a la dificultad que supone cuantificar el número de esponjas y de briozoos, en la gráfica de densidades no se aportan datos para estos grupos. Los grupos faunísticos Sipuncula, Echiura y Brachiopoda tienen escasa representatividad en las muestras y por ese motivo han sido agrupados bajo el término “otros”.

También se incluye un mapa con la localización geográfica de cada hábitat en la plataforma sur de Mallorca. En algunos casos se identificó más de un hábitat durante un mismo transecto, bien porque estaban solapados o porque estaba uno a continuación del otro. Por este motivo a algunos puntos del mapa se les ha asignado más de un tipo de fondo.

5.2.1. Piso circalitoral rocoso y otros sustratos duros

Roca circalitoral no concrecionada dominada por algas

HÁBITATS LISTA PATRÓN
03020103 Roca circalitoral no concrecionada dominada por algas, sin fucales ni laminariales

HÁBITATS EUNIS
A4.

ANEXO I - DIRECTIVA HÁBITATS
1170 Arrecifes

Generalmente los fondos rocosos circalitorales están ocupados mayoritariamente por especies animales debido a la escasez de la luz, sin embargo en algunas zonas en las que la irradiación es próxima al 5% de la luz superficial, pueden dominar algunas especies algales.

Este tipo de hábitat fue hallado mediante el ROV en las proximidades de un fondo dominado por maërl y algas de talo blando. Sobre la superficie de la roca se observaron una gran variedad de algas blandas y Corallinales, siendo estas últimas muy abundantes en algunas zonas y formando acumulaciones similares a las observadas en el coralígeno. Esta zona rocosa estaba ocupada por una importante comunidad de peces, destacando la presencia de especies como *Epinephelus marginatus* (mero), *Diplodus vulgaris* (mojarra), *Coris julis* (doncella), *Anthias antias* (tres colas), entre otras (Fig. 53).

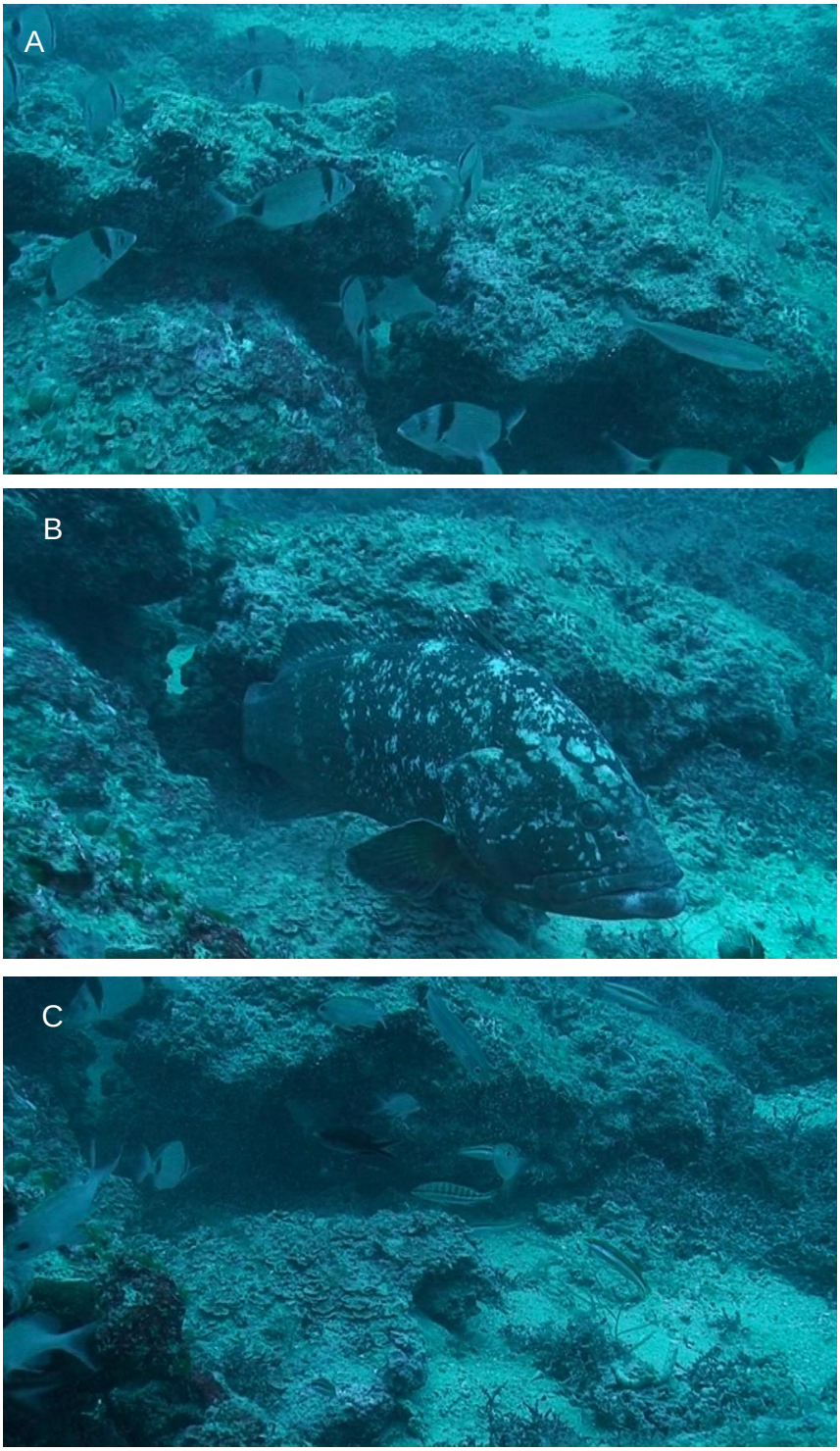


Fig. 53. (A) Grupo de *Diplodus vulgaris* junto a otros peces sobre roca circalitoral. (B) Ejemplar de *Epinephelus marginatus.* (C) *Anthias anthias* y *Chromis chomis,* entre otras especies.

Coralígeno

HÁBITATS LISTA PATRÓN

- 03020104 Coralígeno con dominancia de algas, sin fucales ni laminariales
- 03020225 Coralígeno con dominancia de invertebrados

HÁBITATS EUNIS

A4.26 Mediterranean coralligenous communities moderately exposed to hydrodynamic action

ANEXO I - DIRECTIVA HÁBITATS

1170 Arrecifes

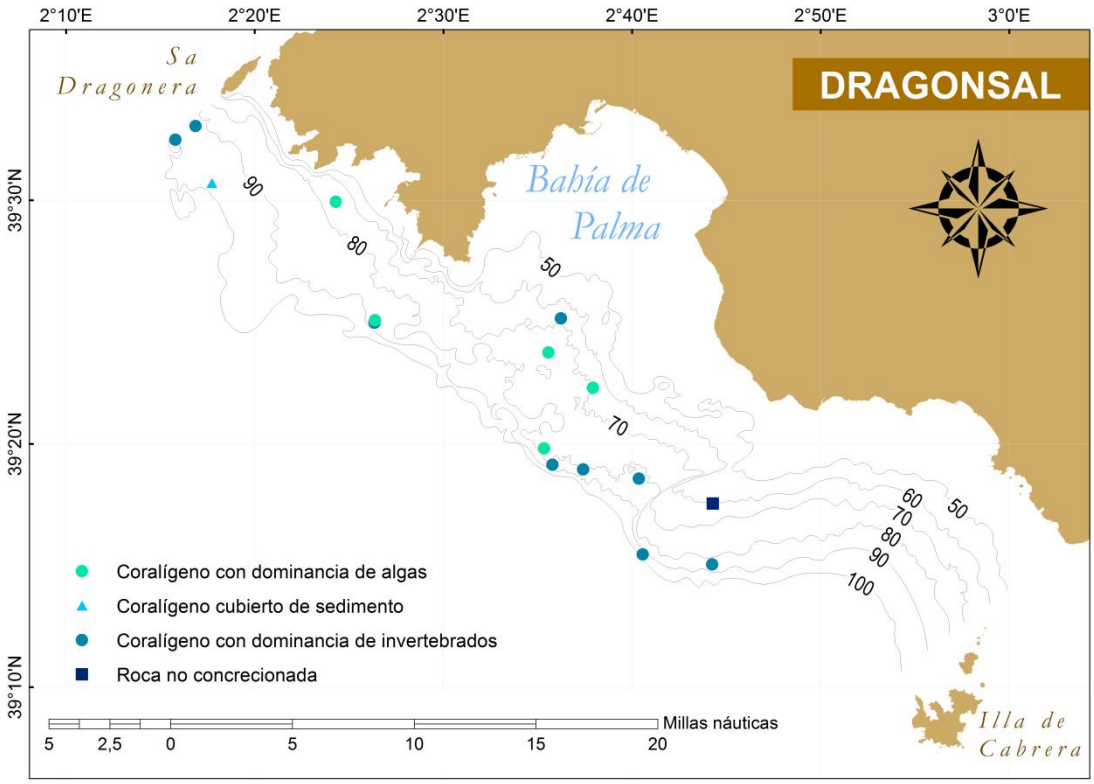


Fig. 54. Mapa de la plataforma sur de Mallorca mostrando los puntos de muestreo donde fueron detectados fondos con coralígeno o rocas.

Dentro de estas **Comunidades algales circalitorales (030201)** podemos encontrar los **Fondos de coralígeno (0302022)**, constituidos por un sustrato duro de origen biogénico producido por la acumulación de algas rojas calcáreas incrustantes. El coralígeno es característico de los fondos con condiciones de iluminación atenuada y temperatura relativamente uniforme y baja a lo largo de todo el año. Estas formaciones constituyen las bioconstrucciones más complejas e importantes del Mediterráneo, que pueden medir hasta varios metros de espesor y cubrir grandes superficies del fondo. El principal componente del coralígeno, como se ha comentado, son las algas de la familia coralináceas (*Mesophyllum alternans*, *Lythophyllum frondosum*, *L. cabiochae* y *Neogoniolithon mamillosum*) y de la familia peisoneliáceas (*Peyssonnelia* spp.). Los fondos coralígenos constituyen uno de los hábitats marinos con mayor diversidad en nuestras costas, albergando más de 300 especies de algas y cerca de 1.300 de animales (Templado *et al*., 2012). El crecimiento heterogéneo de las distintas algas genera pequeños canales, huecos e irregularidades, que dan a la concreción su forma característica, creando una serie de microhábitats que permiten la instalación de diversos organismos, aumentando la complejidad y diversidad de la comunidad.
Paralelamente al proceso de construcción, tiene lugar una progresiva destrucción de este entramado calcáreo, por causas abióticas como la erosión por el hidrodinamismo, el enterramiento ocasionado por la sedimentación (más común en el coralígeno de plataforma) y por causas bióticas, debidas a la presencia de organismos perforadores, raspadores e incrustantes, como esponjas (del género *Cliona* y afines), bivalvos (de las familias Petricolidae, Hiatellidae o Pholadidae), erizos (*Echinus melo*, *Sphaerechinus granularis*), o sipuncúlidos (*Aspidosiphon muelleri*, *Phascolosoma granulatum*). La acción destructora de estas especies sobre la comunidad coralígena es la que genera los denominados fondos detríticos costeros, formados, precisamente, por todo tipo de restos calcáreos fragmentados, mezclados con una proporción variable de sedimentos.

Además de las causas naturales como método de degradación del coralígeno, cabe destacar el enorme impacto que tiene la pesca de arrastre sobre estas formaciones. La pesca de arrastre es probablemente el método de pesca más destructivo provocando la degradación de grandes áreas de concreciones de coralígeno (Boudouresque *et al*., 1990). El arrastre no sólo causa daño físico directo debido a la ruptura de los bloques de coralígeno, sino que también afecta negativamente a la producción fotosintética de las algas incrustantes y erguidas debido al aumento de la turbidez y de las tasas de

sedimentación cuando se produce el arrastre en los fondos sedimentarios adyacentes (Palanques *et al*., 2001).

A lo largo del área muestreada se hallaron dos tipos de formaciones de coralígeno. Una de ellas, **Coralígeno con dominancia de algas, sin fucales ni laminariales (03020104)**, se halló sobre cinco puntos de la plataforma (Fig. 54). Las muestras recogidas con el patín epibentónico revelaron la presencia de abundantes concreciones de coralígeno redondeadas, de unos 10 cm de diámetro, probablemente procedentes de una formación de coralígeno más grande en proceso de degradación (Fig. 55).

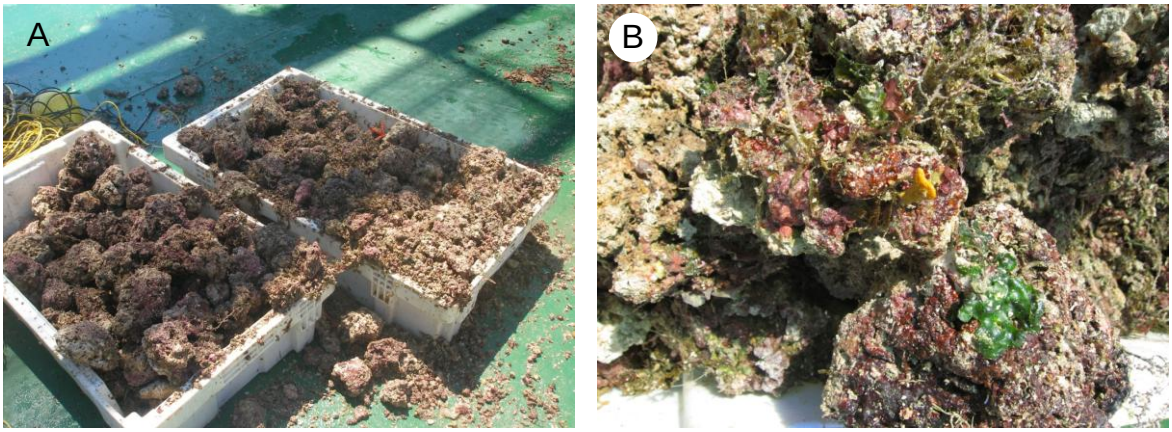


Fig. 55. (A) Muestras con pequeñas concreciones de coralígeno recogidas con el patín epibentónico. (B) Detalle de una de las concreciones mostrando parte de las algas y fauna sésil asentadas sobre ella.

Junto a las concreciones de coralígeno se encontraron algas corallinales incrustantes sobre otros sustratos (piedras, conchas...) y *Spongites fruticulosus*, entre otras. El resto de algas fueron escasas (Fig. 56). Entre los invertebrados que acompañaban a las rocas, la mayor cantidad en términos de biomasa, correspondió a esponjas y equinodermos. La presencia de varios ejemplares del erizo *Spatangus purpureus* en la muestra indica que probablemente en el entorno de las concreciones de coralígeno había una zona de fondo detrítico sin cobertura vegetal. En términos de densidad, el mayor número de individuos correspondió al grupo de las ascidias (Fig. 57 A), con especies como *Eudistoma*

tridentatum, Microcosmus vulgaris o *Pseudodistoma cyrnusense,* seguido de crustáceos (*Galathea nexa, Alpheus macrocheles*, etc.).

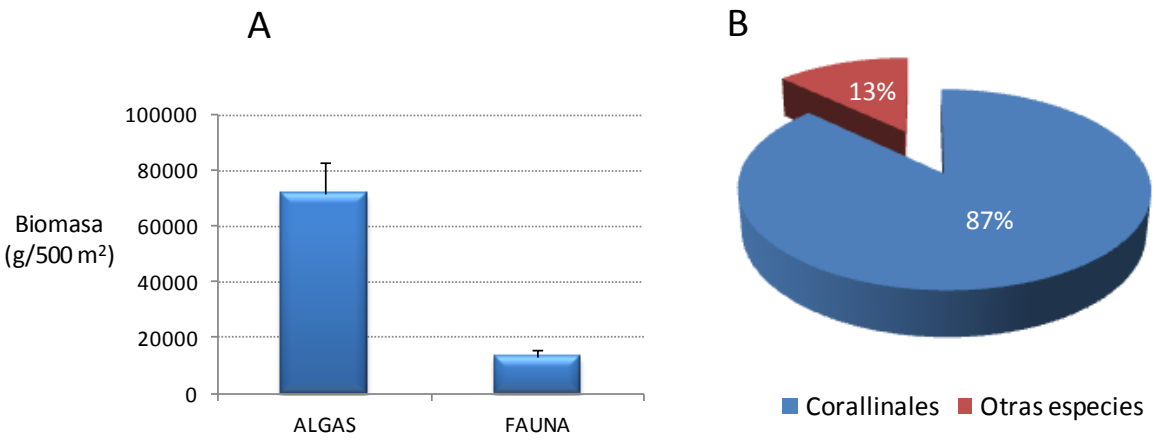


Fig. 56. (A) Promedio de la biomasa de algas y fauna en las muestras del patín epibentónico. (B) Promedio de la biomasa de algas blandas frente a corallinales en las muestras.

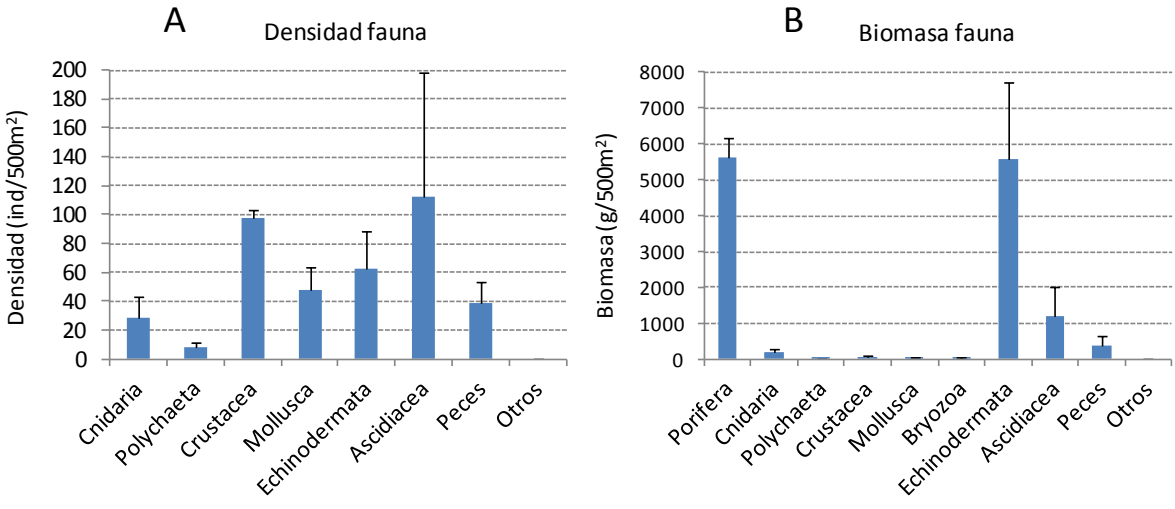


Fig. 57. Promedio de la densidad (A) y biomasa (B) de los distintos grupos faunísticos presentes en las muestras.

Durante las prospecciones con el ROV en otros puntos de muestreo, se observaron áreas ocupadas por concreciones de coralígeno muy similares a las recogidas con el patín epibentónico. Estas concreciones se encontraron cerca de una formación de coralígeno de varios metros, por lo general estando dispersas sobre el fondo (Fig. 58 A), aunque también se observaron acumulaciones formando montículos que sirven de cobijo a los animales (Figs. 58 B-D).

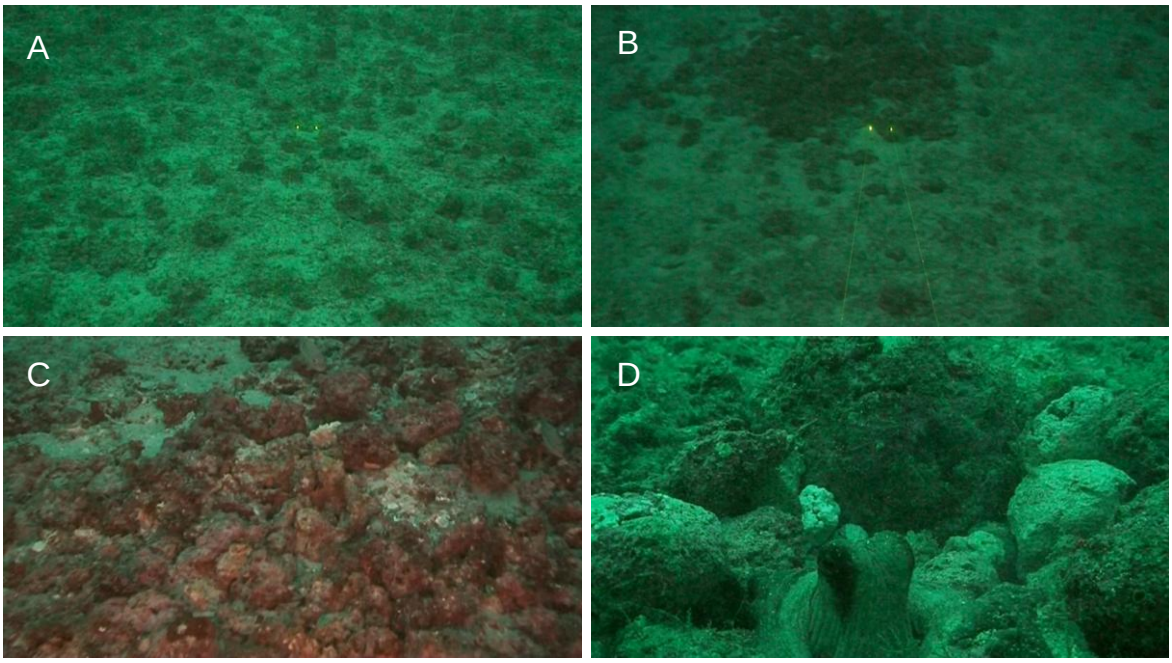


Fig. 58. Imágenes grabadas por el ROV mostrando un fondo detrítico con concreciones de coralígeno. (A) Concreciones de unos 10 cm de diámetro dispersas sobre el fondo. (B, C) Cúmulos de concreciones de coralígeno. (D) Pulpo oculto entre las concreciones de coralígeno.

A lo largo del área de estudio se hallaron un total de 15 zonas con formaciones de coralígeno, cuya altura y extensión variaron entre uno y varios metros (Figs. 59 A-D). La calidad de las imágenes grabadas con el ROV no permite la identificación y cuantificación de todas las especies asociadas, sin embargo sí se pueden reconocer grandes grupos faunísticos y de algas que diferencian los tipos de hábitats. En la mayoría de las formaciones de coralígeno predominaba la fauna sésil, sobre todo esponjas, briozoos, cnidarios (Figs. 59 F-J) y ascidias, aunque en otros casos se observó una gran abundancia de algas (Fig. 59 E).

También se observaron diversas especies de equinodermos tales como holoturias, ofiuras y erizos (Fig. 60 A, B). Dentro de este último grupo cabe destacar la presencia de la especie *Centrostephanus longispinus,* que actualmente se halla incluida en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas. Dichos hábitats se encuadran dentro de la categoría **Coralígeno con dominancia de invertebrados (03020225)** definida en la Lista patrón. En este tipo de hábitats se ha observado una gran abundancia de peces, con especies como *Anthias antias* o *Labrus mixtus* entre otros (Figs. 60 C, D).

Además de las concreciones mencionadas, se halló una formación extensa de coralígeno cubierta de sedimento, ocupada por una serie de áreas redondeadas, desprovistas de sedimento, repartidas uniformemente por el fondo (Figs. 60 E, F). Estos círculos confieren al fondo un paisaje similar al de los campos de nidos de chuclas (*Spicara* sp.), por lo que podría tratarse de nidos de *Spicara* sp. algo deteriorados, o de cualquier otra especie de las familias Centracanthidae o Sparidae que viva en grandes bancos.

Actualmente los nidos de *Spicara* sp. están considerados como hábitats esenciales para la reproducción de estas especies de interés comercial y listados por la Ley de Parques Nacionales para su protección.

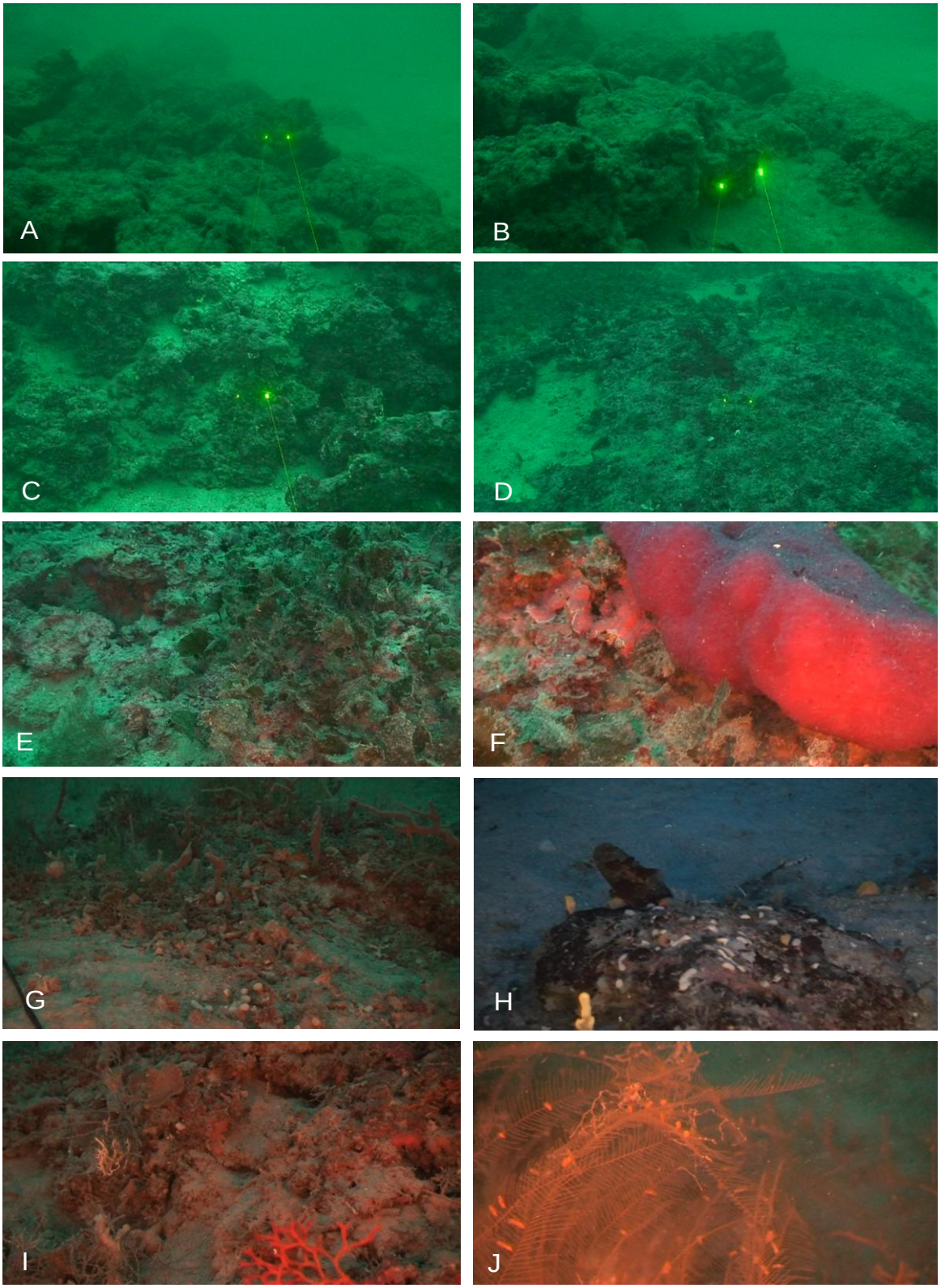


Fig. 59. (A-D) Formaciones de coralígeno halladas en distintos puntos de la zona de estudio. (E) Coralígeno cubierto de algas con abundancia de la especie *Flabellia petiolata*. (F, G, H) Distintas especies de Porifera. (I) Ejemplares de Briozoo sobre el coralígeno. (J) Hidrozoo.

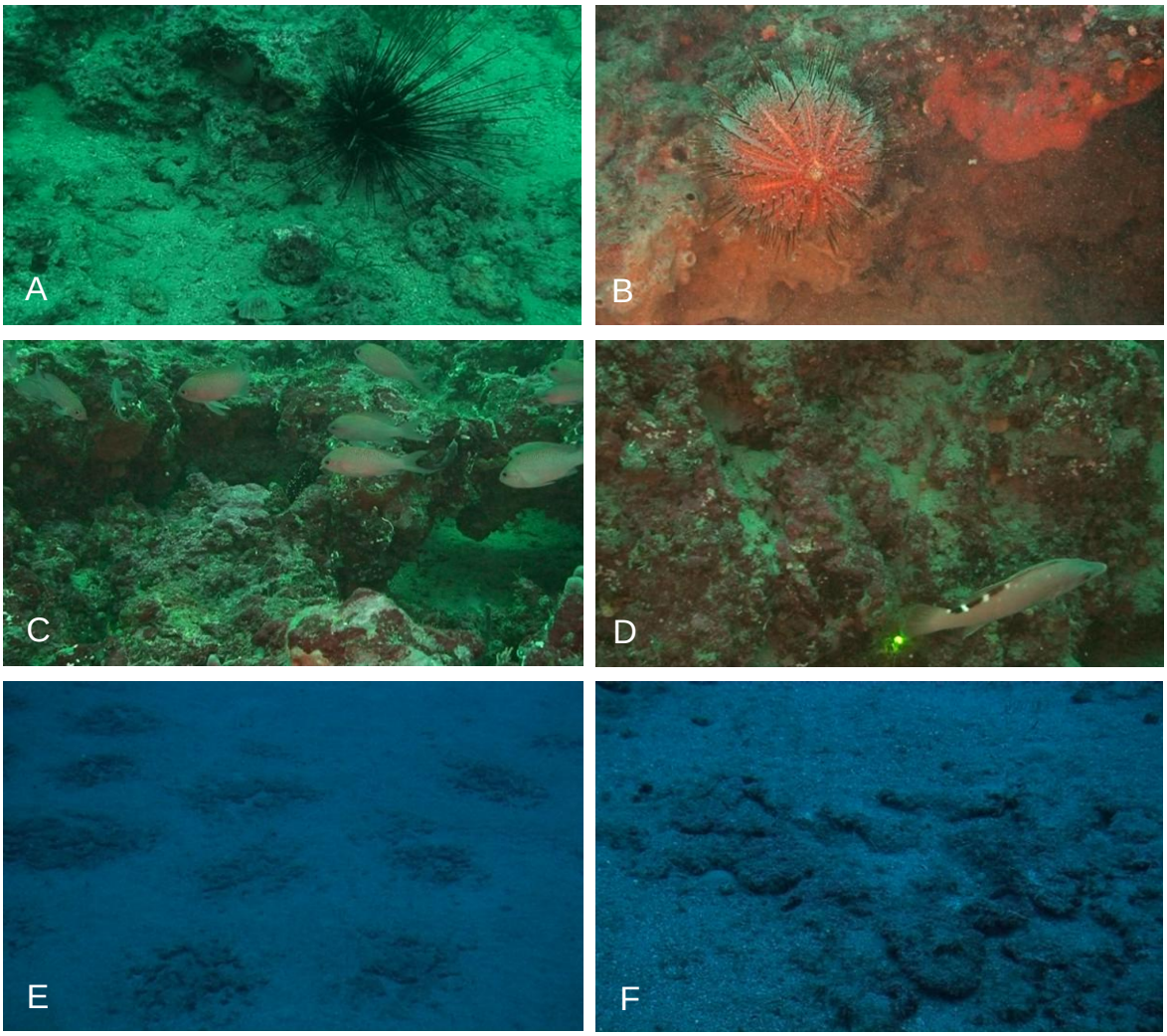


Fig. 60. (A) Equinodermo *Centrostephanus longispinus* junto a una ascidia solitaria dentro de una concavidad. (B) Erizo *Echinus melo*. (C) Grupo de peces de la especie *Anthias anthias*. (D) *Labrus mixtus*. (E, F) Fondo de coralígeno cubierto de sedimento.

5.2.2. Piso circalitoral sedimentario

Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales dominados por ofiuras

HÁBITATS LISTA PATRÓN
03040501 Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales dominados por ofiuras

HÁBITATS EUNIS
A5.461 Facies with *Ofiura texturata*

ANEXO I - DIRECTIVA HÁBITATS
1110 Sandbanks

Este tipo de hábitat fue hallado a 88 m de profundidad, frente a las costas de Andratx, municipio situado al oeste de la plataforma sur de Mallorca (Fig. 61).

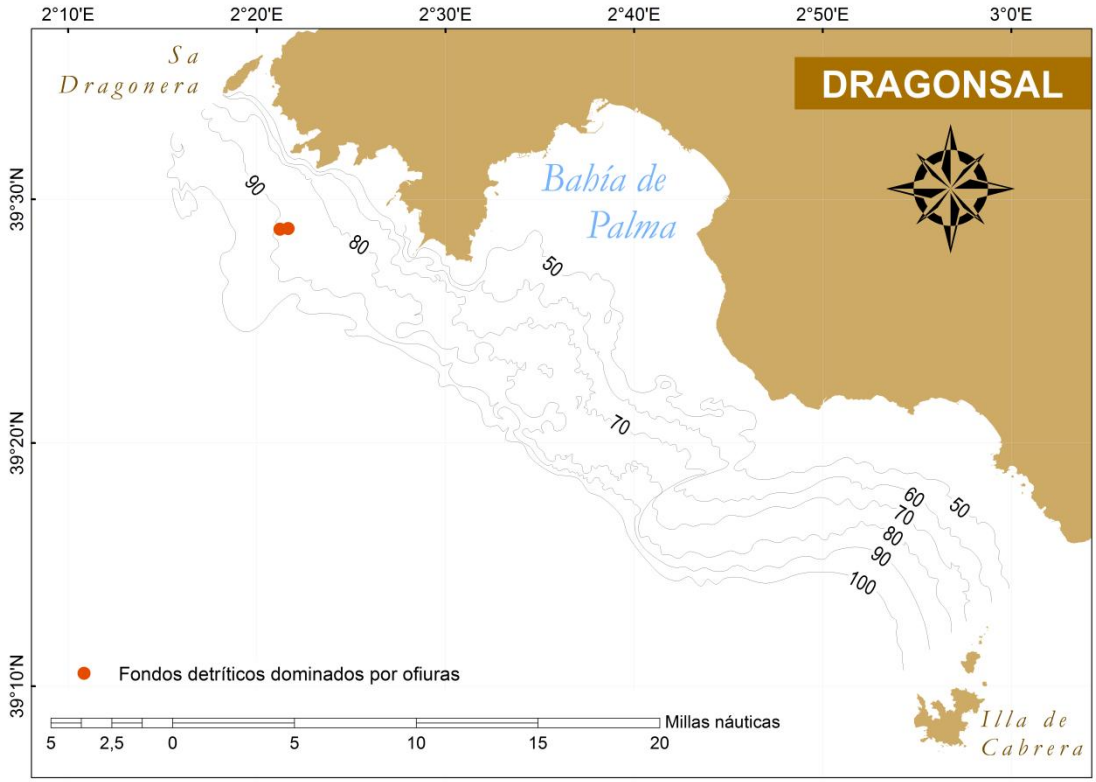


Fig. 61. Mapa de la plataforma sur de Mallorca mostrando los puntos de muestreo donde fueron detectados fondos detríticos dominados por ofiuras.

En estos fondos apenas se encontraron algas y la fauna de invertebrados fue muy escasa, siendo la cantidad de cascajo prácticamente nula. La biomasa correspondiente a invertebrados fue levemente superior a 2 kg por cada 500 m^2, mientras que la de algas apenas superó los 200 g por cada 500 m^2 (Fig. 62 A), siendo la mayor parte de ellas algas de talo blando, principalmente rodofíceas (Figs. 62 B, C). Sólo un 9% de la biomasa correspondió a algas rojas coralinas.

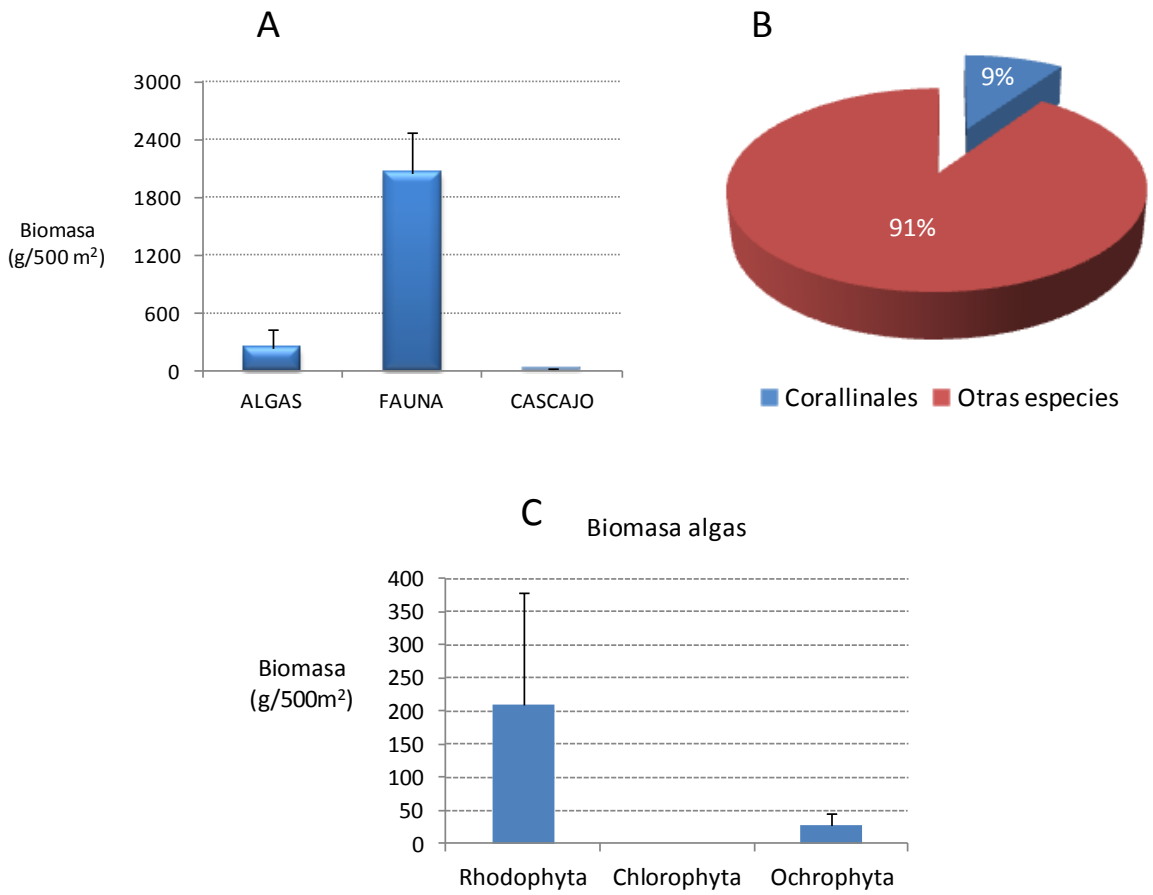


Fig. 62. (A) Promedio de la biomasa de algas, fauna y cascajo en las muestras del patín epibentónico. (B) Porcentaje de algas blandas y corallinales en las muestras. (C) Biomasa de los distintos grupos de algas.

Las muestras recogidas por el patín epibentónico revelaron que la mayor densidad de ejemplares (Fig. 63 A), con un valor medio de 45 individuos por cada 500 m^2, corresponde a la especie *Ophiura texturata* (Fig. 64 A). También se encontró una gran cantidad de crustáceos (numerosos decápodos como *Eurynome aspera* o el ermitaño *Dardanus arrosor*) y de ascidias como la Colònial *Polyclinella azemai* o la ascidia solitaria *Ascidiella scabra*.

En términos de biomasa, el valor más elevado correspondió al grupo de los equinodermos (Fig. 63 B), debido a la presencia de especies como la estrella *Echinaster sepositus* o la holoturia *Stichopus regalis* (Fig. 64 B).

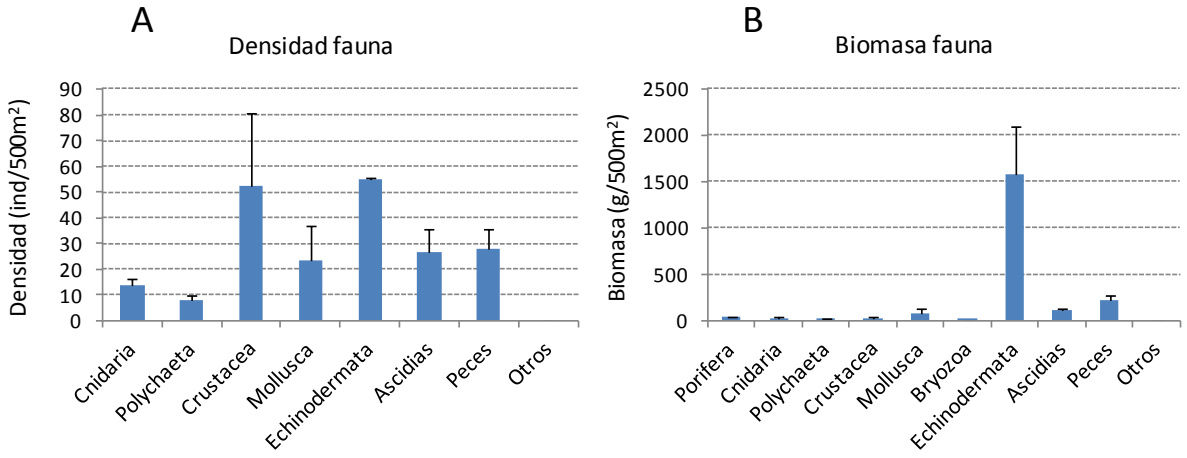


Fig. 63. Densidad (A) y biomasa (B) de los principales grupos faunísticos encontrados en las muestras recogidas con el patín epibentónico.

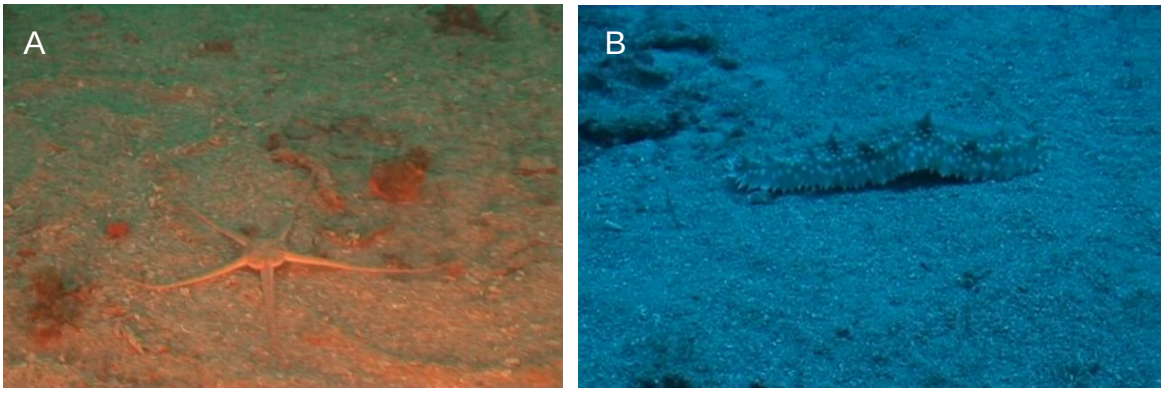


Fig. 64. (A) *Ophiura texturata* sobre fondo detrítico biógeno. (B) *Stichopus regalis*.

Rodolitos y macroalgas foliosas en fondos detríticos biógenos circalitorales

HÁBITATS LISTA PATRÓN

03040505 Rodolitos y macroalgas foliosas en fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales.

0304050501 Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales con algas coralinales incrustantes y macroalgas verdes/pardas/rojas

HÁBITATS EUNIS

No definido

ANEXO I - DIRECTIVA HÁBITATS

1110 Sandbanks

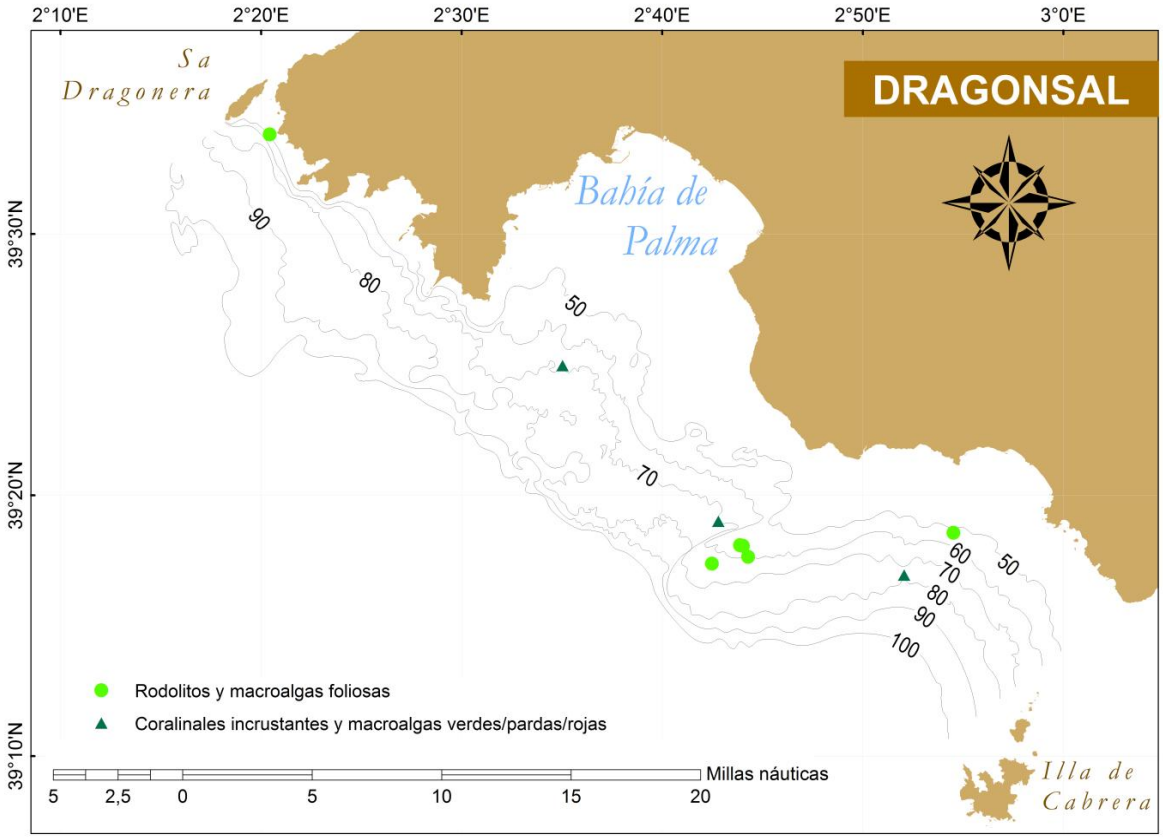


Fig. 65. Mapa de la plataforma sur de Mallorca mostrando los puntos de muestreo donde fueron detectados fondos de rodolitos y macroalgas foliosas, así como los puntos de algas coralinales incrustantes y macroalgas verdes/pardas/rojas.

Los fondos de rodolitos y macroalgas foliosas son hábitats en los que predomina la fracción algal frente a la de invertebrados (Fig. 68 A). Las muestras recogidas con el patín epibentónico en cinco de los puntos de muestreo en los que fue identificado este tipo de hábitat (Fig. 65), indican que el 50% de la biomasa media corresponde a algas corallinales y el otro 50% a otras especies de algas (Fig. 66 B). La composición específica es variada y, en cuanto a algas blandas, no existe un predominio claro de unas especies sobre otras (Figs. 68 A-E).

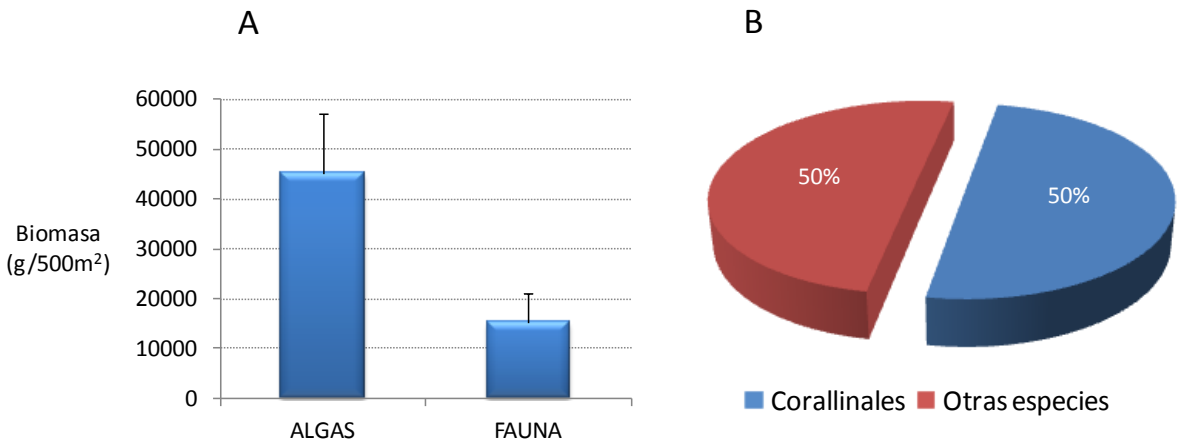


Fig. 66. (A) Promedio de la biomasa de algas, fauna en las muestras del patín epibentónico. (B) Porcentaje de corallinales y otras especies de algas en las muestras.

Por otra parte, en tres de los puntos muestreados con el patín (Fig. 65), se observó un claro predominio de algas corallinales incrustantes frente a los otros tipos de corallinales (Fig. 68 F-H). Estos hábitats se han denominado, utilizando la terminología empleada en la Lista patrón, como **Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales con algas corallinales incrustantes y macroalgas verdes/pardas/rojas.** La cantidad de corallinales incrustantes representa un 51-77% de la biomasa total de algas en dichos puntos, donde aparecen junto a especies como *Halopteris filicina*, *Phyllophora crispa* o *Spongites fruticulosa*.

En cuanto a la fauna, las muestras obtenidas con el patín epibentónico revelaron que en los fondos de rodolitos y macroalgas foliosas existe un elevado número de ascidias (Fig.

67 A) representadas por especies como *Aplidium nordmanni, Aplidium elegans, Cystodytes dellechiajei* o *Polyclinella azemai*, aunque en términos de biomasa el grupo más abundante es el de las esponjas (Fig. 67 B). También se ha encontrado una gran densidad de crustáceos, predominando decápodos como *Inachus dorsettensis,* o el cangrejo ermitaño *Pagurus prideauxi* asociado a la anémona *Adamsia carciniopados*, así como la especie *Ophiura texturata*.

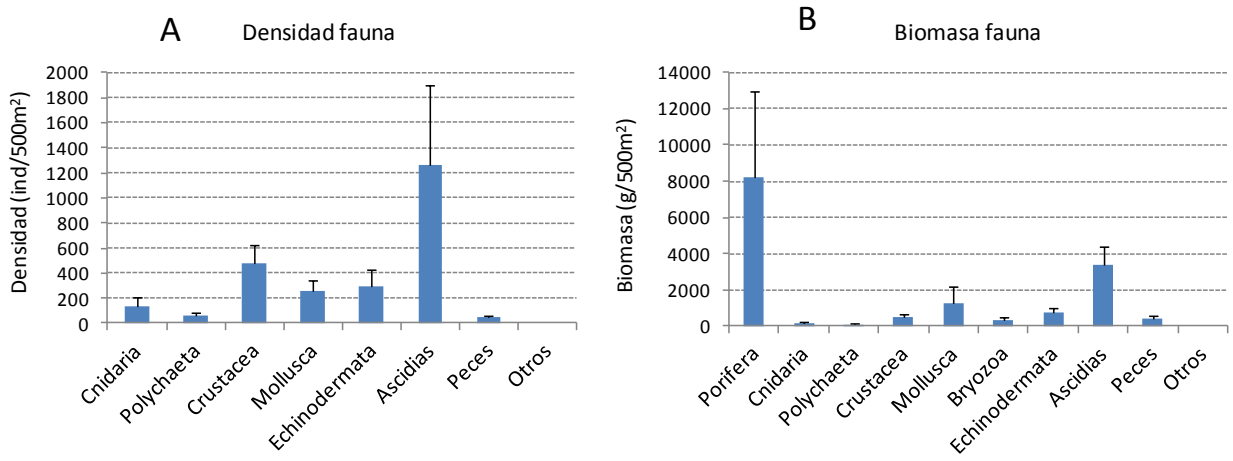


Fig. 67. (A) Promedio del número de individuos de los principales grupos faunísticos en las muestras recogidas con el patín epibentónico. (B) Promedio de la biomasa de los distintos grupos faunísticos en las muestras.

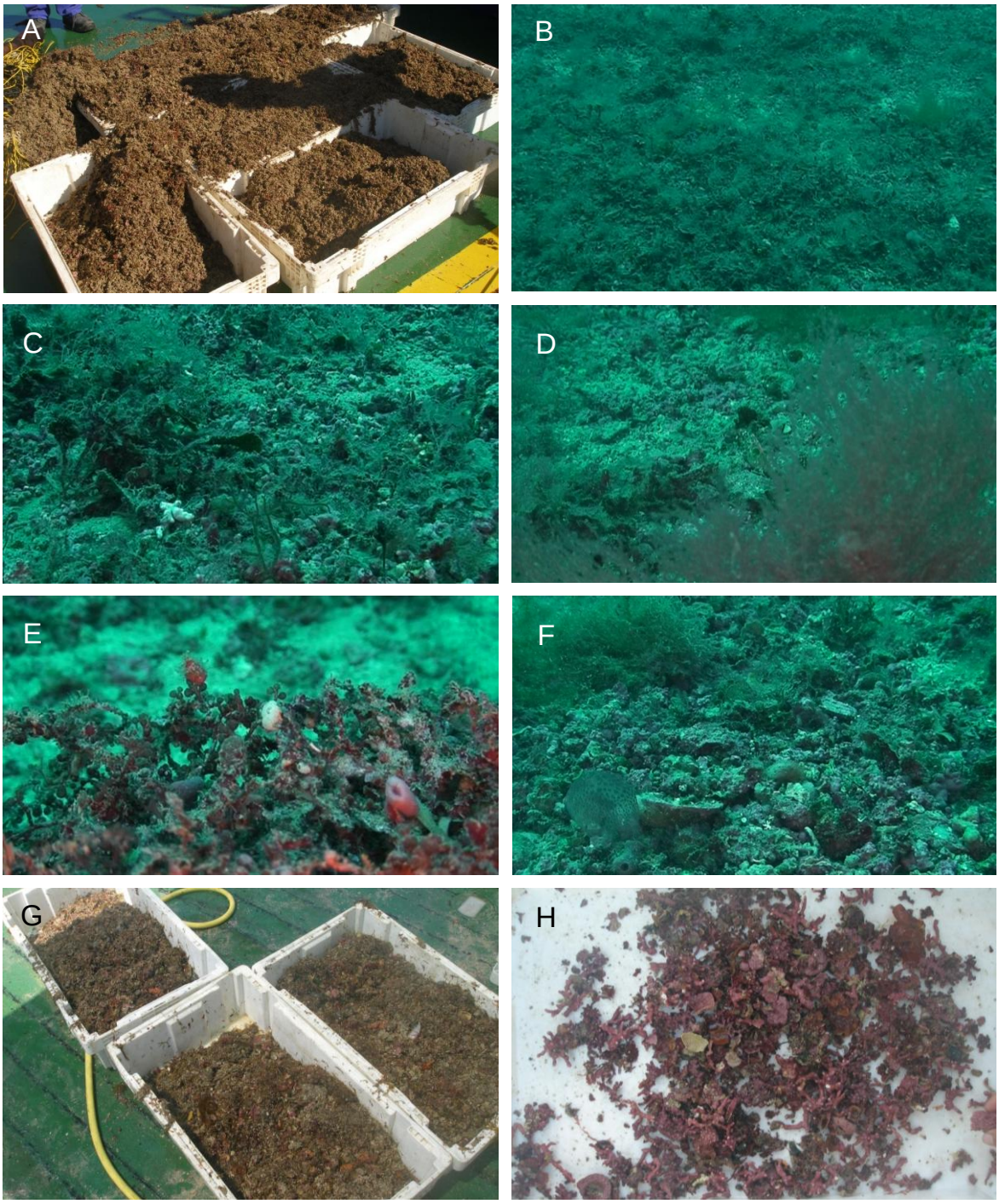


Fig. 68. Imágenes de un fondo detrítico de rodolitos y macroalgas foliosas. (A) Muestra de este tipo de hábitat recogida por el patín epibentónico. (B) Imagen tomada con el ROV de un fondo de rodolitos y macroalgas. (C) Imagen del mismo fondo mostrando con mayor detalle las algas blandas y corallinales que lo componen, *Flabellia petiolata*, *Asperococcus bullosus* y rodolitos. (D) *Acrosymphyton purpuriferum.* (E) *Phyllophora crispa* y *Botryocladia madagascariensis*. (F) *Spongites fruticulosa* junto a otros rodolitos presentes en este tipo de fondo, y la medusa *Pelagia noctiluca* en la parte inferior izquierda de la imagen. (G) Muestra recogida con el patín epibentónico de un fondo con algas coralinales incrustantes y macroalgas verdes/pardas/rojas. (B) Algas corallinales encontradas en la muestra anterior.

Fondos de maërl/ rodolitos

HÁBITATS LISTA PATRÓN

- 0304050601 Fondos de maërl con dominancia de *Phymatolithon calcareum/Lithothamnion corallioides*
- 0304050603 Fondos de maërl con dominancia de *Spongites fruticulosa*
- 0304050604 Fondos de maërl con dominancia de *Peyssonnelia* spp.

HÁBITATS EUNIS

A5.51 Maerl beds

A5.52H Association with *Peyssonnelia rosa-marina*

ANEXO I - DIRECTIVA HÁBITATS

1110 Sandbanks

Tal y como se explica en el *Inventario Español de Hábitats Marinos*, los **Fondos de maërl/rodolitos (03040506)** son aquellos en los que existe una gran acumulación de algas coralinas libres (no fijadas al sustrato), de forma y tamaño variable, que dan lugar a lo que se conoce a nivel internacional como “maërl”. Las algas individuales que constituyen estos fondos se denominan “rodolitos”, y su tamaño oscila normalmente entre 1 y 6-7 cm. Su forma puede variar desde muy ramificada a más o menos esférica, dependiendo de las condiciones hidrodinámicas. Su distribución batimétrica depende directamente de la transparencia del agua, encontrándose en el Mediterráneo a profundidades comprendidas entre 30 y 150 m. Las algas calcáreas que forman estos hábitats (de las familias Corallinaceae y Peyssonneliaceae) añaden complejidad a los fondos sedimentarios sobre los que se acumulan. Tienen características intermedias entre los sustratos sueltos y duros, y además sobre los rodolitos pueden instalarse algas de talo blando y muchos animales sésiles, contribuyendo todo ello a crear un ambiente de enorme diversidad (hasta más de 1.000 especies citadas en los fondos de rodolitos de las costas españolas).

Las principales especies formadoras de maërl en los mares europeos son *Phymatolithon calcareum* y *Lithothamnion corallioides,* aunque puede estar también constituido por otras coralináceas y por algunas especies del género *Peyssonnelia*, principalmente *Peyssonnelia rosa-marina*. Además el maërl está incluido en el Anexo I de la Directiva Hábitats (Tipos de hábitats naturales de interés comunitario cuya conservación requiere la designación de zonas de especial conservación), y las especies, *L.corallioides* y *P.calcareum,* están incluidas en el Anexo V de dicha Directiva, en el que se recopila una

lista de especies animales y vegetales de interés comunitario cuya recogida en la naturaleza y cuya explotación puede ser objeto de medidas de gestión.

De acuerdo a la Lista patrón, los fondos de maërl/rodolitos se pueden clasificar en cuatro subcategorías dependiendo de la especie dominante. En la zona de estudio se han encontrado tres de ellas (Fig. 69):

I. Fondos de maërl con dominancia de *Phymatolithon calcareum/Lithothamnion corallioides*
II. Fondos de maërl con dominancia de *Spongites fruticulosa*
III. Fondos de maërl con dominancia de *Peyssonnelia* spp.

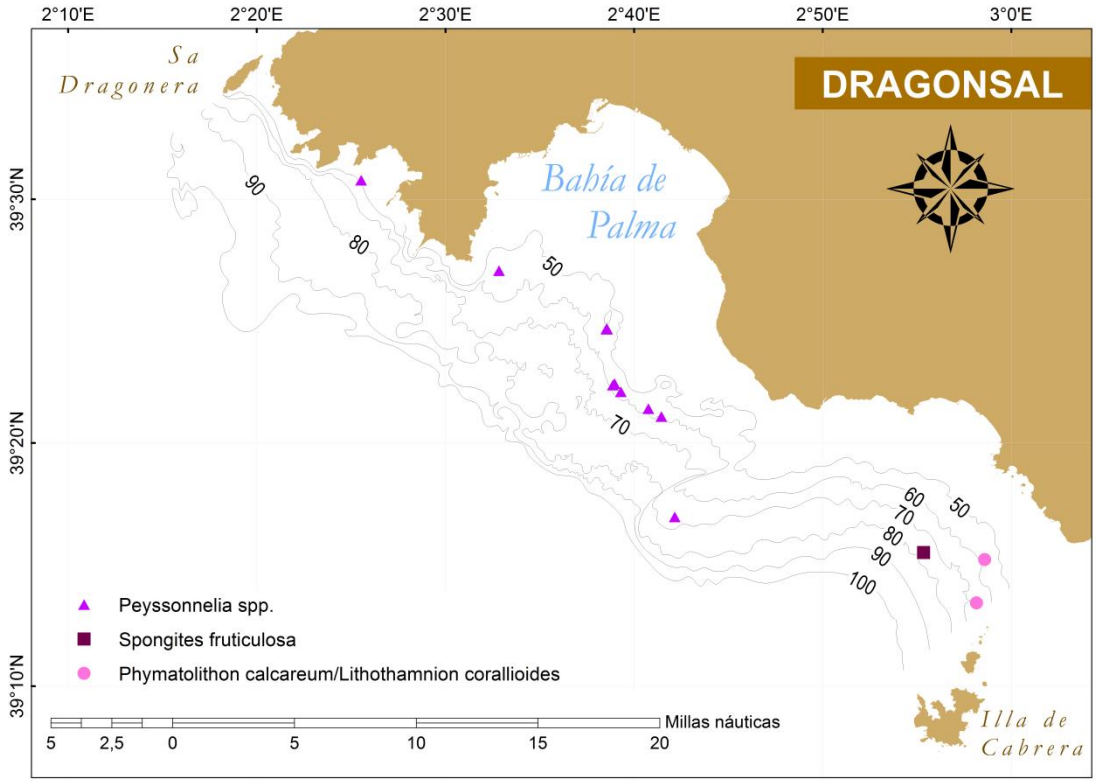


Fig. 69. Mapa de la plataforma sur de Mallorca mostrando los puntos de muestreo donde fueron identificados fondos de maërl.

I. Fondos de maërl con dominancia de *Phymatolithon calcareum/Lithothamnion corallioides*

Estas son las principales especies formadoras de maërl en los mares europeos. La primera domina en los fondos mejor estructurados y la segunda en los más enfangados y alterados (Templado *et al*., 2012).

Este tipo de hábitat fue hallado en dos puntos de muestreo, ambos situados en el extremo este de la plataforma sur, uno a 65 y otro a 54 m de profundidad, cerca de la Isla de Cabrera (Fig. 69). En los dos puntos de muestreo se ha visto que la mayor parte de la biomasa corresponde a algas, con una media de 66 kg de algas por cada 500 m^2, principalmente algas rojas coralinas (Figs. 70, 71, 73). La especie más abundante en los dos puntos correspondió a *Lithothamnion corallioides,* con un porcentaje de 39 y un 58 % del peso total de algas respectivamente, seguida de la especie *Phymatolithon calcareum* (Figs. 73 A y B). Estas Corallinales estaban acompañadas de diversas especies de algas blandas, destacando la presencia en una de las muestras de *Arthrocladia villosa* con el 19% del peso total de algas (Fig. 73 C) y *Osmundaria volubilis*.

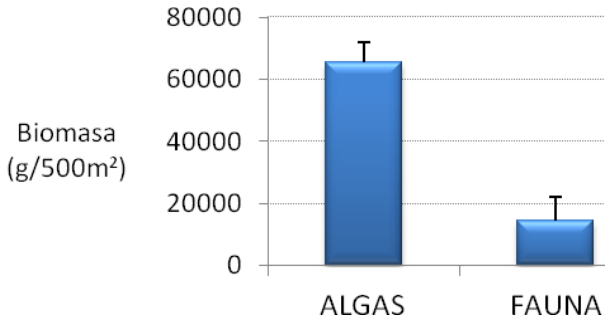


Fig. 70. Promedio de la biomasa de algas, fauna en las muestras del patín epibentónico.

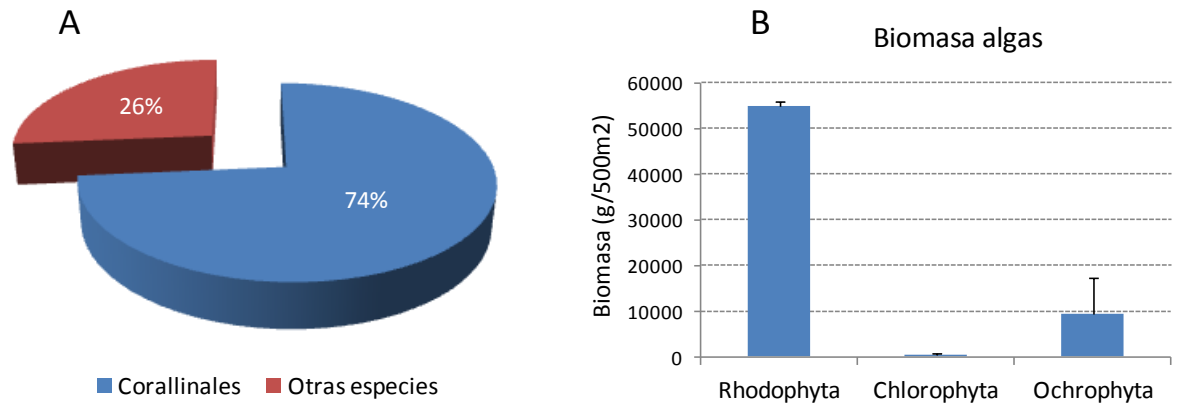


Fig. 71. (A) Porcentaje de algas blandas y corallinales en las muestras. (B) Biomasa de los distintos grupos de algas.

En este tipo de fondos la mayor densidad de individuos correspondió al grupo de los crustáceos (*Inachus dorsettensis, Inachus thoracicus, Pagurus prideauxi, Pagurus forbesi, Anapagurus laevis, Galathea intermedia*) y moluscos (sobre todo poliplacóforos y bivalvos como *Aequipecten opercularis, Palliolumm* sp. y *Clausinella fasciata*) (Fig. 72 A). Entre los equinodermos abunda la especie *Ophiura texturata* y los erizos *Sphaerechinus granularis* y *Spatangus purpureus.* Este grupo es el que presentó mayor biomasa (Fig. 72 B) Dentro del grupo de las ascidias destaca la familia Didemnidae y la especie *Molgula appendiculata*.

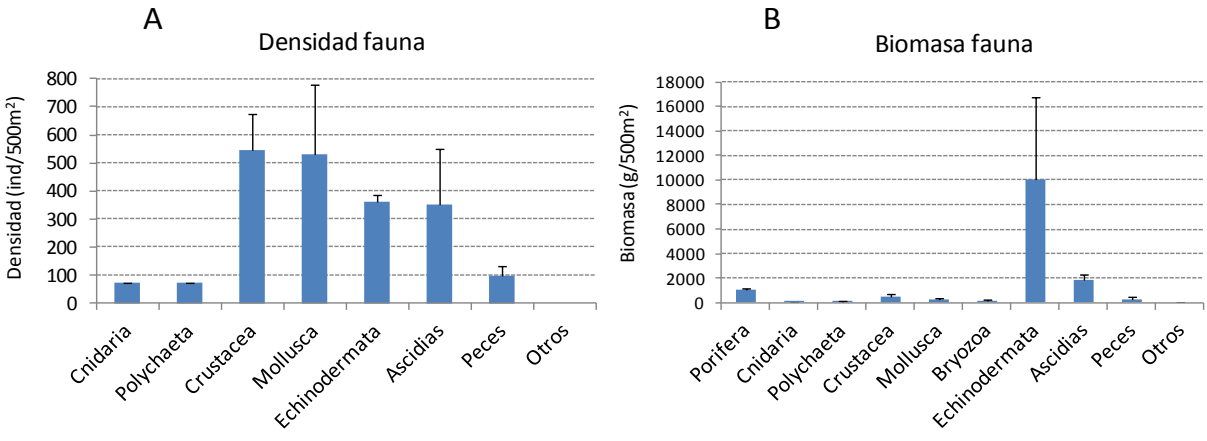


Fig. 72. Promedio de la densidad (A) y biomasa (B) de los grupos faunísticos encontrados en las muestras.

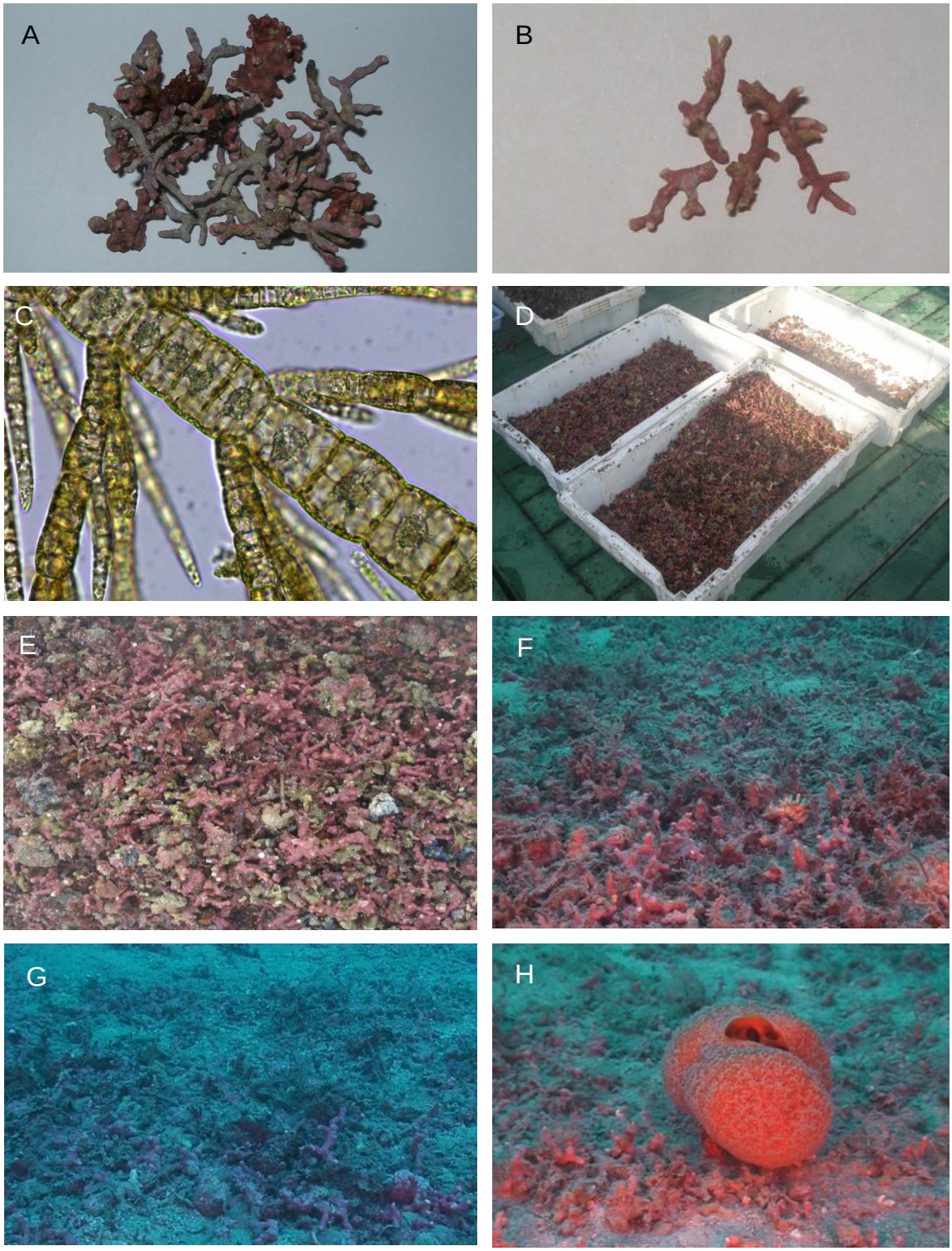


Fig. 73. (A) Rodolitos de *Phymatolithon calcareum.* (B) *Lithothamnion corallioides*. (C) *Arthrocladia villosa*. (D, E) Muestra recogida con la draga de roca sobre un fondo de maërl con dominancia de *Phymatolithon calcareum/Lithothamnion corallioides.* (F, G) Imágenes de un fondo de maërl con rodolitos de la especie *Lithothamnion valens*. (H) Cangrejo ermitaño con lo que parece la esponja *Suberites domuncula* sobre un fondo de maërl.

II. Fondos de maërl con dominancia de *Spongites fruticulosa*

Mas del 90% de la biomasa recogida por el patín epibentónico en el punto de muestreo indicado (Fig. 69) correspondió a algas rodofíceas, principalmente corallinales (Figs. 74 A, 75). Con casi un 50 % del peso total de algas, la especie dominante fue *Spongites fruticulosa* (Fig. 74 B), seguida de *Lithothamnion coralliodes, Lithophyllum racemus* y *Phymatolithon calcareum.*

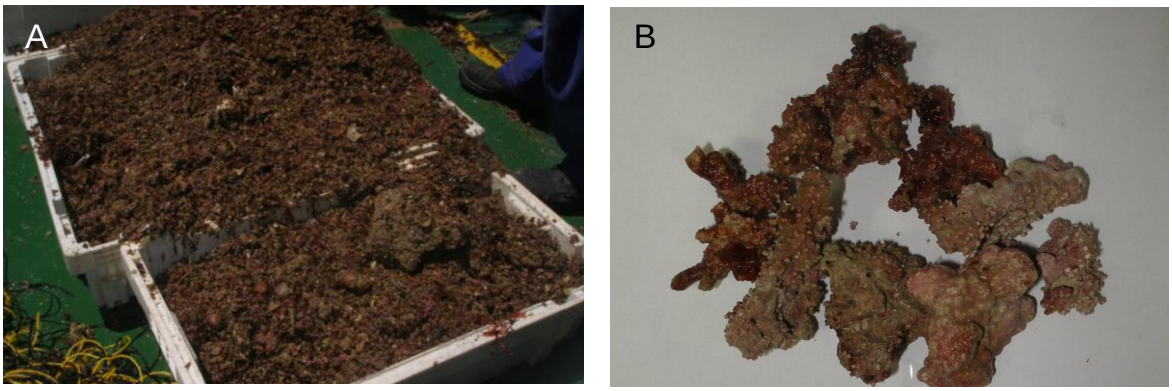


Fig. 74. (A) Muestra recogida con el patín epibentónico sobre un fondo de maërl con dominancia de *Spongites fruticulosa*. (B) Rodolitos de *Spongites fruticulosa*.

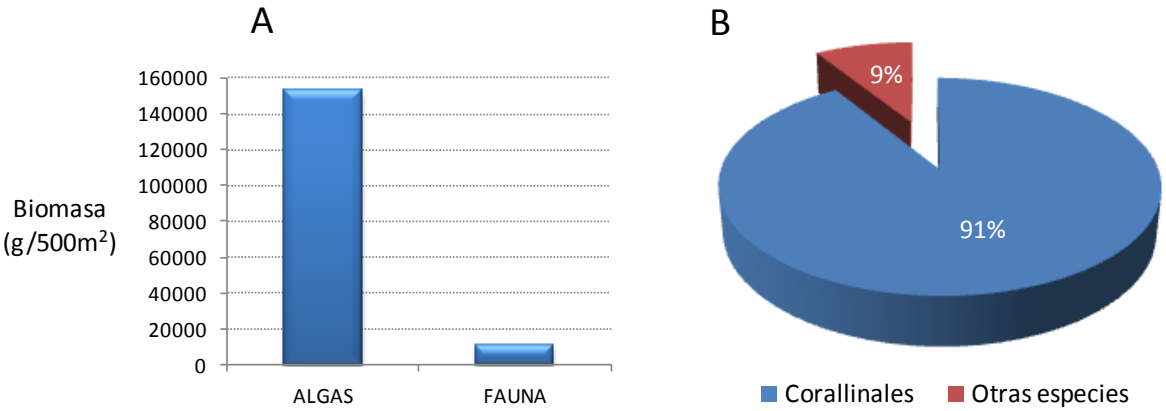


Fig. 75. (A) Biomasa de algas y fauna en la muestra recogida con el patín epibentónico. (B) Porcentaje de corallinales y otras especies de algas en la muestra.

En cuanto a la fauna presente en la muestra analizada (Fig. 76), se observó una alta densidad de crustáceos (*Inachus dorsettensis, Inachus thoracicus, Ebalia tuberosa Pagurus prideauxi*). También destaca la presencia de ascidias, tanto en número de individuos como en biomasa (*Aplidium nordmanni, Botryllus schlosseri, Ascidia mentula, Polycarpa mamillaris,* familia *Didemnidae*), seguida de moluscos (*Palliolum* spp., *Turritella turbona*).

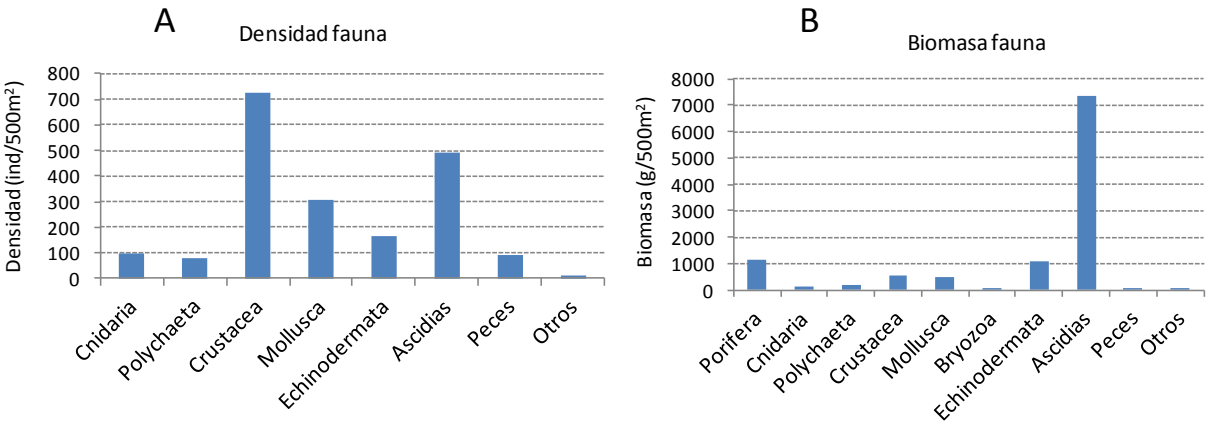


Fig. 76. Densidad y biomasa de los grupos faunísticos presentes en las muestras.

III. Fondos de maërl con dominancia de *Peyssonnelia* spp.

Este tipo de hábitat está constituido principalmente por especies del género *Peyssonnelia*, que junto a otras rodófitas, tanto blandas como corallinaceas, forman un denso manto sobre el fondo, que sirve de asentamiento a un gran número de animales. Los puntos de muestreo en los que se identificaron este tipo de fondos están situados principalmente enfrente de la bahía de Palma (Fig. 69). Las muestras recogidas con el patín epibentónico revelaron la enorme biomasa de algas existente en estos fondos (Fig. 77, 79), representadas en su mayoría por la especie *Peyssonnelia rubra*, seguida de *P. inamoena,* que también puede alcanzar densidades elevadas. Acompañando a estas dos aunque en menor cantidad se encontró la especie *P. rosa-marina*.

La biomasa de corallinales presentes en las muestras es mucho menor que las demás especies de algas (Fig. 77 A), y dentro de este grupo, la especie más abundante es *Lithothamnion valens,* y en menor medida *Spongites fruticulosa.*

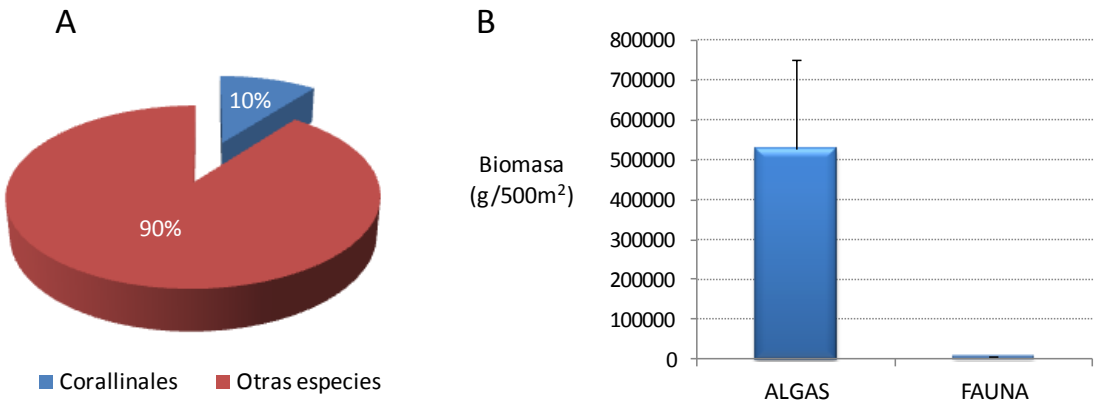


Fig. 77. (A) Porcentaje de corallinales y otras especies de algas en las muestras. (B) Promedio de la biomasa de algas y fauna en las muestras del patín epibentónico.

En estos fondos habitan numerosas esponjas y equinodermos (Fig. 78), principalmente ofiuras (*Ophiura texturata*) y erizos (especies como *Sphaerechinus granularis* o *Psammechinus microtuberculatus* entre otros). También son frecuentes los poliquetos *Aphrodita aculeata* y *Laetmonice hystrix*, así como numerosas especies de crustáceos decápodos (*Pagurus prideauxi, Pagurus forbesi, Paguristes eremita, Eurynome aspera, Inachus dorsettensis*), gasterópodos del género *Turritella* y bivalvos del género *Palliolum*.

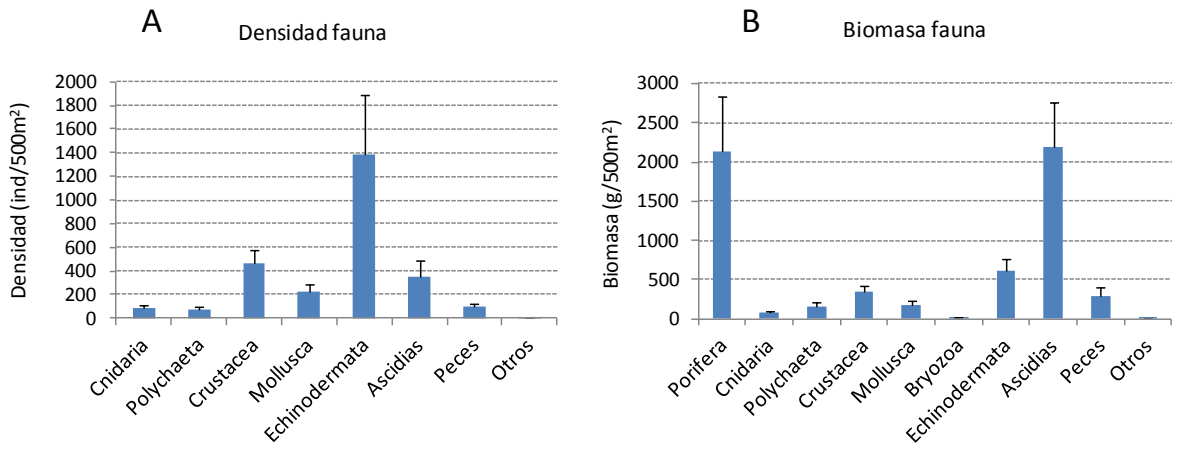


Fig. 78. Densidad y biomasa de los grupos faunísticos presentes en las muestras

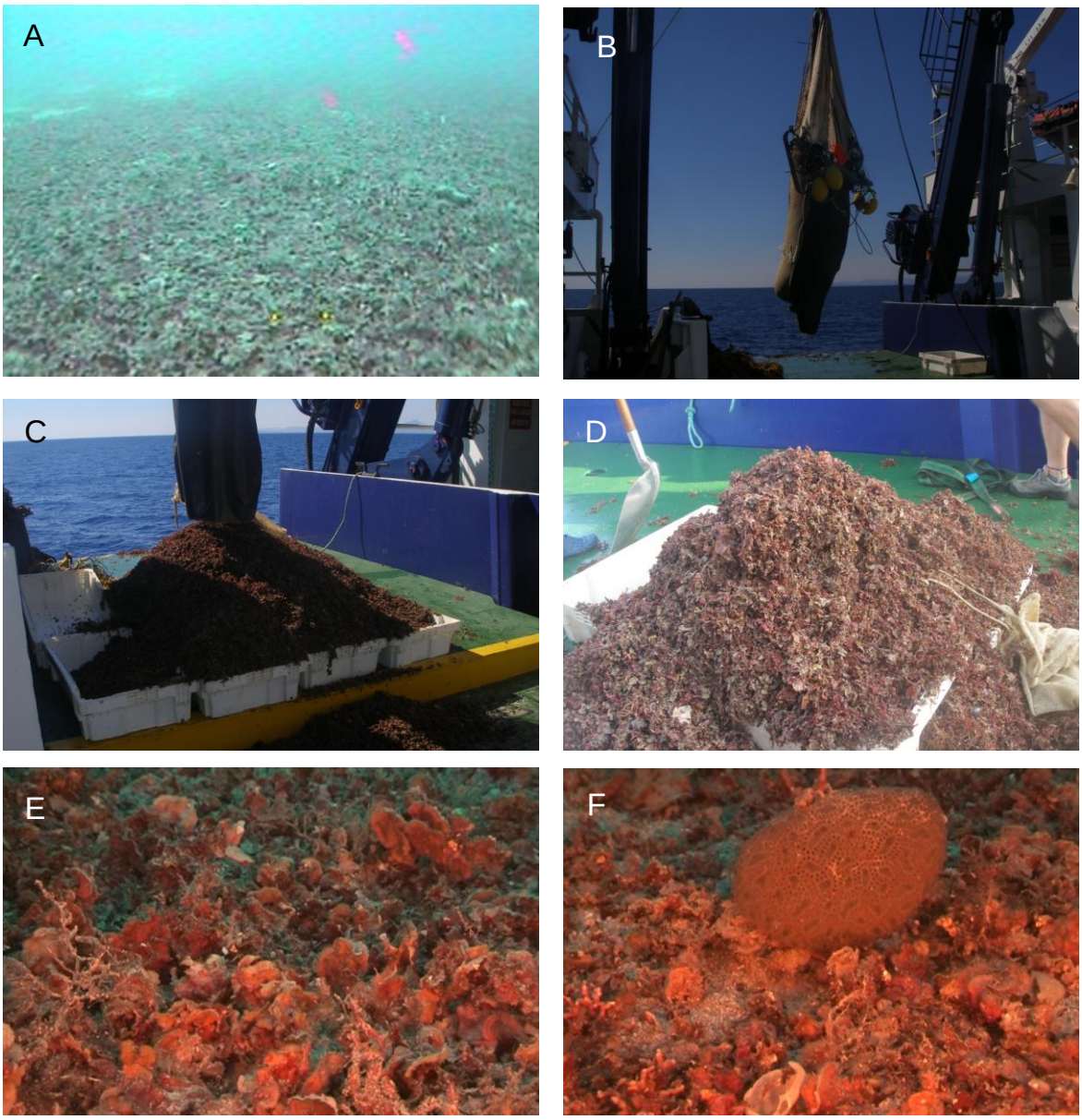


Fig. 79. (A) Imagen de un fondo ocupado por maërl con dominancia de *Peyssonnelia* spp. (B) Patín epibentónico lleno de muestra tras ser arrastrado sobre un fondo de *Peyssonnelia* spp. (C, D) Muestra de *Peyssonnelia* spp. recogida por el patín. (E) Detalle de un fondo de *Peyssonnelia* spp. (F) Ascidia Colònial sobre un fondo de *Peyssonnelia* spp.

Fondos detríticos biógenos circalitorales con *Phyllophora crispa / Osmundaria volubilis*

HÁBITATS LISTA PATRÓN
03040507 Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales con *Phyllophora crispa/Osmundaria volubilis*

HÁBITATS EUNIS
A5.52J Association with *Osmundaria volubilis*

ANEXO I - DIRECTIVA HÁBITATS
1110 Sandbanks

Las rodofíceas *Phyllophora crispa* y *Osmundaria volubilis* son frecuentes en los fondos detríticos entre 30 y 90 m, sobre todo en los fondos circalitorales del archipiélago balear (Templado *et al*., 2012).

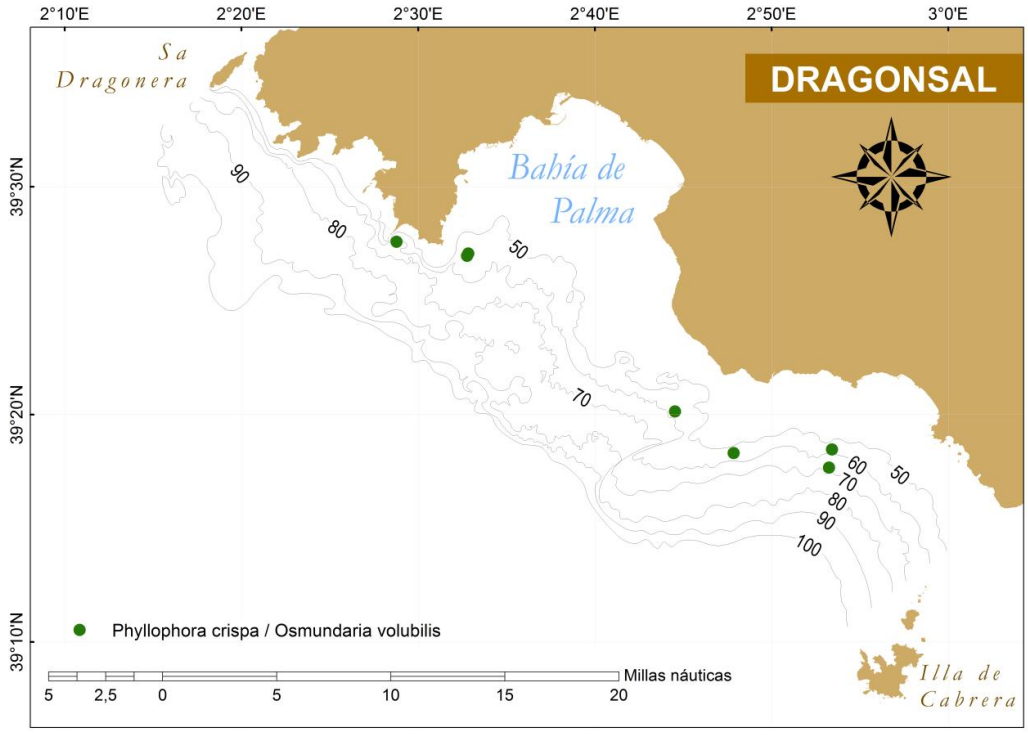


Fig. 80. Mapa de la plataforma sur de Mallorca mostrando los puntos de muestreo donde fueron identificados fondos detríticos biógenos con *Phyllophora crispa/Osmundaria volubilis.*

Este tipo de fondo fue encontrado en seis puntos de muestreo situados a lo largo de la plataforma sur de Mallorca (Fig. 80), y salvo en uno de ellos, se encontraron también especies de corallinales tales como *Lithothamnion valens* o *Spongites fruticulosa* junto a las algas blandas (Fig. 81). La especie más abundante fue *Phyllophora crispa*, y en menor cantidad se encontró *Osmundaria volubilis* junto a otras especies de talo blando (Figs. 82, 85 A, B).

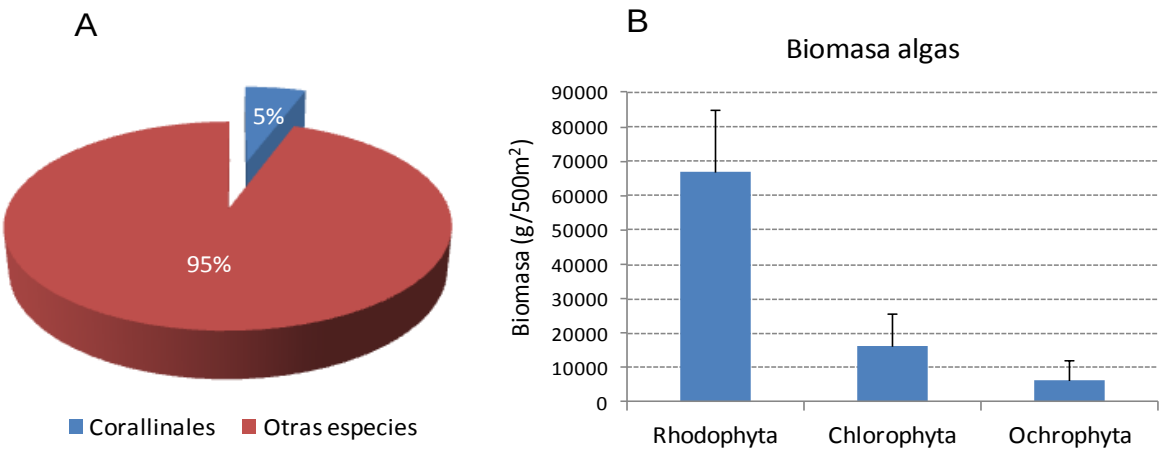


Fig. 81. (A) Porcentaje de corallinales y otras especies de algas en las muestras. (B) Biomasa de los distintos grupos de algas.

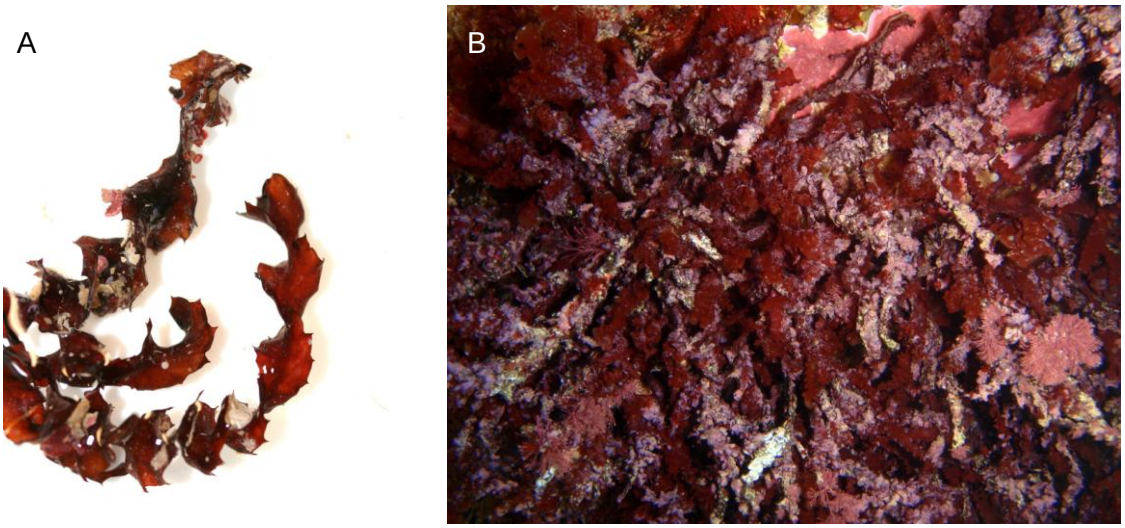


Fig. 82. (A) *Osmundaria volubilis.* (B) El alga roja *Phyllophora crispa* junto a varias especies de otras rodofíceas.

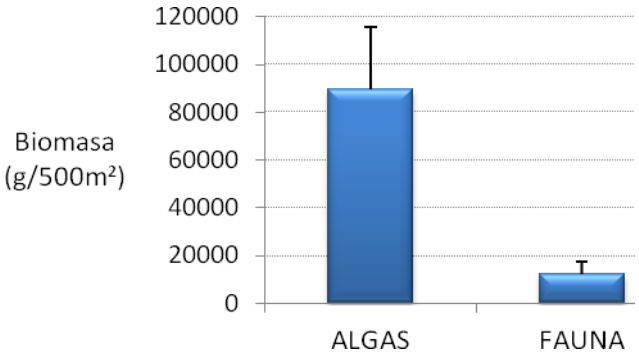


Fig. 83. Promedio de la biomasa de algas y fauna en las muestras.

En cuanto a los animales, no se distingue un predominio claro de unas especies sobre otras. La biomasa correspondiente a fauna representa una pequeña parte de la biomasa total recogida en las muestras (Figs. 83, 84). Algunas de las especies con mayor representatividad en las muestras fueron los bivalvos del género *Palliolum*, el poliqueto *Laetmonice hystrix*, o la ascidia *Aplidium nordmanni*, así como una gran cantidad de esponjas (*Suberites domuncula* entre otras). Entre los crustáceos abundan las especies *Inachus dorsettensis* o *Pagurus prideauxi* (esta última asociada a la anémona *Adamsia carciniopados*) y las ofiuras *Ophiocomina nigra* y *Ophiura texturata*. Además, en una de las muestras obtenidas con el patín epibentónico, se encontraron una gran cantidad de moluscos opistobranquios con especies como *Akera bullata, Aplysia punctata*, etc. (Fig. 85 C-F).

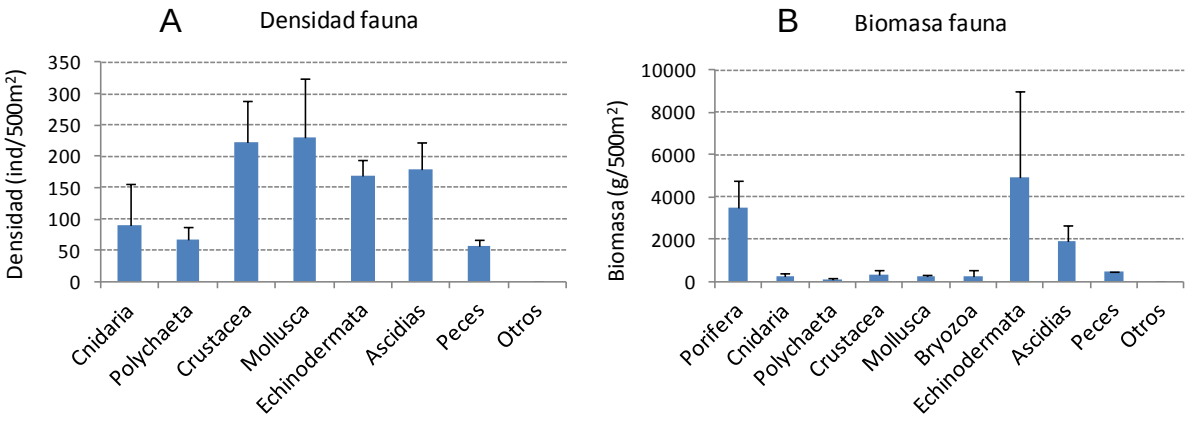


Fig. 84. Promedio del número de individuos y biomasa de los grupos faunísticos presentes en las muestras.

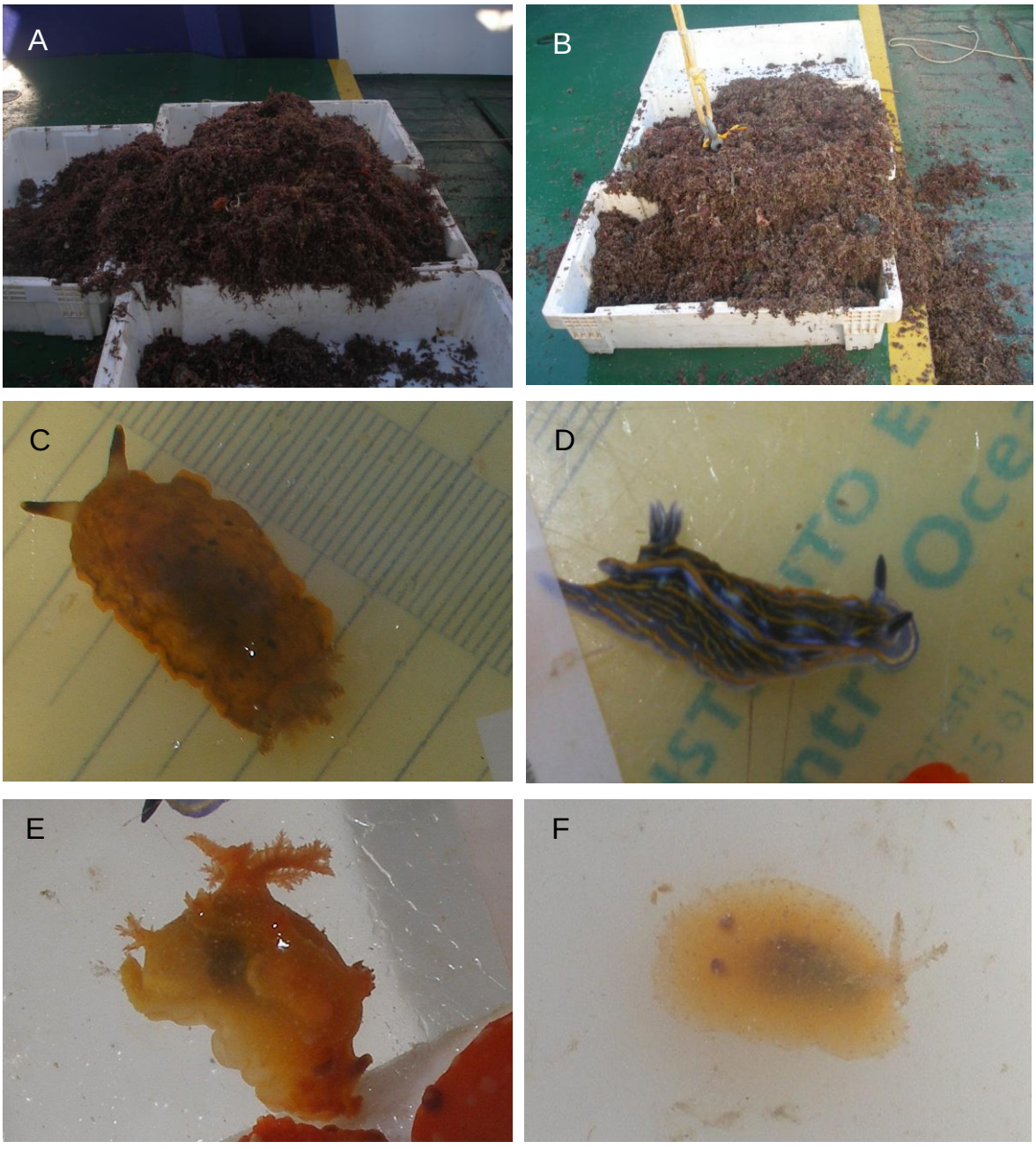


Fig. 85. (A, B) Muestras de fondos detríticos biógenos con *Phyllophora crispa/Osmundaria volubilis* recogidos con el patín epibentónico. (C-F) Algunas de las especies de moluscos opistobranquios encontrados en este tipo de hábitat: (C) *Dendrodoris limbata*, (D) *Hypselodoris villafranca*, (E) *Kaloplocamus ramosus*, (F) *Thordisa filix*.

Fondos detríticos biógenos circalitorales con *Halopteris filicina*

HÁBITATS LISTA PATRÓN
3040510 Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales con *Halopteris filicina*

HÁBITATS EUNIS
No definida

ANEXO I - DIRECTIVA HÁBITATS
1110 Sandbanks

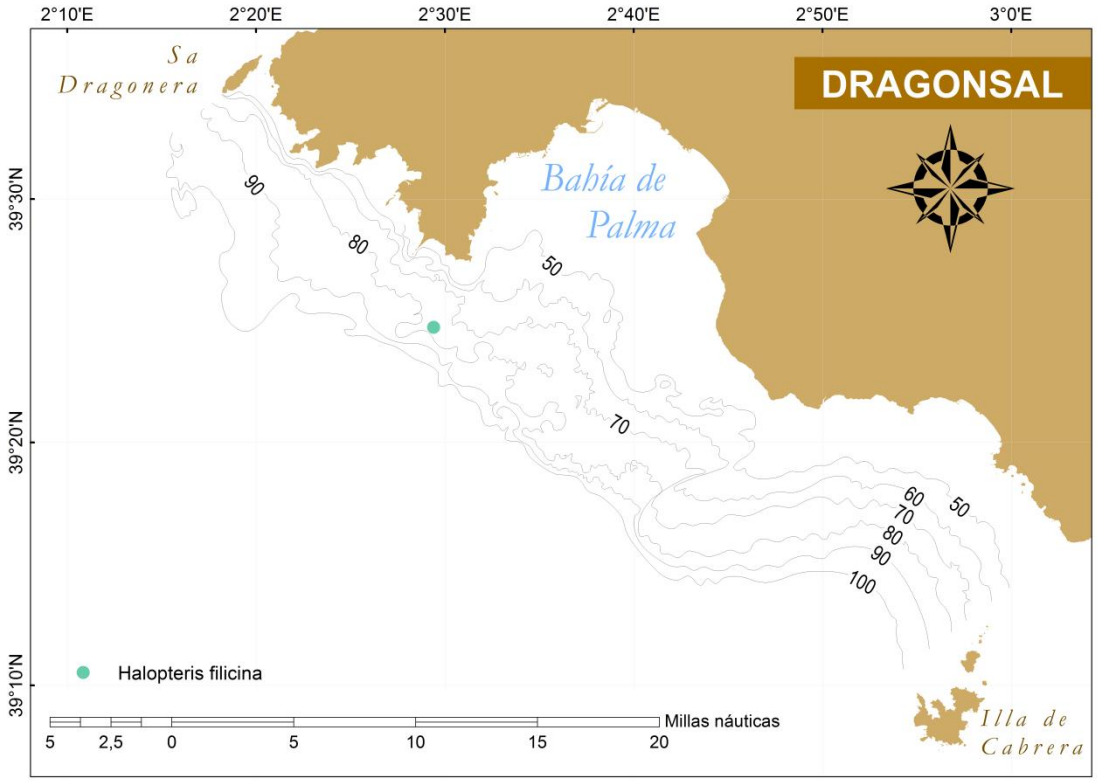


Fig. 86. Mapa de la plataforma sur de Mallorca mostrando el punto de muestreo en el que fue hallado un fondo detrítico con *Halopteris filicina.*

Este hábitat se encontró al norte de la bahía de Palma, a 72 m de profundidad (Fig. 86). La muestra recogida con el patín epibentónico reveló que estaba compuesta en su mayoría por algas (Fig. 87 A), de las cuales casi el 50% correspondían a la especie de alga parda *Halopteris filicina* (Fig. 87 B). La mitad restante estaba constituido por algas rodófitas corallinales (Figs. 78 B, C) principalmente *Lithophyllum stictiaeformis* y *Lithothamnion coralliodes*, y otras especies de rodófitas como *Peyssonnelia inamoena* y *Phyllophora crispa.*

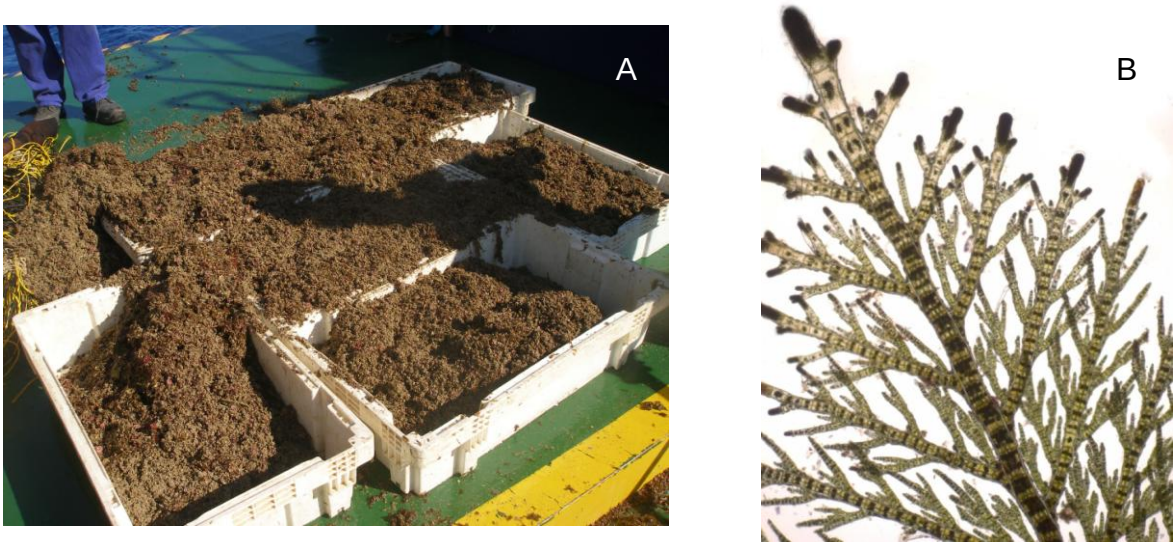


Fig. 87. (A) Muestra recogida con el patín epibentónico de un fondo detríticos biógeno con *Halopteris filicina*. (B) Detalle de *Halopteris filicina* mostrando su ramificación.

Respecto a la densidad y biomasa de animales (Fig. 89), en este tipo de hábitat se encontró un gran número de individuos de la ascidia Colònial *Polyclinella azemai*, así como crustáceos del género *Inachus* (*Inachus thoracicus* e *Inachus dorsettensis*), erizos y briozoos (principalmente de la especie *Myriapora truncata*). También se encontró un gran número de ejemplares de poliquetos de la especie *Laetmonice hystrix*, y entre los moluscos destacan los bivalvos *Aequipecten opercularis* y *Palliolum* spp.

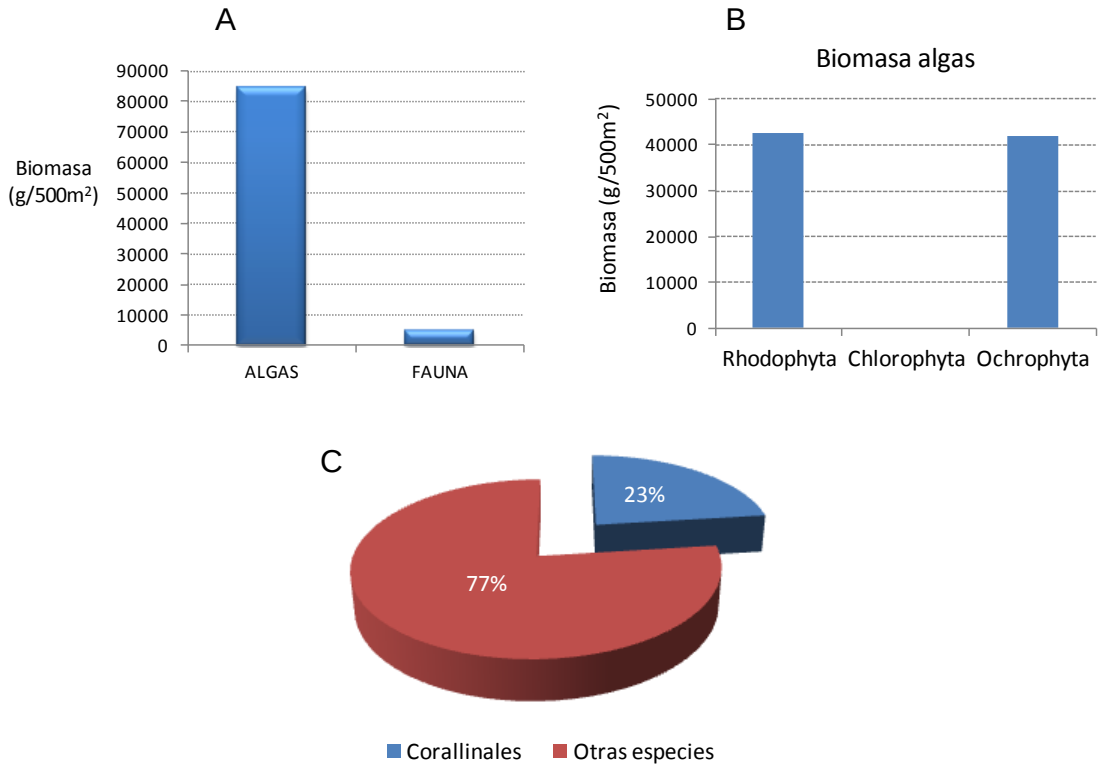


Fig. 88. (A) Biomasa de algas y animales en la muestra. (B) Composición de los distintos grupos de algas. (C) Composición de corallinales y otras especies en la muestra.

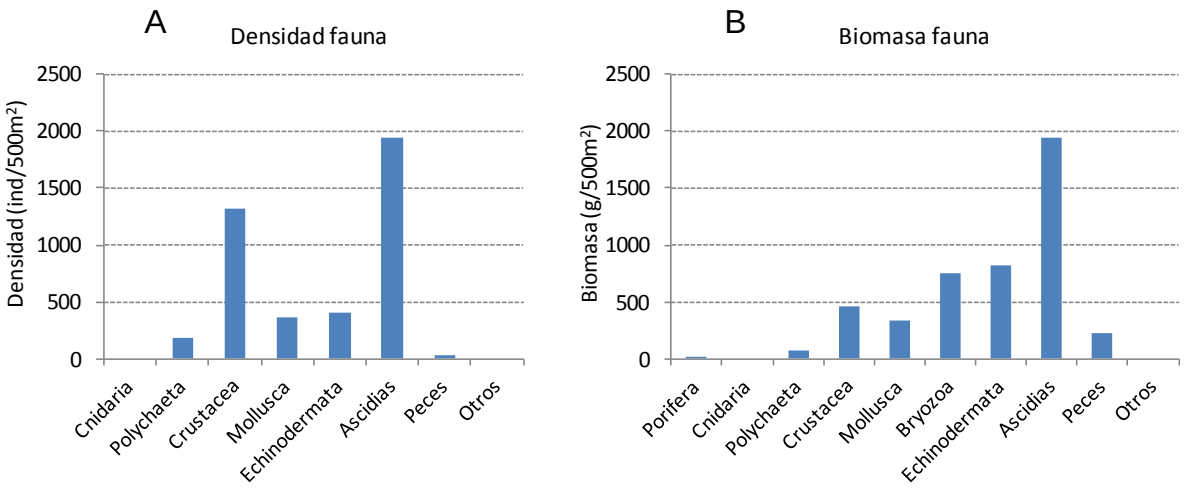


Fig. 89. Número de individuos (A) y biomasa (B) de los distintos grupos faunísticos presentes en la muestra.

Fondos de cascajo biógenos (conchas de moluscos) infralitorales y circalitorales

HÁBITATS LISTA PATRÓN
03040511 Fondos de cascajo biógenos (conchas de moluscos) infralitorales y circalitorales

HÁBITATS EUNIS
A5.46 Mediterranean animal communities of coastal detritic bottoms

ANEXO I - DIRECTIVA HÁBITATS
1110 Sandbanks

Este tipo de fondos se encontró a gran profundidad, entre 93 y 94 metros (Fig. 90). Las muestras estaban compuestas principalmente de cascajo e invertebrados (Fig. 91), sin embargo en la Lista patrón no aparece especificado ningún tipo de hábitat que englobe ambos elementos. Por este motivo, los puntos han sido identificados como "Fondos detríticos circalitorales dominados por invertebrados", además del hábitat descrito en este apartado, "Fondos de cascajo biógenos (conchas de moluscos) circalitorales".

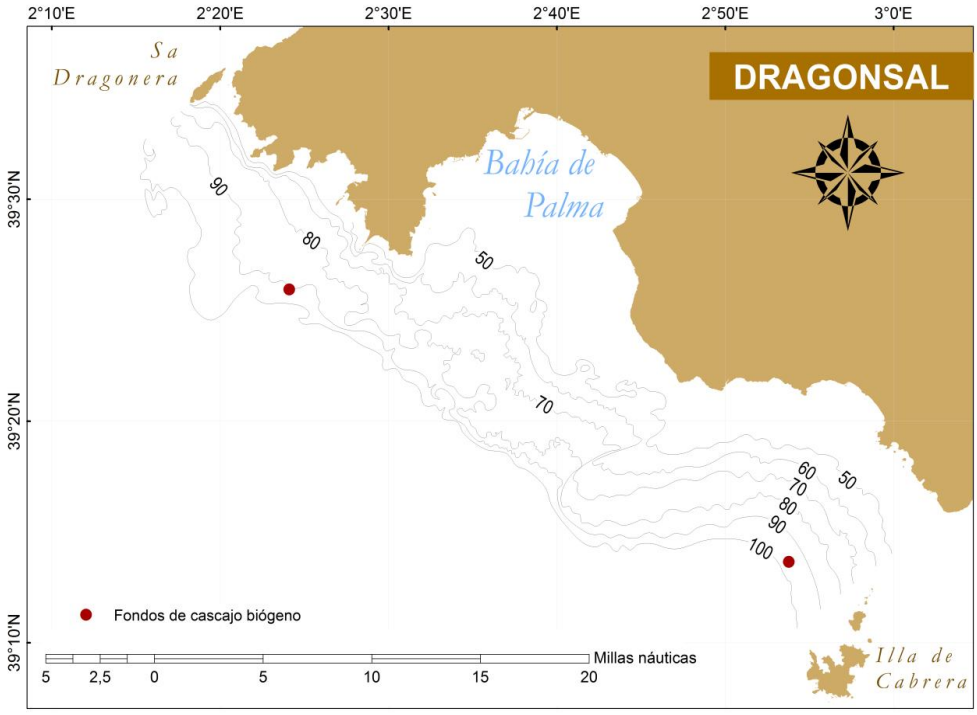


Fig. 90. Mapa de la plataforma sur de Mallorca mostrando los puntos de muestreo en los que fue hallado un fondo de cascajo biógeno (conchas de moluscos).

Fig. 91. Muestra recogida por el patín epibentónico sobre un fondo de cascajo biógeno (conchas de moluscos) y detrítico circalitoral dominado por invertebrados.

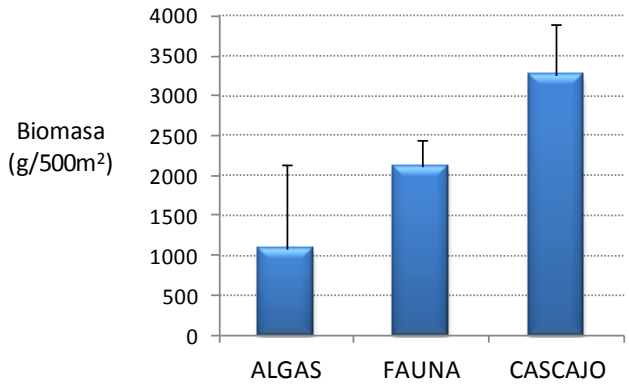


Fig. 92. Promedio de la cantidad de algas, fauna y cascajo presentes en las muestras.

En el punto de muestreo situado más al Este casi no se encontraron algas (algo menos de 30 g/500m^2) y la biomasa en el otro fue muy escasa. La especie más abundante fue el alga parda *Halopteris filicina,* aunque también se encontraron algas corallinales incrustantes y, en muy pequeña cantidad, *Peyssonnelia inamoena*, *Phyllophora crispa*, *Lithophyllum stictiaeformis* y *Lithothamnion coralliodes.*

Entre los equinodermos destaca la presencia de las ofiuras *Ophiothrix fragilis* y *Ophiura texturata,* la estrella *Astropecten irregularis* y la holoturia de pequeño tamaño *Leptopentacta elongata*. También se encontraron los cangrejos *Anapagurus laevis* e *Inachus dorsettensis,* así como diversas ascidias (*Ascidia mentula* y *Ascidiella scabra* entre otras), el cnidario *Alcyonium palmatum* y el poliqueto *Hyalinoecia tubicola*. Asimismo se encontraron en las muestras numerosos peces de la especie *Serranus hepatus*.

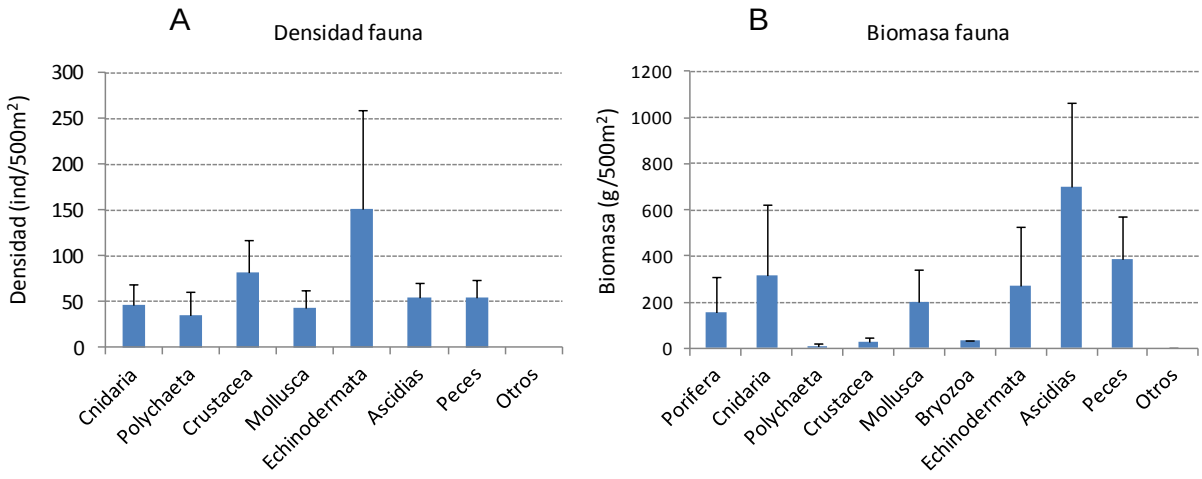


Fig. 93. (A) Promedio de la densidad de los distintos grupos de animales en las muestras recogidas por el patín epibentónico. (B) Promedio de la biomasa por grupos faunísticos.

Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados

HÁBITATS LISTA PATRÓN

03040513 Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados

- 0304051304 Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados con dominancia de esponjas
- 0304051308 Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales con dominancia de arenas y gravas con *Spatangus purpureus*

HÁBITATS EUNIS

A5.46 Mediterranean animal communities of coastal detritic bottoms

ANEXO I - DIRECTIVA HÁBITATS

1110 Sandbanks

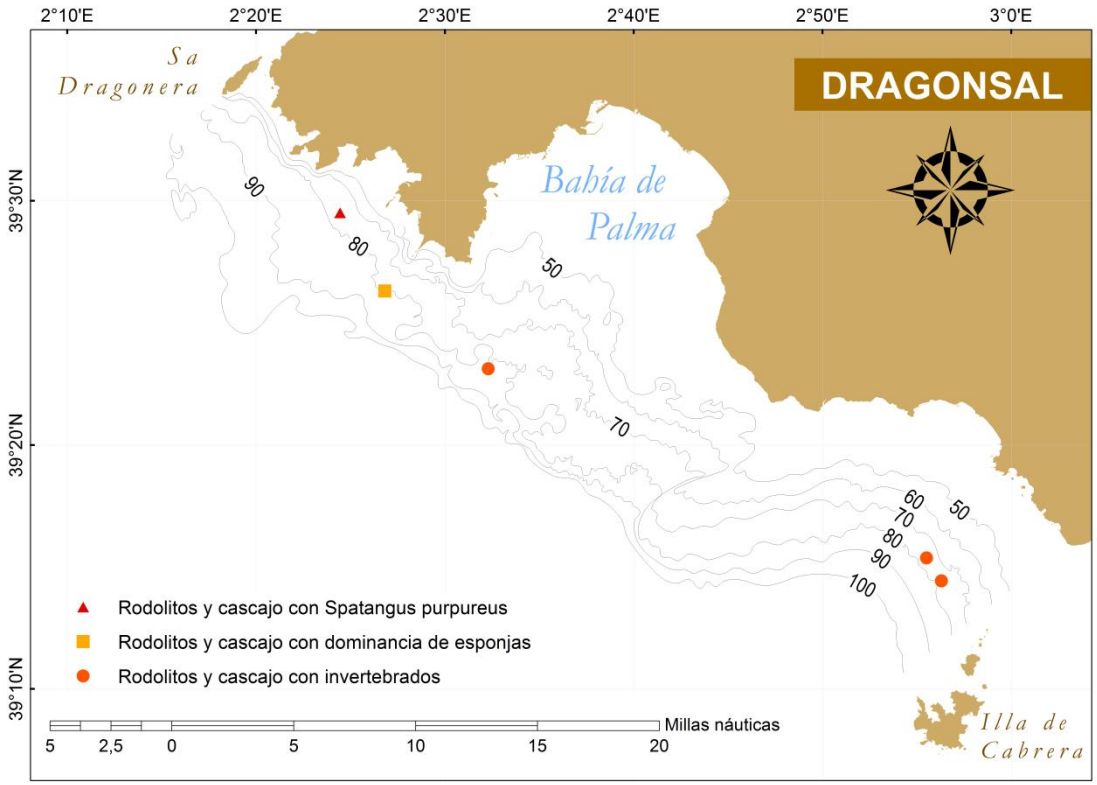


Fig. 94. Mapa de la plataforma sur de Mallorca mostrando los puntos de muestreo en los que fueron hallados fondos de rodolitos y cascajo dominados por invertebrados.

Este tipo de hábitat se encontró en cinco puntos de muestreo distribuidos a lo largo de la plataforma sur de Mallorca (Fig. 94). Su presencia se detectó mediante el uso del patín epibentónico en dos puntos de muestreo, y mediante las imágenes proporcionadas por el ROV en los otros tres.

Las muestras recogidas con el patín estaban compuestas por cascajo, algas y animales (Figs. 95 A, 97 A-D). Las algas eran mayoritariamente blandas (Fig. 95 B) y en ambos casos representadas casi exclusivamente por la especie de rodófita *Cryptonemia longiarticulata*. En el caso de las corallinales destaca la presencia de algas incrustantes sin determinar, pudiendo estar acompañadas de rodolitos como *Spongites fruticulosa, Lithothamnion coralliodes* o *Lithothamnion valens*.

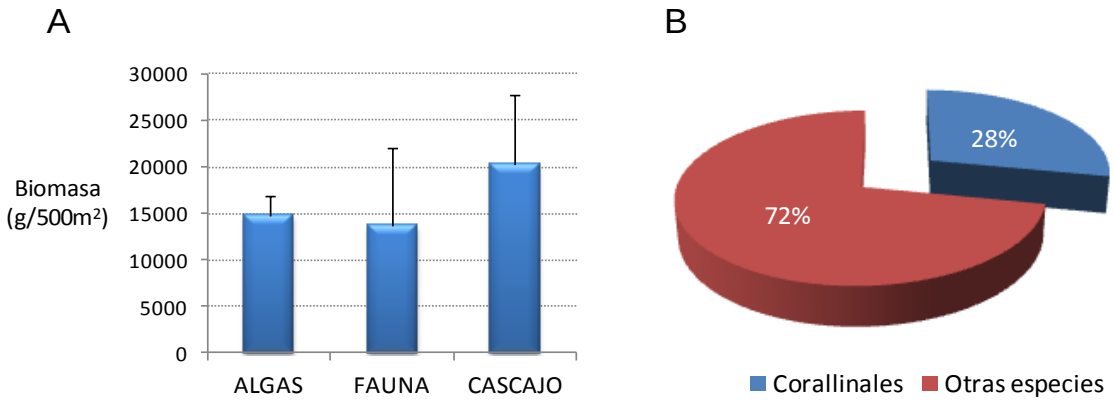


Fig. 95. (A) Promedio de la biomasa de algas, fauna y cascajo en las muestras recogidas con el patín epibentónico. (B) Porcentaje de algas blandas y coralinales en las muestras del patín.

El grupo de los crustáceos es el más abundante en las muestras (Fig. 96 A). La mayor densidad de individuos correspondió a los decápodos *Eurynome aspersa* e *Inachus dorsettensis*. También se encontraron bivalvos como *Aequipecten opercularis*, *Chlamys* spp. o *Arca noae,* ascidias como *Aplidium elegans* y corales solitarios del género *Caryophyllia*. El 40% de la biomasa de una de las muestras analizadas correspondió al grupo de las esponjas (Fig. 96 B). Este punto de muestreo ha sido identificado siguiendo la nomenclatura de la Lista patrón como un **Fondo de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados con dominancia de esponjas (0304051304)** (Fig. 94).

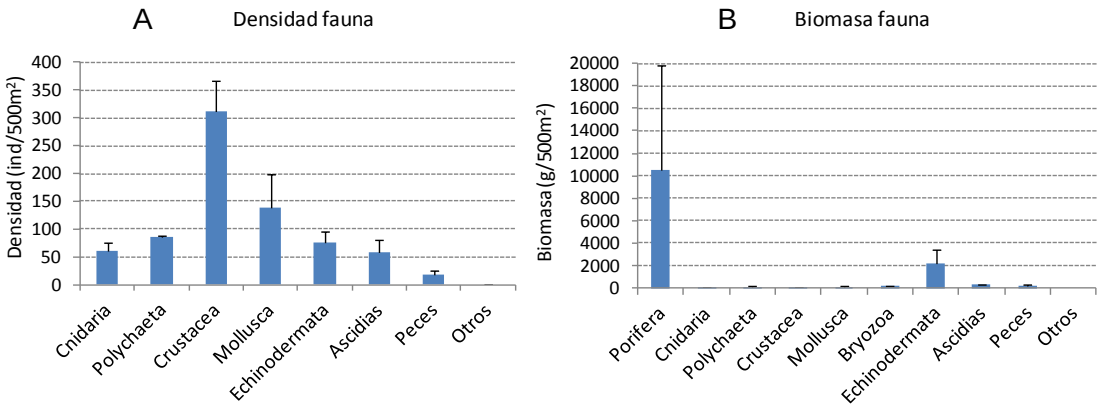


Fig. 96. (A) Promedio del número de individuos y (B) biomasa de los grupos faunísticos presentes en las muestras.

Las imágenes grabadas por el ROV en uno de los puntos de muestreo frente a las costas de Andratx, revelaron la existencia de un gran número erizos de la especie *Spatangus purpureus* y de rodolitos (Fig. 97 E-H). Además, la granulometría del sedimento se corresponde con un fondo de arena gruesa. Los datos indican que en esa zona existe un **Fondo de rodolitos y cascajo infralitoral y circalitoral con dominancia de arenas y gravas con *Spatangus purpureus* (0304051308)**, donde además se encontraron algunas formaciones de coralígeno.

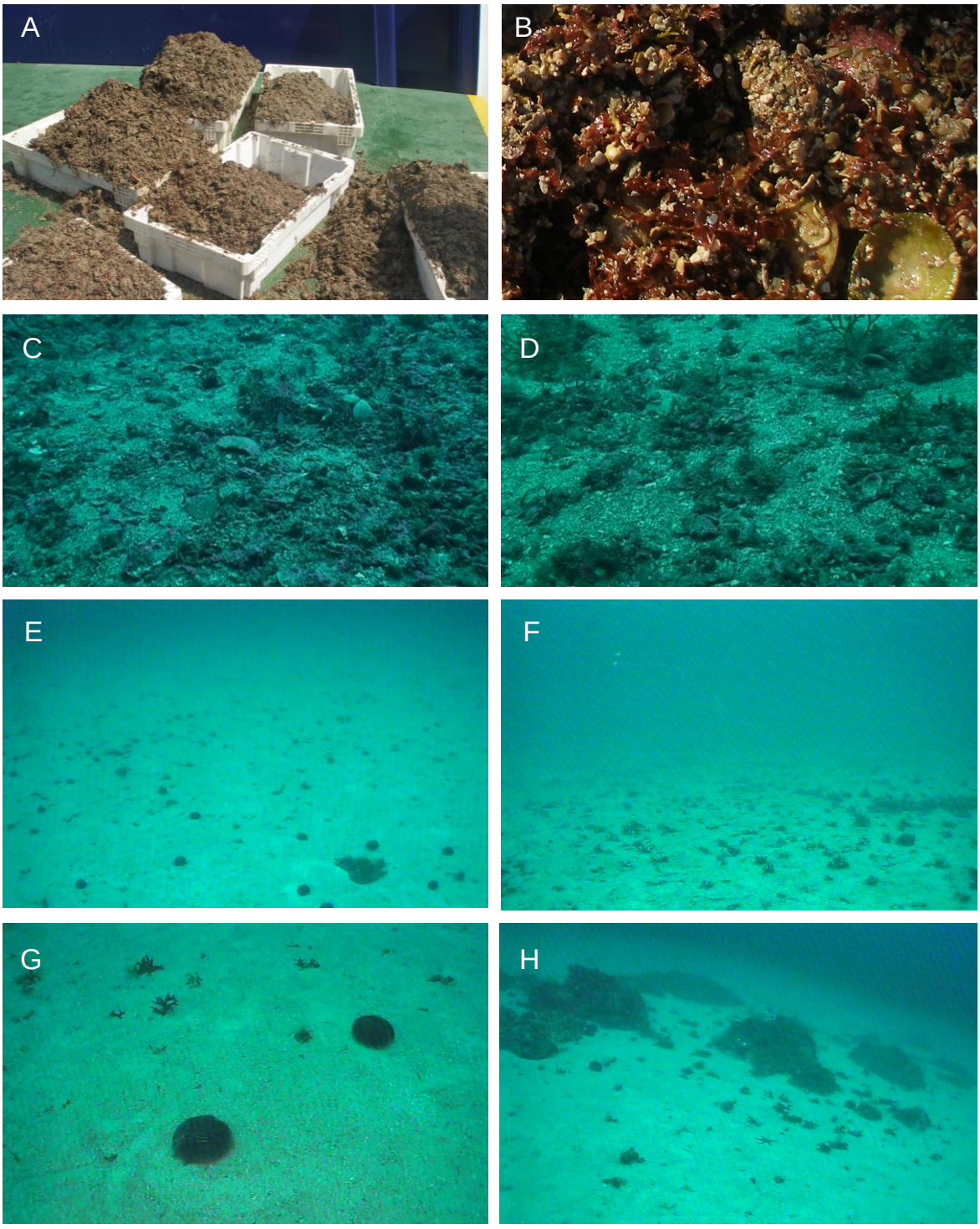


Fig. 97. (A, B) Muestras recogidas con el patín epibentónico sobre un fondo de rodolitos y cascajo circalitoral dominado por invertebrados. (C) Fondo de cascajo y rodolitos. (D) Cascajo y rodolitos junto a feofíceas del orden Dictyotales. (E, F) Imágenes del ROV mostrando un fondo de rodolitos y cascajo con *Spatangus purpureus.* (G) Mismo fondo mostrando con mayor detalle los rodolitos y ejemplares de *S. purpureus.* (H) Concreciones de coralígeno encontradas en la zona de rodolitos y cascajo con *S. purpureus.*

Fondos detríticos infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados

HÁBITATS LISTA PATRÓN

03040514 Fondos detríticos infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados

HÁBITATS EUNIS

A5.46 Mediterranean animal communities of coastal detritic bottoms

ANEXO I - DIRECTIVA HÁBITATS

1110 Sandbanks

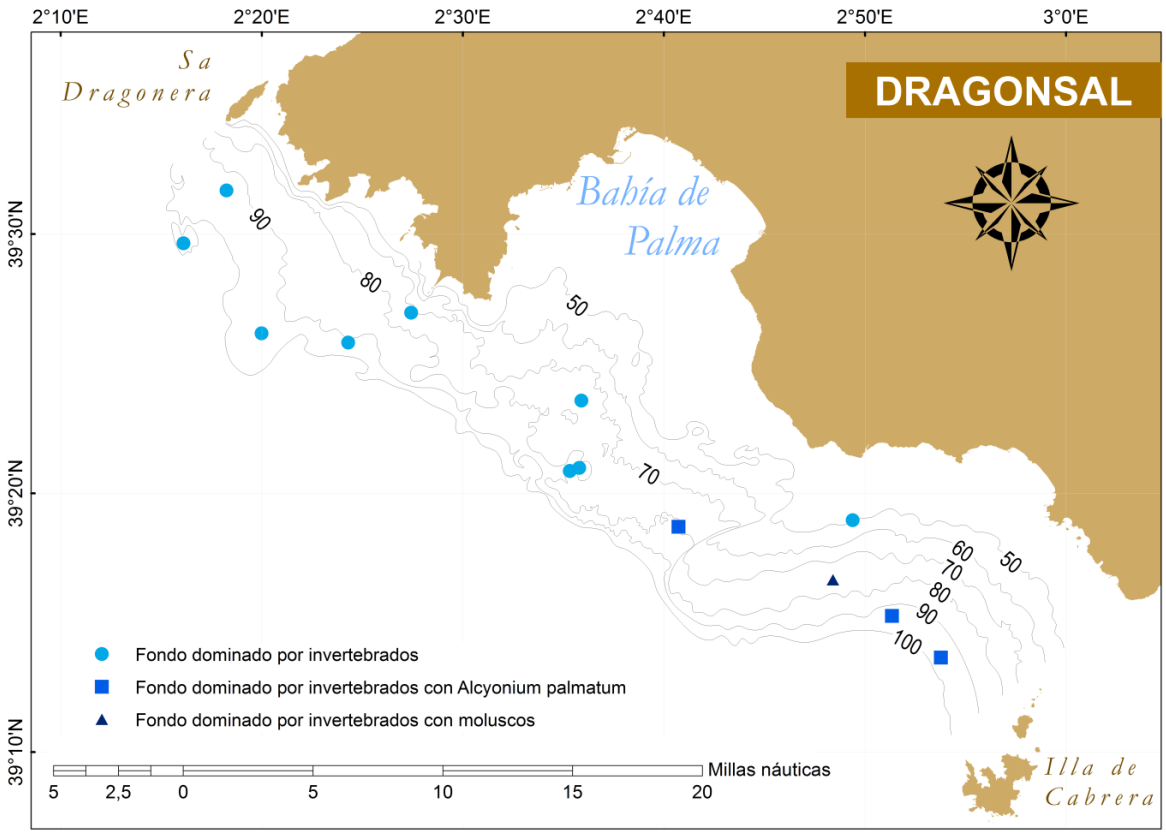


Fig. 98. Mapa de la plataforma sur de Mallorca mostrando los puntos de muestreo en los que fue hallado un fondo detrítico dominados por invertebrados, con *Alcyonium palmatum* y con moluscos.

Estos fondos se caracterizan por la escasez o total ausencia de algas, ya que su biomasa media apenas supera los 2,5 kg/500 m^2 (Figs. 99 A, 101, 102). Cuando éstas están presentes, existe un predominio de las algas corallinales incrustantes sobre el resto (Fig. 99 B). Entre las especies de talo blando que pueden estar presentes en este tipo de fondos se encuentran las rodófitas *Cryptonemia longiarticulata*, *Osmundaria volubilis* o *Phyllophora crispa* entre otras.

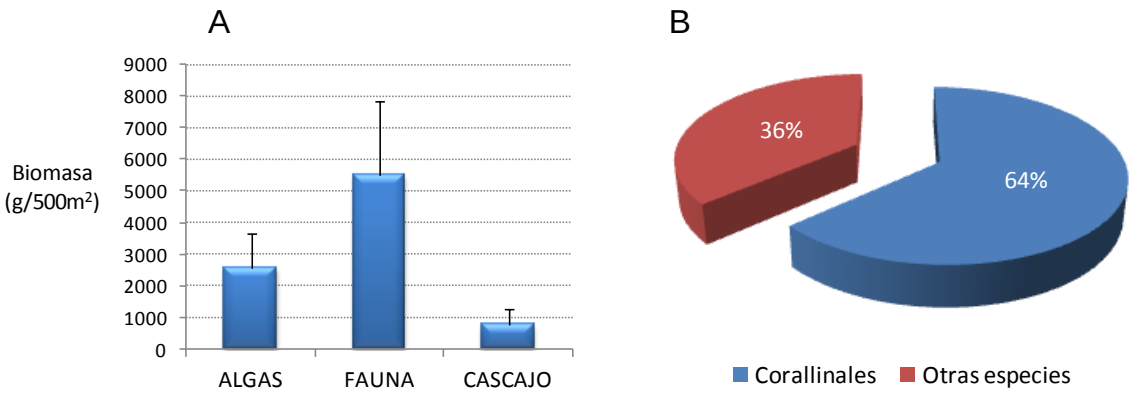


Fig. 99. (A) Promedio de la biomasa de algas, fauna y cascajo en las muestras recogidas con el patín epibentónico. (B) Porcentaje de algas blandas y coralinales en las muestras del patín.

En las muestras se encontraron un gran número de crustáceos decápodos (Fig. 100 A), principalmente las especies *Inachus thoracicus, Inachus dorsettensis, Eurynome aspera* y pagúridos como *Pagurus prideauxi* o *Anapagurus laevis*. También se encontró una gran densidad del poliqueto *Hyalinoecia tubicola* (Fig. 102 G) y ascidias solitarias como *Ascidiella scabra* o *Ascidia mentula*. Son comunes en algunos de estos puntos los erizos y ofiuras como *Ophiothrix fragilis* y *Ophiura texturata* (Fig. 102 C). En algunos de estos fondos se han identificado una gran cantidad de ascidias Colòniales de la familia Polyclinidae, tales como *Polyclinella azemai*, constituyendo gran parte de la biomasa animal en las muestras analizadas (Fig. 100 B). También es frecuente la aparición de peces de la especie *Serranus hepatus.*

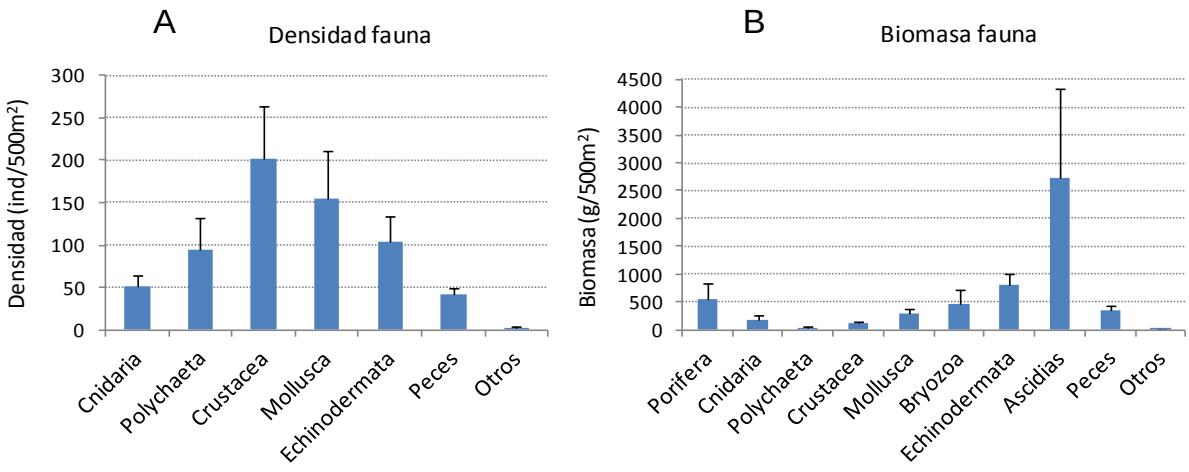


Fig. 100. (A) Promedio del número de individuos y (B) biomasa de los grupos faunísticos presentes en las muestras.

Entre los moluscos destaca la presencia de bivalvos como *Arca noae, Aequipecten opercularis, Chlamys* spp. o *Palliolum* spp., y de gasterópodos como *Turritella communis* o *Aporrhais pespelicani*.

En una de las zonas analizadas existía dominancia de moluscos sobre el resto de las especies. Según la Lista patrón, este tipo de hábitat se denomina **Fondo detrítico circalitoral dominado por invertebrados con dominancia de moluscos (*Turritella communis* o *Aporrhais pespelicani* (0304051403))**. Además, en este punto de muestreo y en tres más, se encontró una elevada densidad del cnidario *Alcyonium palmatum* (Fig. 102 H), hábitat denominado como **Fondo detrítico circalitoral dominado por invertebrados con *Alcyonium palmatum* (0304051406)*.***

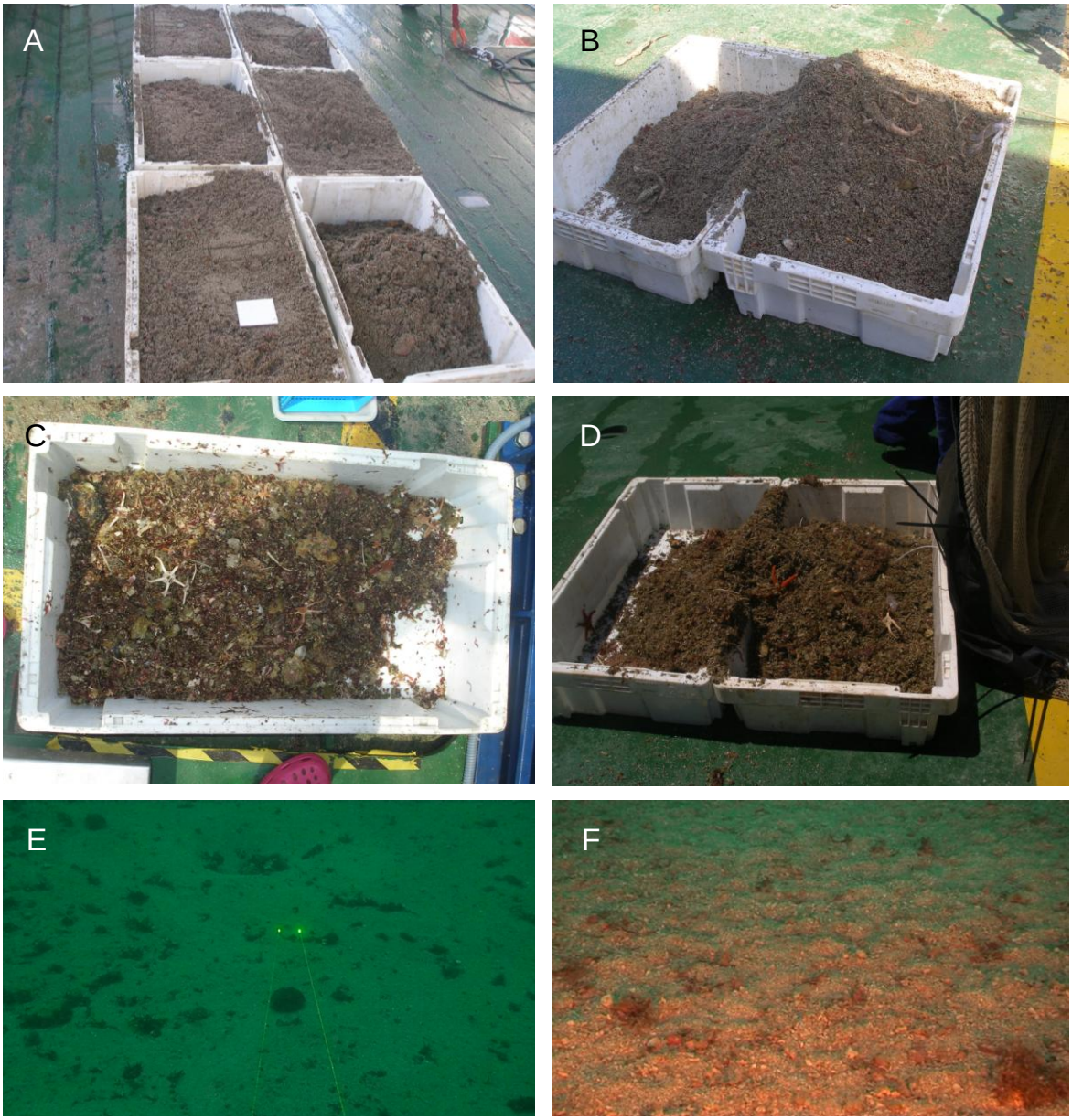


Fig. 101. (A, B) Muestras recogidas con el patín epibentónico sobre fondos detríticos dominados por invertebrados. (C) Muestra de fauna, algas y restos de conchas. (D) Muestra de fauna y algas blandas. (E, F) Imágenes grabadas con el ROV en fondos detríticos dominados por invertebrados con escasa cobertura vegetal.

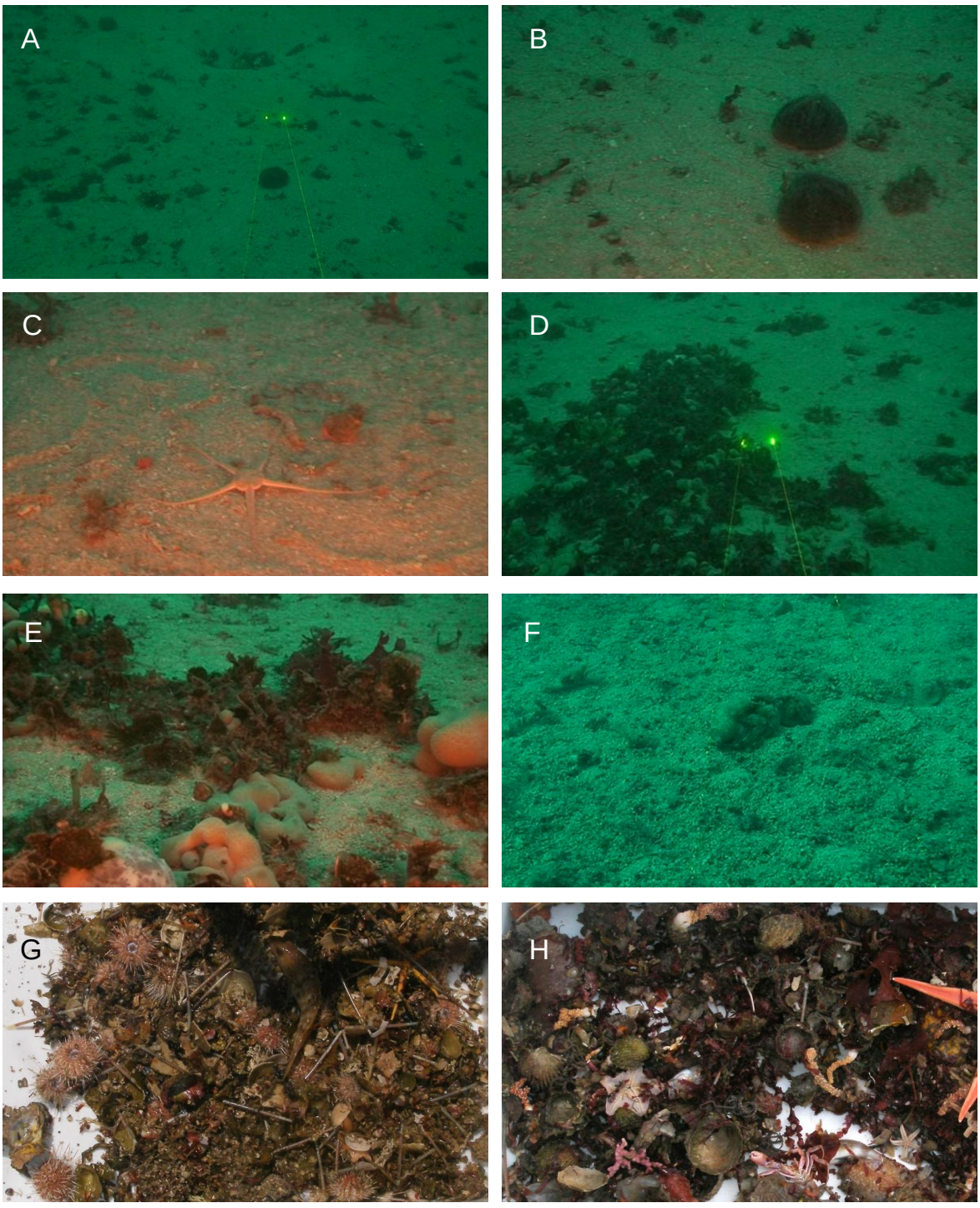


Fig. 102. (A, B) *Spatangus purpureus* sobre fondo de arena sin cobertura vegetal o muy escasa. (C) *Ophiura texturata*. (D) Fondo detrítico con una pequeña área ocupada por algas y esponjas. (E) Imagen más detallada de la Fig. D, en la que se observan algas, esponjas y parte de un ejemplar del molusco opistobranquio *Doris pseudoargus*, en la parte inferior izquierda. (F) Especie de pagúrido sobre fondo de arena. (G) Muestra recogida por el patín, con numerosos ejemplares del poliqueto *Hyalinoecia tubícola* y del erizo *Echinus acutus.* (H) Muestra de un fondo detrítico dominado por invertebrados con *Alcyonium palmatum.*

Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales

HÁBITATS LISTA PATRÓN

03040515 Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales

- 0304051505 Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales con ascidias solitarias *(Ascidia, Phallusia, Polycarpa, Microcosmus, Molgula)*
- 0304051510 Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales con *Alcyonium palmatum, Pennatula rubra* y *Spinimuricea* cf. *atlantica*

HÁBITATS EUNIS

A5.46 Mediterranean animal communities of coastal detritic bottoms

ANEXO I - DIRECTIVA HÁBITATS

1110 Sandbanks

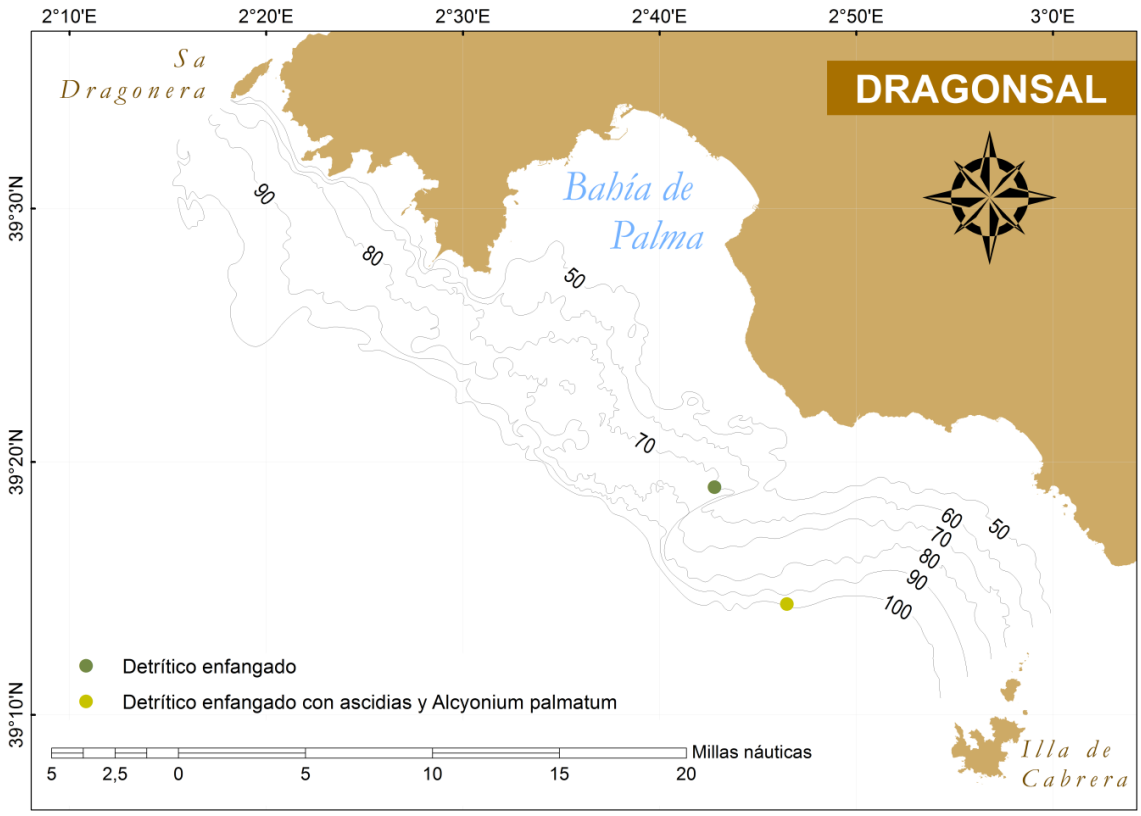


Fig. 103. Mapa de la plataforma sur de Mallorca mostrando los puntos de muestreo en los que fueron hallados fondos detríticos enfangados.

Este tipo de hábitat se encontró entre 95 y 98 m de profundidad. Ambas zonas de muestreo (Fig. 103) se caracterizan por la ausencia total de algas (Fig. 104) y, en el caso del punto situado más al norte, por la presencia de sedimento con granulometría muy fina o arena fangosa.

La muestra recogida con el patín epibentónico (Fig. 105) contenía un gran número de ascidias solitarias, que en conjunto constituyen el 20% de los animales y el 37% del peso de la muestra. La mayor cantidad de ascidias correspondió a la especie *Ascidia mentula*, aunque también se encontraron otras especies como *Ascidiella scabra, Ascidiella aspersa* o *Ascidia virginea*. El cnidario *Alcyonium palmatum* fue la especie más abundante en la muestra, tanto en términos de densidad (37% de los animales) como de biomasa (43% del peso) y, aunque su abundancia fue mucho menor, también se detectó la presencia del antozoo *Pennatula rubra.*

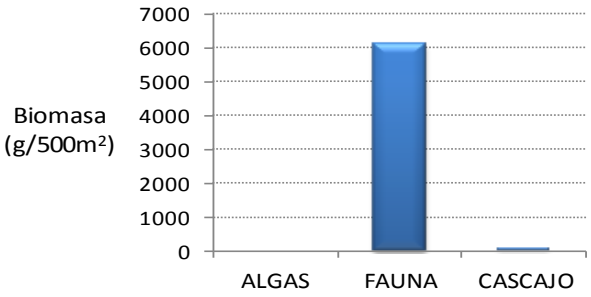


Fig. 104. Biomasa de algas, fauna y cascajo en la muestra recogida con el patín epibentónico.

Fig. 105. Muestra recogida con el patín epibentónico sobre un fondo detrítico enfangado con abundancia de *Ascidia mentula* y *Alcyonium palmatum.*

Debido a la alta representatividad de ambos grupos de animales (Fig. 106), esta zona ha sido identificada como un **Fondo detrítico enfangado infralitoral y circalitoral con ascidias solitarias *(Ascidia, Phallusia, Polycarpa, Microcosmus, Molgula)* (0304051505)**, además de un **Fondo detrítico enfangado infralitoral y circalitoral con *Alcyonium palmatum, Pennatula rubra* y *Spinimuricea* cf. *atlantica* (0304051510)**.

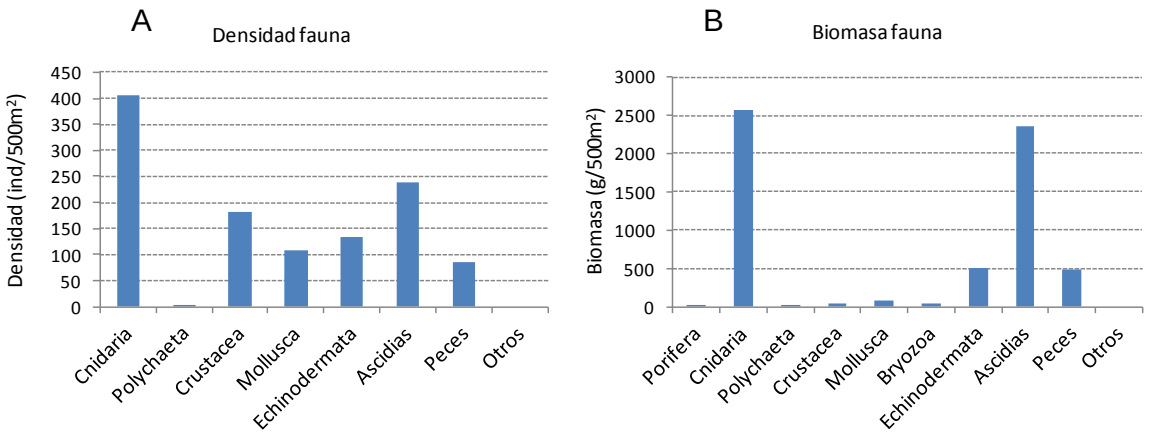


Fig. 106. (A) Número de individuos por grupo faunístico en la muestra del patín epibentónico (B) biomasa de los distintos grupos en la muestra analizada.

Además de las especies mencionadas anteriormente, en las zonas de muestreo se identificaron varias especies de crustáceos (*Anapagurus laevis* entre otros), moluscos (principalmente gasterópodos y bivalvos) y equinodermos (*Astropecten spinulosus, Ophiothrix fragilis, Spatangus purpureus*) (Fig. 107 A, B). Mediante las imágenes del ROV fue posible detectar en uno de los puntos de muestreo la presencia de especies que habitualmente se distribuyen en zonas profundas, como el erizo *Cidaris cidaris* o el cnidario Colònial *Anthomastus* sp. (Figs. 107 C, D).

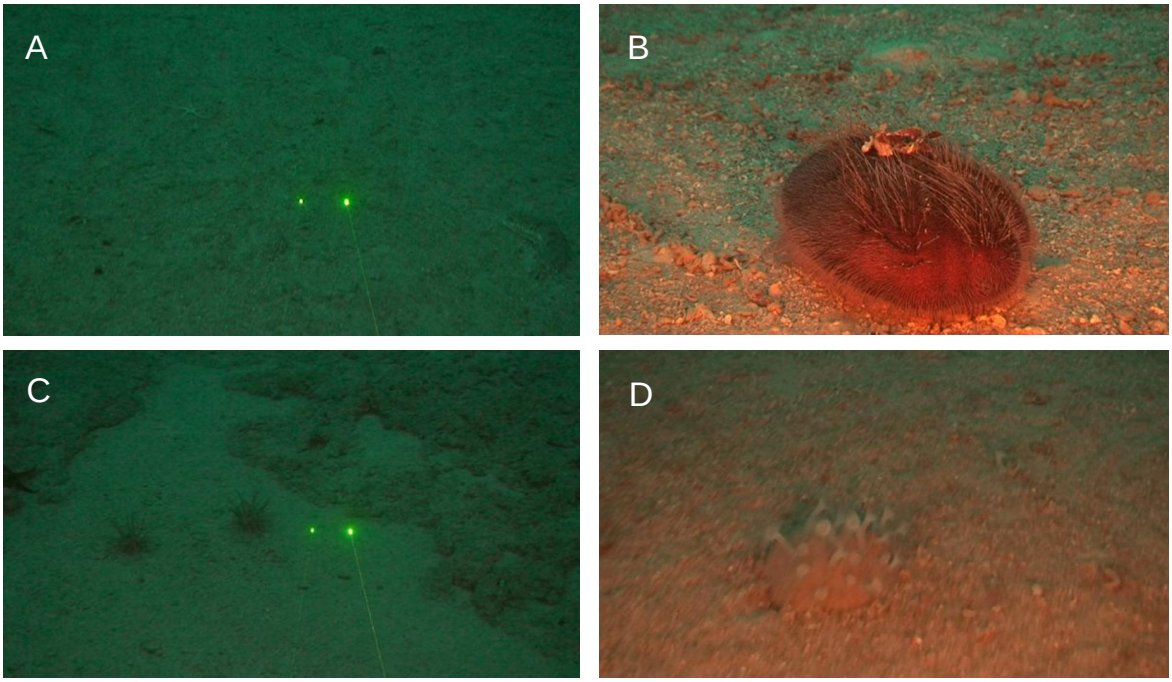


Fig. 107. (A) Fondo detrítico con una holoturia a la derecha de la imagen. (B) Ejemplar de *Spatangus purpureus*. (C) Dos erizos de la especie *Cidaris cidaris*. (D) Octocoral del género *Anthomastus.*

5.3. Riqueza específica

		Filo/ Subfilo	Clase/ Orden	Nº especies/ taxones
ALGAS		Rhodophyta		85
		Chlorophyta		10
		Ochrophyta		23
FANERÓGAMAS				1
FAUNA	Invertebrados	Porifera		11
		Cnidaria		13
			Scyphozoa	2
			Hydrozoa	1
			Anthozoa	10
		Polychaeta		9
		Sipuncula		1
		Echiura		2
		Crustacea		69
			Decapoda	65
			Otros	4
		Mollusca		84
			Gastropoda	53
			Polyplacophora	1
			Bivalvia	25
			Cephalopoda	5
		Brachiopoda		1
		Bryozoa		9
		Echinodermata		31
			Crinoidea	2
			Asteroidea	11
			Ophiuroidea	6
			Echinoidea	7
			Holothuroidea	5
		Tunicata		45
	Vertebrados			49
			Elasmobranchii	2
			Actinopterygii	47
Nº TOTAL ESPECIES				443

Tabla 10. Clasificación y número de especies encontradas durante la campaña biológica.

Como resultado de la campaña oceanográfica biológica, fueron identificadas un total de 443 especies, de las cuales 118 correspondieron a algas, 324 a animales y 1 especie de fanerógama marina (Tabla 10).

Dentro del grupo de las algas, el filo Rhodophyta es el que presentó una mayor riqueza, seguido de los filos Ochrophyta y Chlorophyta. En cuanto a la fauna, en el área de estudio se encontraron durante la campaña, 49 especies de peces y 275 de invertebrados, principalmente moluscos (destacando gasterópodos y bivalvos) y crustáceos decápodos, aunque también se identificaron un gran número de tunicados y equinodermos (Fig. 108). La lista completa de especies de algas y animales ha sido incluida en el Anexo I--Lista de especies DRAGONSAL.

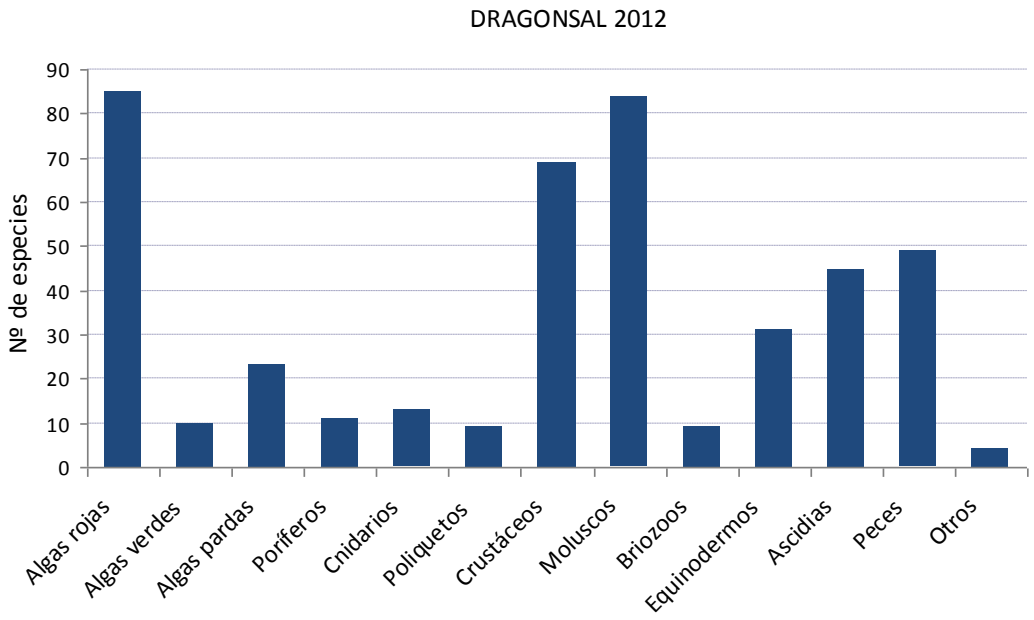


Fig. 108. Número de especies de algas y animales identificadas durante la campaña biológica DRAGONAL.

Como ya se ha comentado en la Introducción, el Instituto Español de Oceanografía ha realizado desde el año 2001 diversas campañas de investigación en la plataforma y talud continental de Mallorca. Aunque su finalidad es conocer el estado ecológico de los principales hábitats y especies comerciales explotadas por la pesquería de arrastre, como

resultado de estos estudios también se ha recopilado gran cantidad de información sobre las especies bentónicas presentes en Baleares. En la Tabla 11 se muestra el número de especies halladas durante las campañas BALAR, MEDITS y MIGJORN durante el periodo 2001-2012, en la plataforma sur de Mallorca entre 50 y 100 m de profundidad, así como el número de especies identificadas en la campaña biológica DRAGONSAL, que no habían sido inventariadas previamente en la zona.

Nº de especies Plataforma Sur de Mallorca

	BALAR, MEDITS y MIGJORN	DRAGONSAL	Todas las Campañas (2001-2012)
Algas	107	63	170
Poríferos	35	2	37
Cnidarios	23	2	25
Poliquetos	9	4	13
Crustáceos	66	35	101
Moluscos	103	36	139
Briozoos	7	7	14
Equinodermos	40	6	46
Ascidias	69	4	73
Peces	129	10	139
Otros	11	1	12
TOTAL	599	170	769

Tabla. 11. Número de especies identificadas durante las campañas BALAR, MEDITS y MIGJORN, especies identificadas en DRAGONSAL (no inventariadas en campañas previas) y número total de especies identificadas en la plataforma sur de Mallorca.

Como se puede observar en la tabla, el número de especies en la plataforma sur de Mallorca suma un total de 769, de las cuales la mayor parte, 170 especies, corresponde a las algas. También es significativo el número de moluscos, crustáceos y peces, aunque en este último grupo hay que señalar que la mayor parte de las especies fueron halladas en las campañas previas a DRAGONSAL, en las cuales se utilizó un tipo de arte más apropiado para la captura de peces.

En la Fig. 109 A se puede observar de manera gráfica el número de especies presentes en la zona de estudio, como resultando de la información obtenida en las campañas BALAR, MEDITS y MIGJORN (2001-2012) y de la campaña DRAGONSAL-2012. También se puede ver el porcentaje de especies aportadas por el proyecto DRAGONSAL al total de especies inventariadas en la plataforma sur de Mallorca (Fig. 109 B).

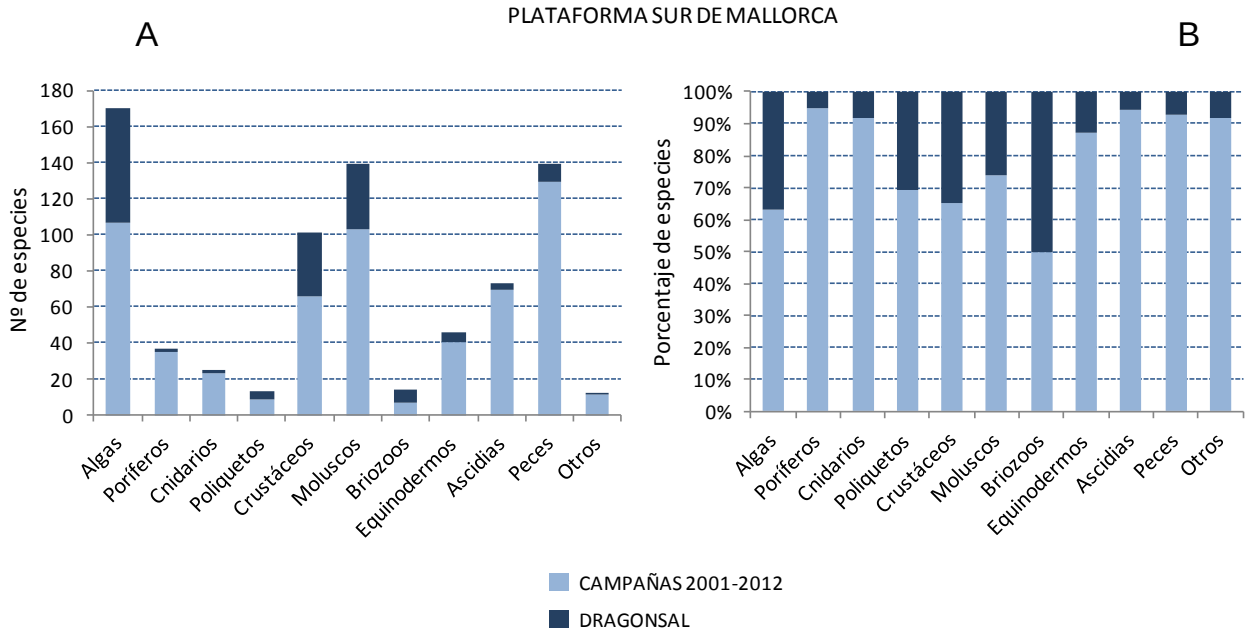


Fig. 109. (A) Número de especies en la zona de estudio aportadas por las campañas previas al 2012 y por DRAGONSAL. (B) Porcentaje de especies aportado por DRAGONSAL al total de especies conocidas para la zona y porcentaje aportado en las campañas anteriores.

Respecto al **número de especies por hábitat**, los “Fondos detríticos infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados” son los que presentaron una mayor riqueza específica, con 278 especies, probablemente debido a que la intensidad de muestreo en este tipo de fondos fue superior al resto (n = 10). Con 258 especies, le siguen los fondos de rodolitos y macroalgas (n = 4), que además destaca por ser el tipo de hábitat con mayor número de especies de algas identificadas. El hábitat con menor riqueza fue el enfangado (n = 1), representado por 59 especies de animales, de los cuales la mayor parte correspondieron a crustáceos, moluscos y peces. Puesto que este tipo de fondo se encontró cerca de los 100 m de profundidad, no aparecieron algas debido a la escasez de luz.

En la Tabla 12 se indica el número de especies de algas y de los distintos grupos faunísticos identificados por hábitat. Los recuadros de color gris corresponden a los filos con mayor número de especies por hábitat. Además, en la Fig. 110 se puede ver una representación gráfica del número total de especies por hábitat, diferenciando en distinto color la fracción correspondiente a algas y a fauna.

Nº DE ESPECIES / TIPO DE HÁBITAT

	Coralígeno	Ofiuras	Rodolitos y macroalgas	*P. calcareum/ L. corallioides*	*Spongites fruticulosus*	*Peyssonnelia* spp.	*P. crispa/ O. volubilis*	*Halopteris filicina*	Cascajo	Rodolitos y cascajo	Inverteb.	Enfangados
	n=2	n=2	n=4	n=2	n=1	n=7	n=3	n=1	n=2	n=2	n=10	n=1
ALGAS	46	16	87	43	34	73	73	26	24	19	59	0
PORIFEROS*	1	1	5	1	2	7	9	1	1	2	2	1
CNIDARIOS*	1	5	5	3	1	3	5	0	6	5	8	6
POLIQUETOS*	2	3	3	6	5	4	3	2	4	3	9	1
CRUSTÁCEOS	23	15	41	25	21	33	32	20	26	20	50	13
MOLUSCOS	22	18	33	24	15	34	37	15	22	18	57	11
BRIOZOOS*	4	4	6	6	1	3	7	3	1	4	7	2
EQUINODERMOS	13	13	20	9	6	16	15	10	13	12	26	7
ASCIDIAS	20	7	33	20	18	21	27	9	12	7	32	8
PECES	12	9	25	15	6	14	15	5	13	10	27	10
OTROS	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
TOTAL	**144**	**91**	**258**	**152**	**109**	**210**	**223**	**91**	**122**	**100**	**278**	**59**

Tabla 12. Número de especies presentes en cada tipo de hábitat.

(n= número de muestras).

* Debido a que en muchos casos los ejemplares recogidos aparecieron fragmentados y a la dificultad que entrañan estos filos, en los grupos marcados con un asterisco sólo fue posible identificar una parte de las especies recogidas.

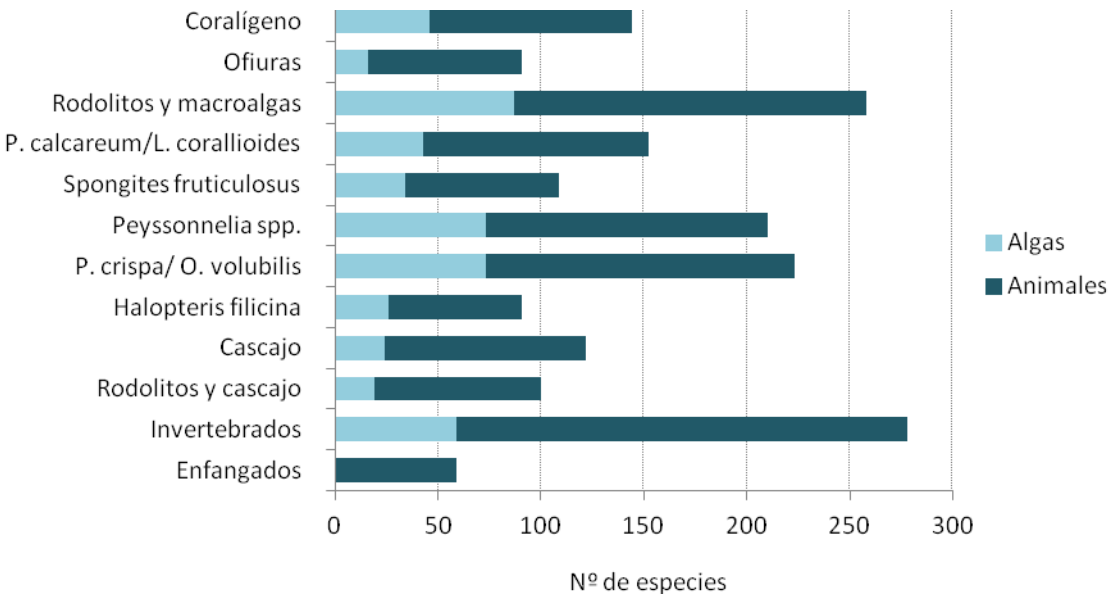


Fig. 110. Número total de especies de algas y animales identificadas en cada tipo de hábitat.

En cuanto al promedio del número total de especies por hábitat, la mayor riqueza específica correspondió a "Fondos detríticos con *Phyllophora crispa/Osmundaria volubilis"* seguido de "Fondos de maërl con dominancia de *Phymatolithon calcareum/Lithothamnion corallioides*" y de "Rodolitos y macroalgas foliosas en fondos detríticos biógenos" (Figs. 111, 112).

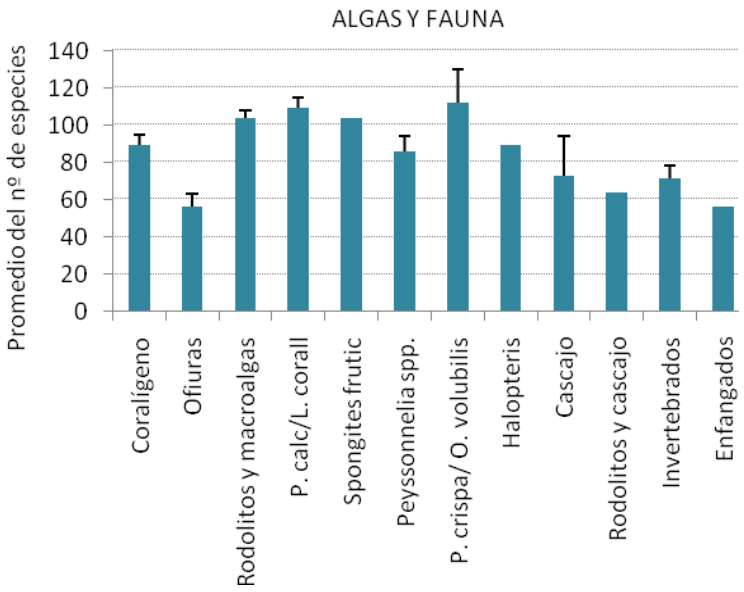


Fig. 111. Número medio de especies de algas y animales presentes en cada tipo de hábitat.

En total se identificaron un máximo de 7 especies de algas correspondientes al orden Corallinales, mientras que la gran mayoría pertenecía a otros órdenes distintos (agrupados aquí como “otras especies”).

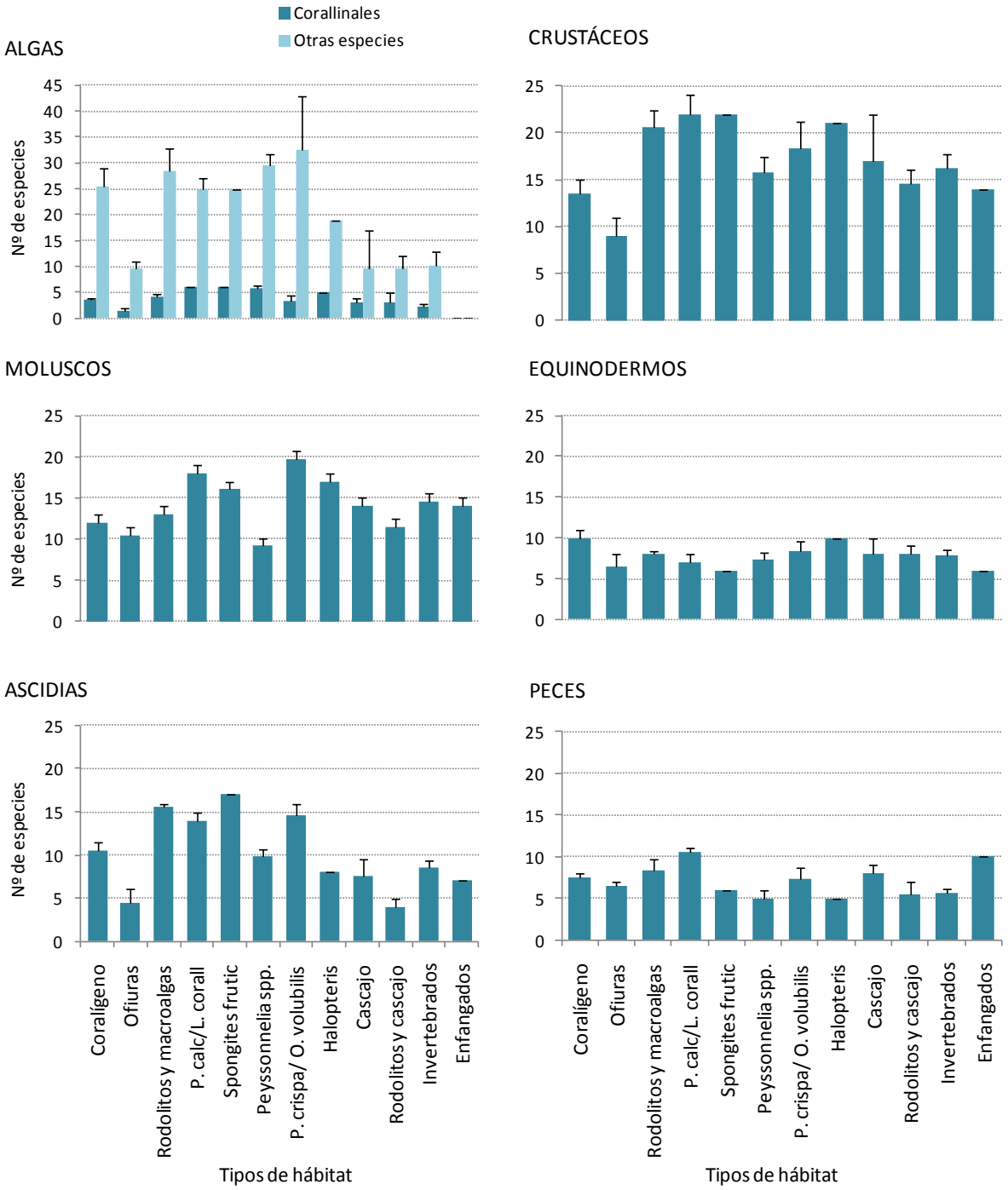


Fig. 112. Promedio del número de especies identificadas en las muestras de patín epibentónico para cada tipo de hábitat.

En cuanto al promedio del **número de individuos** (Fig. 113), la mayor densidad de animales se encontró en los "Fondos detríticos biógenos con *Halopteris filicina"* seguido de fondos de "Rodolitos y macroalgas foliosas". Por el contrario, los hábitats con menor

número de ejemplares fueron los “Fondos dominados por ofiuras”, así como los fondos de “Coralígeno con dominancia de algas” (muestras de fragmentos de coralígeno) y los “Fondos de de cascajo biógenos”.

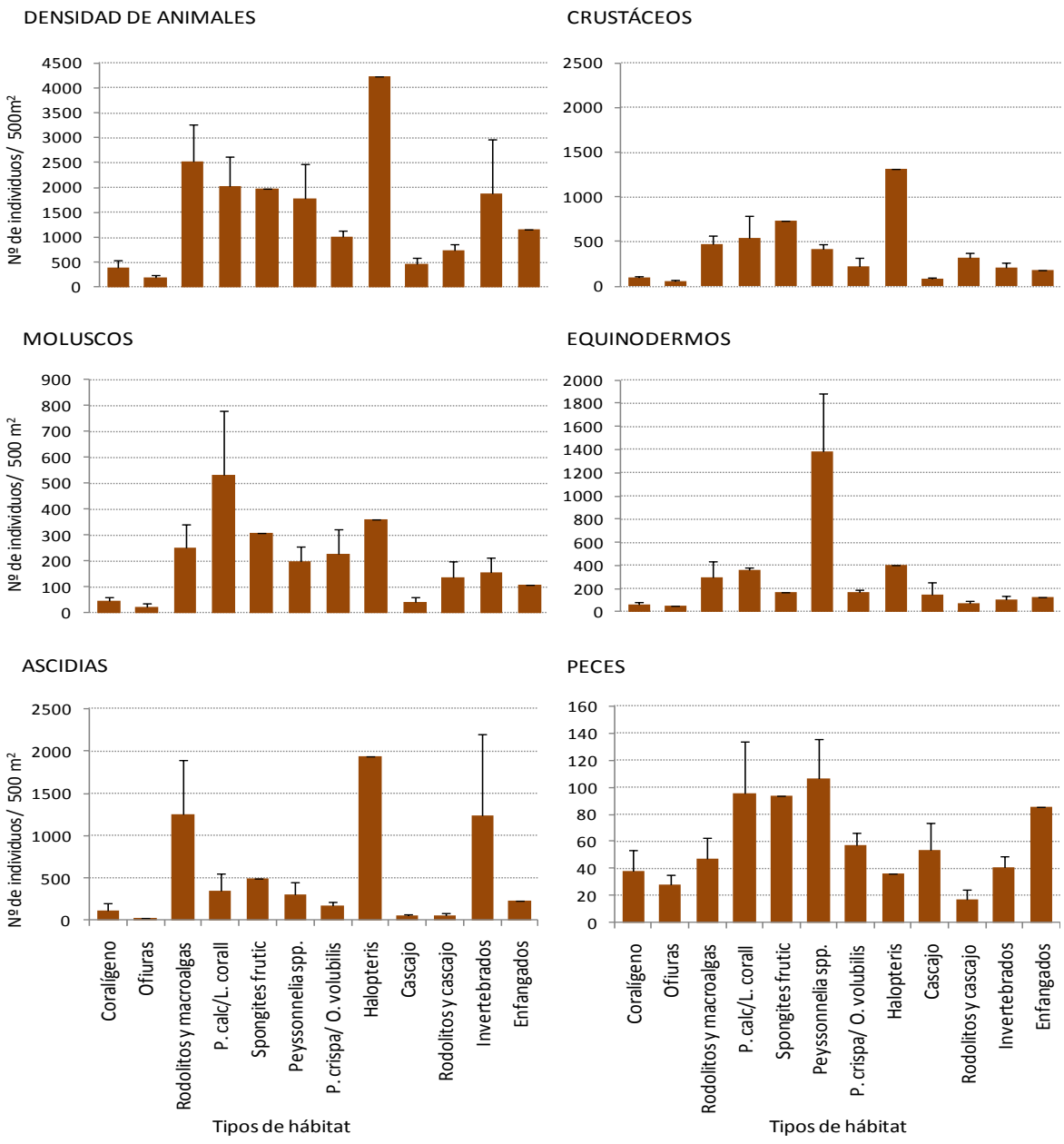


Fig. 113. Promedio de la densidad faunística (número de individuos/500 m^2) para cada tipo de hábitat (se han excluido esponjas y briozoos, debido a la ausencia de datos sobre el número de ejemplares).

La cobertura del fondo en términos de **biomasa**, viene determinada por las algas presentes en el medio, y sólo una mínima parte del peso corresponde a animales (Fig.

114). Los “Fondos de maërl con dominancia de *Peyssonnelia* spp.” con una media de 575 kg/500 m^2, son los tienen mayor cobertura algal. En contraste, los fondos detríticos enfangados, los dominados por ofiuras, los de cascajo biógenos y los detríticos dominados por invertebrados, se caracterizan por la ausencia total de algas o la baja cobertura algal.

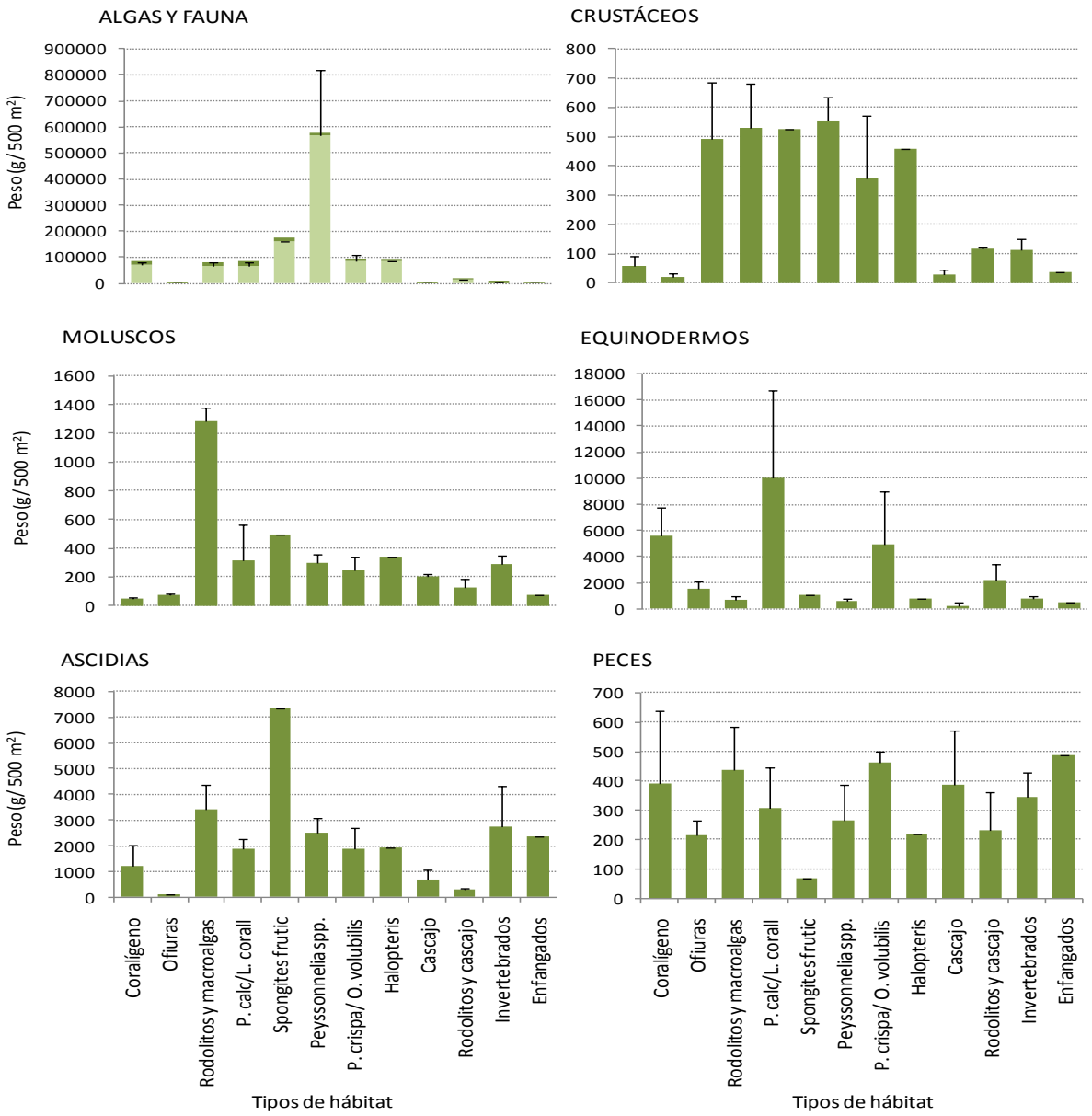


Fig. 114. Promedio del peso total de algas y animales en los distintos tipos de hábitats, y biomasa media de los principales grupos faunísticos en cada hábitat.

5.4. Cartografía bionómica de los principales hábitats de interés

Además de los mapas señalizando los puntos donde se han encontrado cada uno de los 21 hábitats identificados, correspondientes a los niveles 4 y 5 de la Lista Patrón (Fig. 54, 61, 65, 69, 80, 86, 90, 94, 98 y 103), y en el caso de los hábitats de especial interés (coralígeno, maerl y algas rojas blandas), se han realizado diversas extrapolaciones empleando técnicas de geoestadística a fin de extender los valores medidos en el punto discreto de muestreo al resto del área de estudio, tal y como se detalla en el apartado 3.3 de la sección Metodología.

El **coralígeno** se distribuye en la zona comprendida entre Cala Figuera y Cap Blanc, a profundidades superiores a 60 m y hasta el máximo límite de profundidad estudiado (100 m) (Fig. 115). Al sur de Cap Blanc, entre Punta de Cala Beltrán y Punta Plana, existe otra zona importante con coralígeno, situada entre 80 y 100 m.

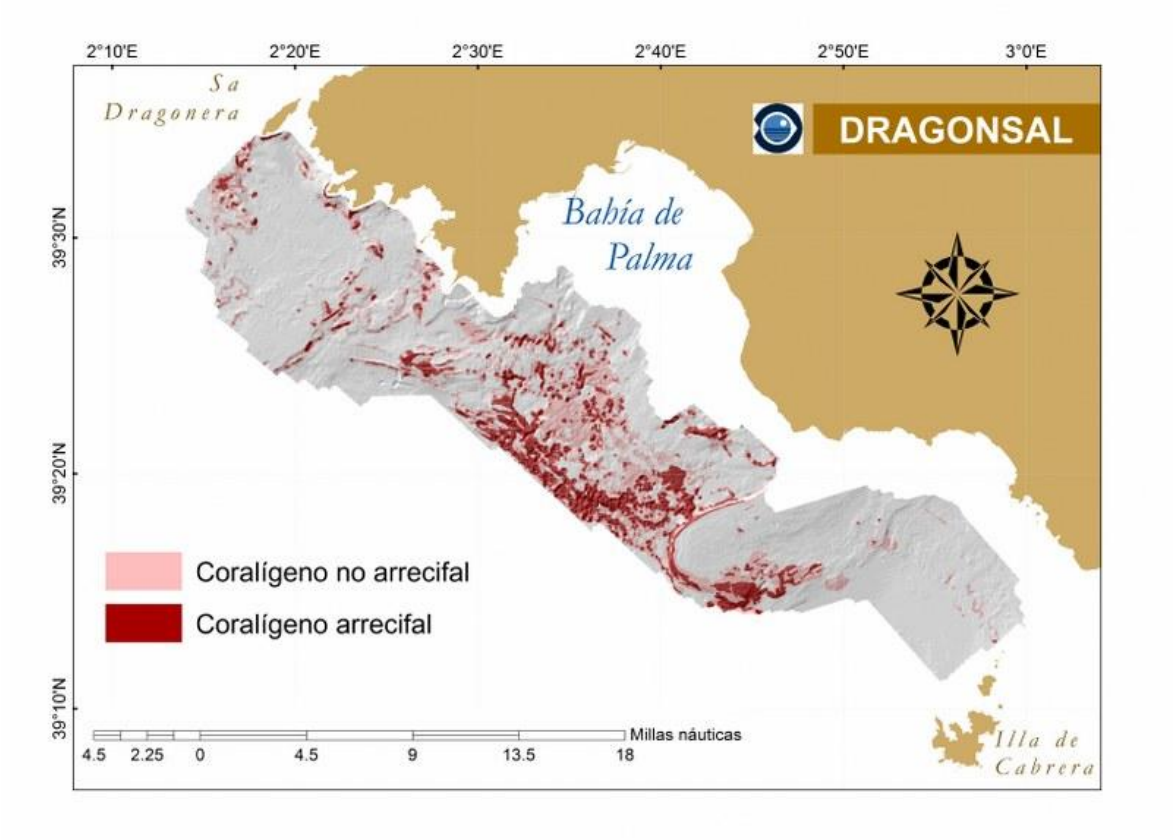


Fig. 115. Mapa que muestra la superficie cubierta por arrecifes de coralígeno y por concreciones de coralígeno no arrecifal. Mapa generado a partir de una clasificación supervisada de la rugosidad del fondo medida como variabilidad en la dirección de la normal de celdas contiguas en el MDE (Hobson, 1972), y un total de 77 estaciones de muestreo realizadas cada una con uno o varios de los siguientes instrumentos: ROV, trineo de video remolcado, cámara IPSE, Beam trawl, draga de roca.

Los fondos de **maerl** se encuentran aprofundidades inferiores a 80 m, principalmente frente a la bahía de Palma y entre Punta Plana y el Cap de Ses Salines (Fig. 116). Para elaborar este mapa se ha tenido en cuenta la abundancia de las especies coralinaceas *Lithophyllum racemus, Lithothamnion coralliodes, Lithothamnion valens, Phymatolithon calcareum y Spongites fruticulosus.* No se ha tenido en cuenta la abundancia de *Peyssonnelia rosa-marina*, que en su forma *rosa-marina* es dura y puede considerarse parte del maerl, a diferencia de su forma saxicola, que es blanda. Durante la campaña no se diferenciaron ambas formas de *Peyssonnelia rosa-marina.*

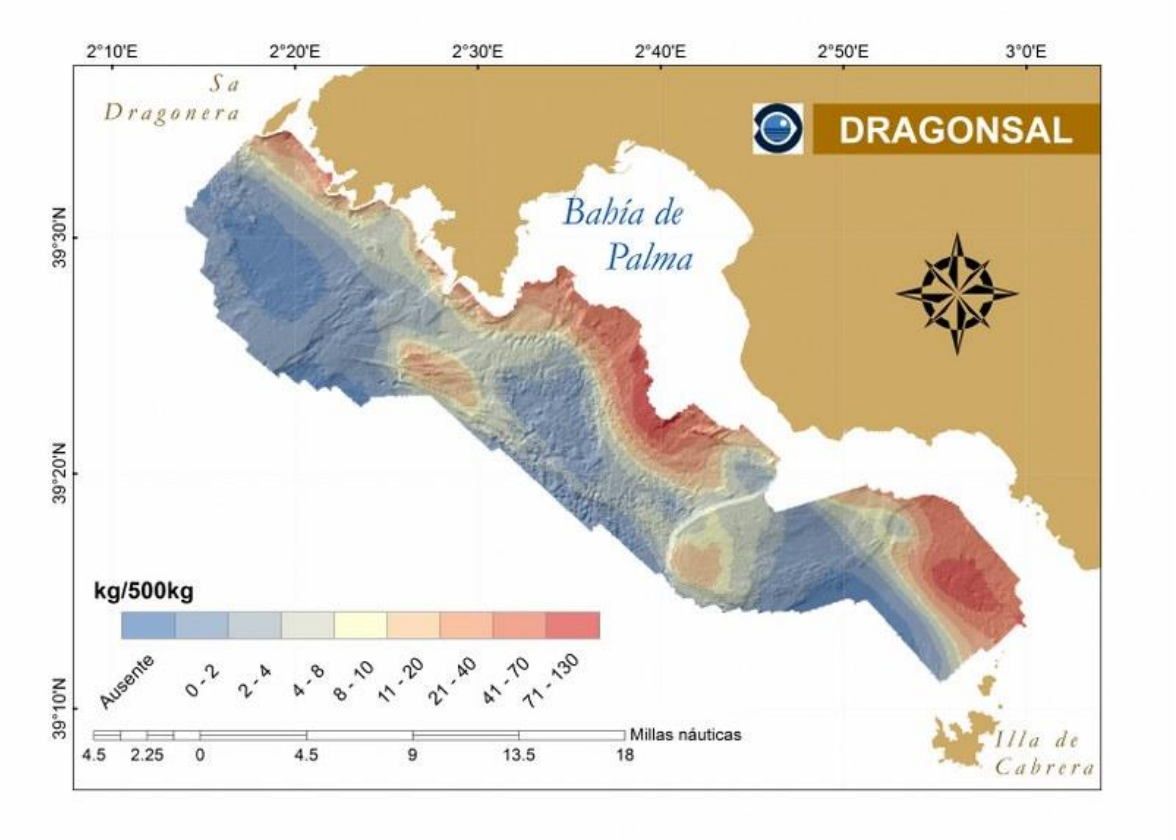


Fig. 116. Mapa densimétrico que representa la distribución de mäerl deducida a partir de los valores de densidad muestreados en 37 estaciones. El método de interpolación empleado es un CoKriging en el que se ha tenido en cuenta la correlación espacial entre la variable interpolada y tres conjuntos de datos más: La profundidad, el Índice de concavidad/convexidad del fondo y la distribución de materia orgánica. Se ha elegido un modelo esférico anisotrópico con predominancia del eje Noroeste-Sudeste y factor de anisotropía de 1.5.

Respecto a los fondos de algas rojas blandas, aunque no están sujetos a ninguna medida de protección si que son de interés ecológico, pues han sido identificados como hábitats esenciales. Estos hábitats son muy importantes para las poblaciones de especies explotadas al aumentar la complejidad estructural de las comunidades bentónicas. Se ha demostrado que tienen un papel fundamental en la biología de algunas especies de peces de plataforma, ya que los individuos capturados en estos hábitats muestran una mejor condición fisiológica y presentan un crecimiento más rápido (Ordines et al., 2009). Las facies de algas rojas pueden actuar como “oasis” de alta producción secundaria en un entorno

oligotrófico como es el mar Balear, lo que refuerza la necesidad de la protección de estos hábitats frente a los impactos antropogénicos.

Las mayores biomasas de algas blandas en la zona de estudio se encuentran entre el Cap de Regana y Cap Blanc, y también frente a la cala de Santa Ponsa, Isla del Toro, cap de Cala Figuera, Punta de Cala Beltrán (Fig. 117). Para elaborar este mapa se ha tenido en cuenta la abundancia de todas las algas no coralináceas, incluidas las 3 especies del género Peyssonnelia identificadas (*Peyssonnelia inamoena, Peyssonnelia rubra* y *Peyssonnelia rosa-marina*).

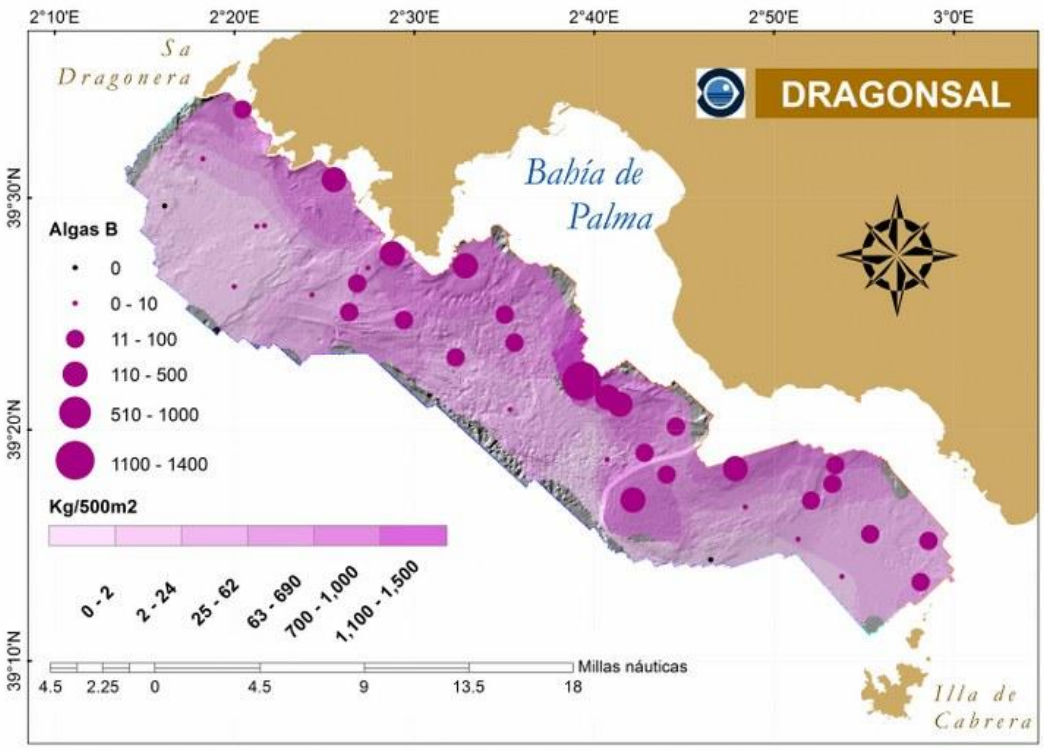


Fig. 117. Mapa densimétrico que representa la distribución de algas no formadoras de rodolitos deducida a partir de los valores de densidad muestreados en 37 estaciones. Se ha empleado un algoritmo de interpolación con barreras ponderado por la profundidad y empleando barreras fisiográficas interpretadas a partir del MDE.

6. ACTIVIDAD PESQUERA

COB

6. ACTIVIDAD PESQUERA

6.1. Evolución temporal de capturas y esfuerzo de la flota de arrastre

En la Tabla 13 se muestra la evolución del número de embarcaciones de arrastre en los puertos de Andratx, Palma y Santanyí, así como del total de Mallorca, entre los años 2000 y 2011. Durante dicho periodo de tiempo la flota de Andratx ha permanecido prácticamente constante en 8 embarcaciones, a excepción de los años 2004 y 2005, cuando se vio incrementada a 9. En Palma el número de embarcaciones ha ido variando entre un máximo de 13 en 2001 y un mínimo de 7 en 2011. En Santanyí la flota ha sufrido pocas variaciones, desde el máximo de 6 embarcaciones en 2001-2002 hasta 4 unidades en 2010 y 2011. Para el conjunto de Mallorca se observa una disminución progresiva del número de arrastreros a lo largo del periodo considerado, desde un máximo de 45 unidades en 2001 a un mínimo de 32 en 2011.

Año	Andratx	Palma	Santanyí	Mallorca
2000	8	12	5	42
2001	8	13	6	45
2002	8	12	6	41
2003	8	11	5	39
2004	9	10	5	37
2005	9	10	5	37
2006	8	10	5	36
2007	8	11	5	37
2008	8	8	5	34
2009	8	10	5	36
2010	8	8	4	33
2011	8	7	4	32

Tabla 13. Evolución del número de unidades de la flota de arrastre a lo largo del periodo 2000-2011 en los puertos de Andratx, Palma y Santanyí y el total de la isla de Mallorca.

Los desembarcos anuales de la flota de arrastre en Mallorca durante los últimos años han experimentado pocas variaciones, manteniéndose entre las 1.400 y las 1.500 t desde el 2006 (Fig. 118). Además, se observa una clara tendencia ascendente en la CPUE desde el año 2003 hasta 2010, aunque desciende ligeramente en 2011.

Los desembarcos en Andratx y Palma alcanzaron igualmente un máximo en 2001, mientras que en Santanyí se aprecia un máximo en 2001-2002 y otro en 2007. Durante el 2011 las capturas fueron menores que en el 2010 en Andratx y Santanyí. Por el contrario, aumentaron en el puerto de Palma, así como la CPUE.

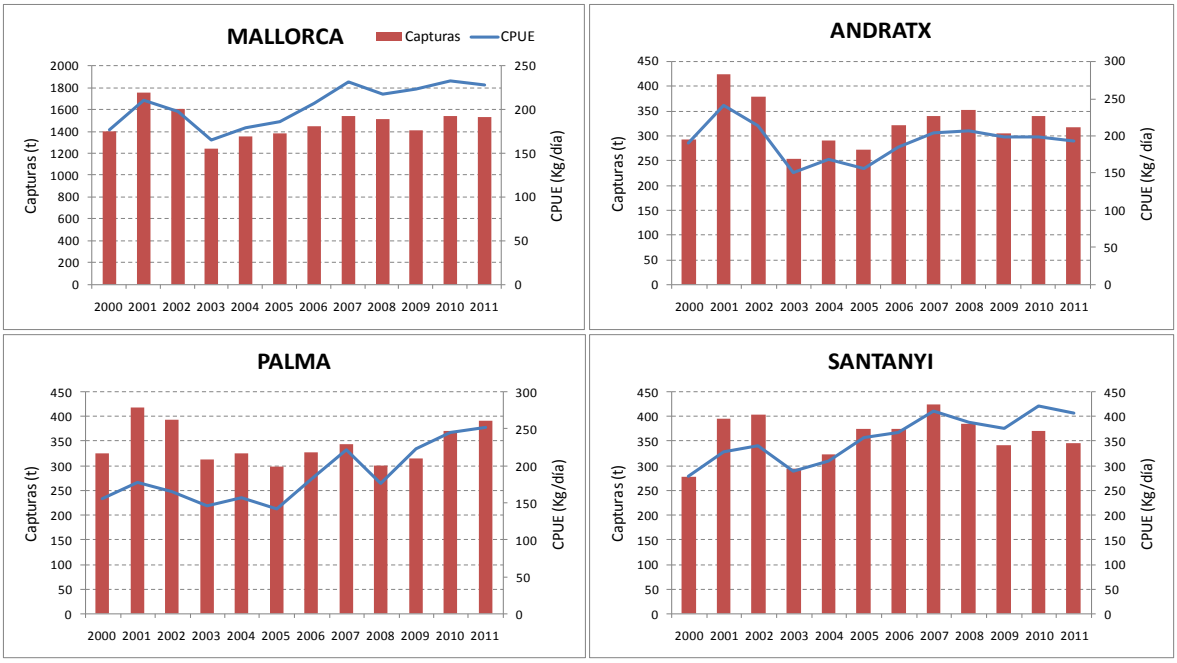


Fig. 118. Evolución de las capturas (t, toneladas) y capturas por unidad de esfuerzo (CPUE en kg/día) de los puertos del sur de Mallorca con flota de arrastre así como para el total de la isla de Mallorca durante el periodo 2000-2011.

En Andratx (Fig. 119) las mayores capturas se reparten por igual entre la gamba roja (*Aristeus antennatus*) y el maire (*Micromesistius poutassou*), seguidos por el gerret (*Spicara smaris*) y la morralla (conjunto de especies de peces de sopa). El moll vermell (*Mullus surmuletus*) y el llus (*Merluccius merluccius*), dos de las principales especies comerciales de plataforma, representaron aproximadamente el 5% de las capturas cada una de ellas. El conjunto de estas seis especies o categorías comerciales representan casi un 50% del total de desembarques en Andratx. El maire es la que ha

sufrido mayores fluctuaciones en el volumen de capturas a lo largo del tiempo, con un pico histórico de 78 t en 2001 seguido por un mínimo de 13 t en 2003 y otro pico menor en 2007-2008 que se reduce de nuevo en el 2011. Tanto la gamba roja como el gerret disminuyeron durante el 2011 respecto al año anterior.

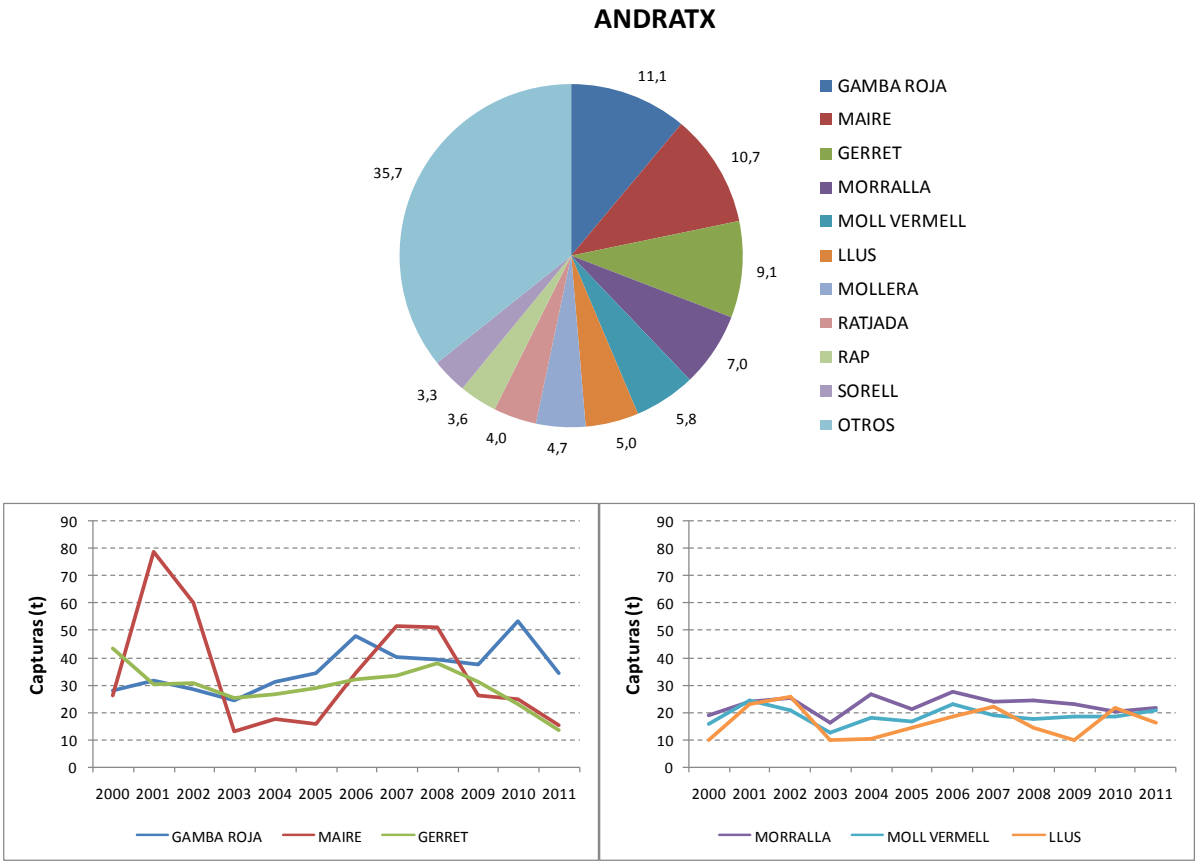


Fig. 119. Porcentaje de especies capturadas en el puerto de Andratx y evolución de las capturas de las principales especies comerciales a lo largo de la serie histórica 2000-2011.

Al igual que en Andratx, en el puerto de Palma las principales capturas corresponden al maire y gamba roja, cada uno de los cuales representa un 12% de los desembarcos (Fig. 120). De nuevo el desembarco de maire es el que sufre mayores variaciones a lo largo de la serie histórica, con máximos en el 2001 y 2007 y mínimos entre el 2003 y 2005 y en el 2011.

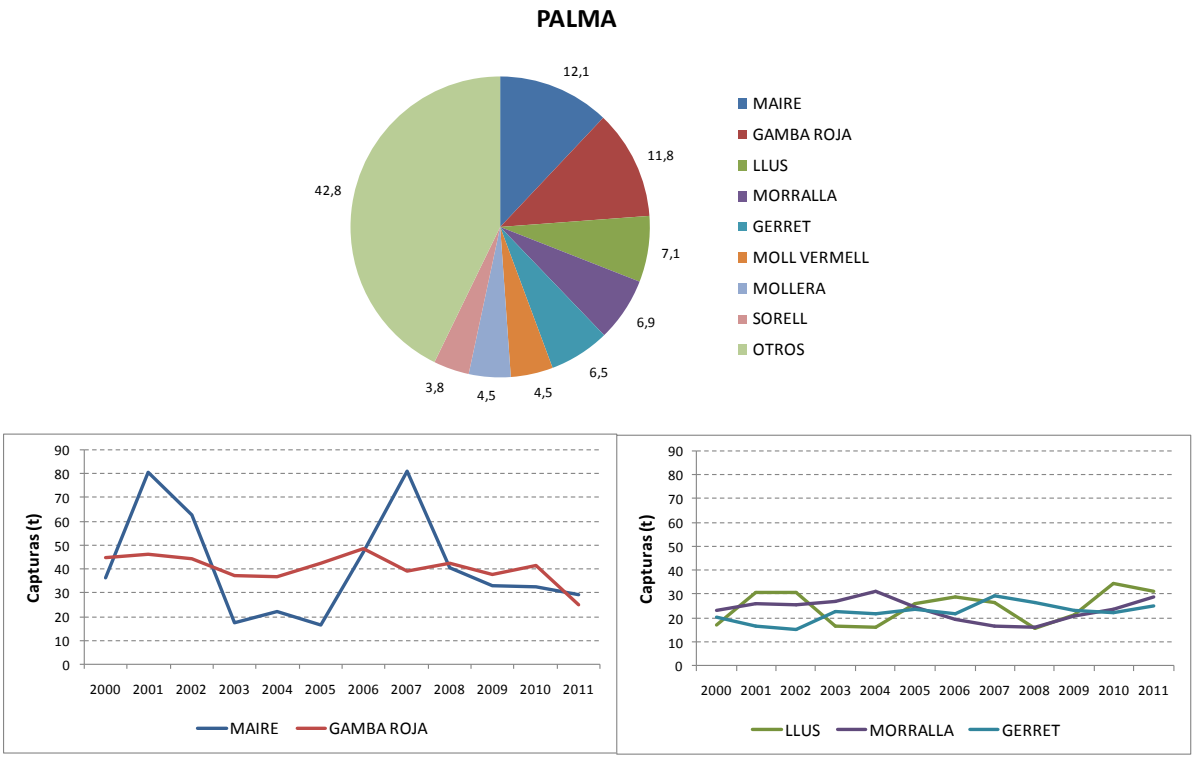


Fig. 120. Porcentaje de especies capturadas en el puerto de Palma y evolución de las capturas de las principales especies comerciales a lo largo de la serie histórica 2000-2011.

En el puerto de Santanyí (Fig. 121), el pop representa un 20% de las capturas, seguido de la morralla y el gerret (ambas con un 17%). Estas especies, junto con el moll vermell (10%), sorell y ratjada (ambas con un 5%) representan aproximadamente el 75% del total capturado.

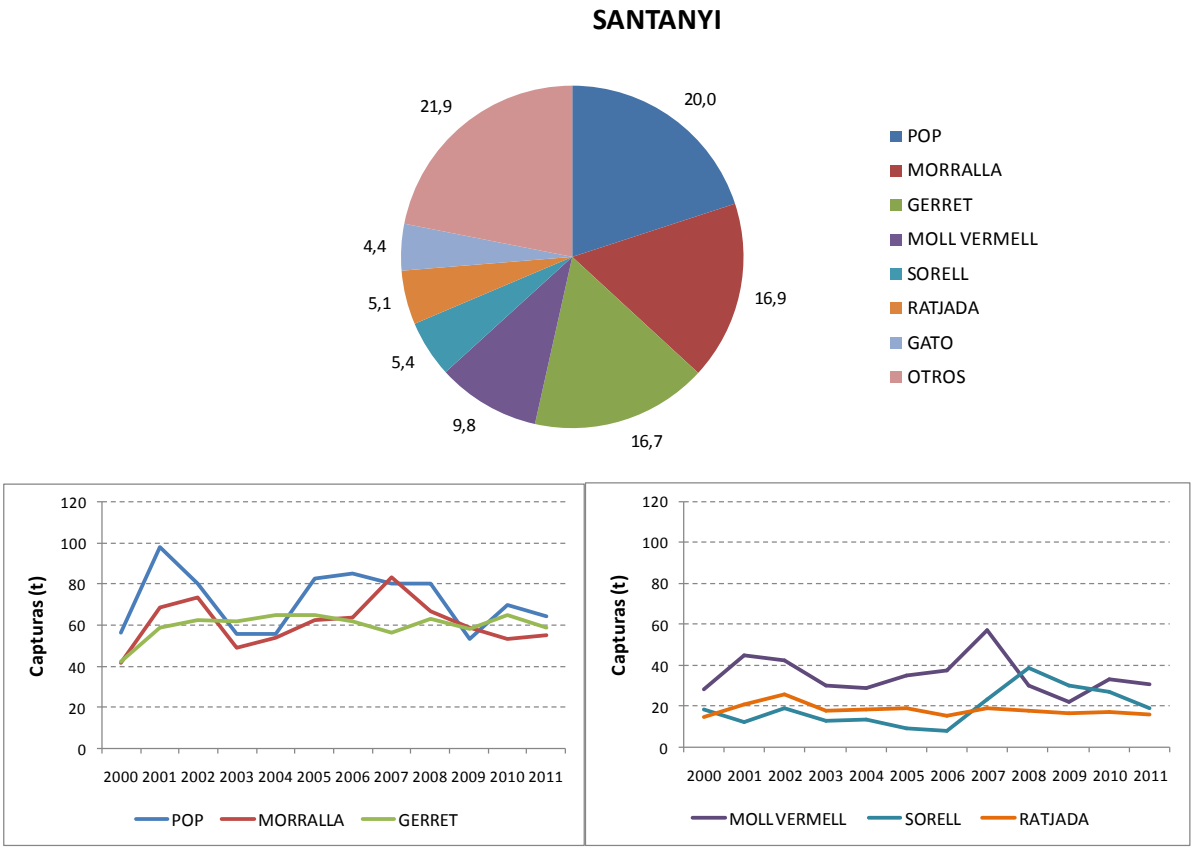


Fig. 121. Porcentaje de especies capturadas en el puerto de Santanyí y evolución de las capturas de las principales especies comerciales a lo largo de la serie histórica 2000-2011.

Por último, se representa la evolución del esfuerzo pesquero a lo largo de la serie histórica 2000-2011 (Fig. 122). La medida de esfuerzo utilizada es el número de días trabajado por el total de la flota de cada puerto durante el transcurso de un año. Se observa una disminución significativa del esfuerzo en los puertos de Palma y Santanyí, pero no en el caso de Andratx, en el que se han producido variaciones importantes con dos mínimos en 2000 y 2009 y un máximo en 2002. El esfuerzo de pesca en el total de Mallorca ha seguido la misma tendencia negativa observada en Palma y Santanyí.

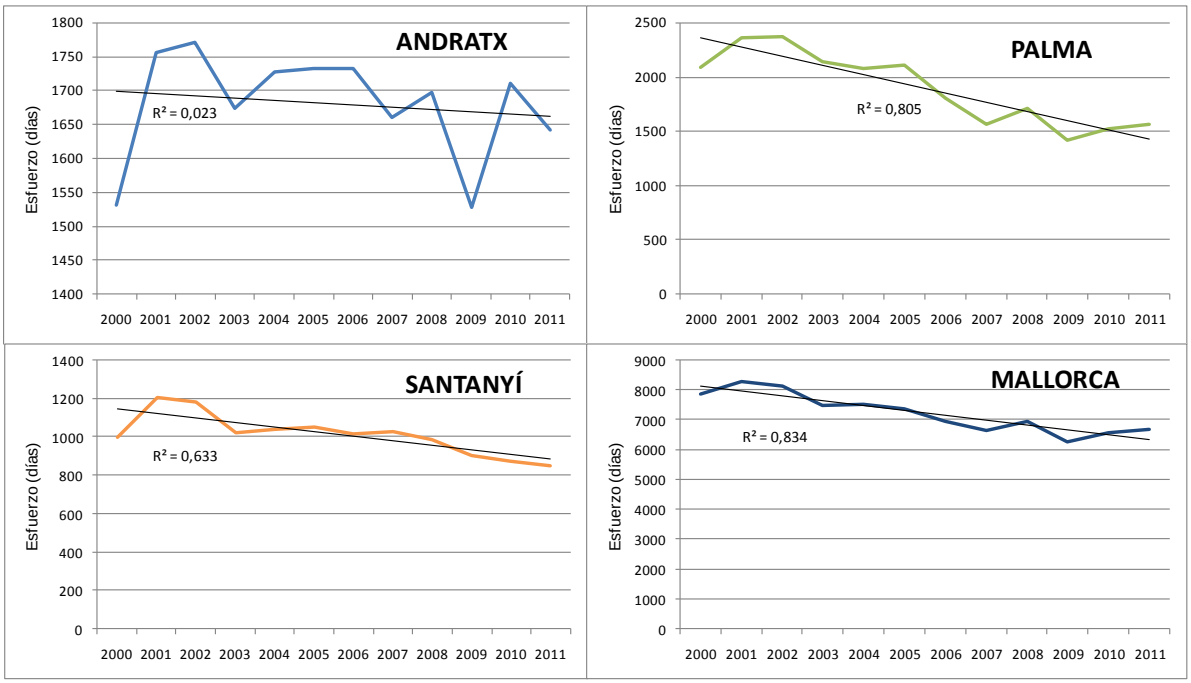


Fig. 122. Evolución del esfuerzo pesquero (nº de días) de la flota de arrastre a lo largo del periodo 2000-2011 en los puertos de Andratx, Palma y Santanyí, así como para el total de Mallorca.

6.2. Evolución temporal de capturas y esfuerzo de artes menores

Los puertos pesqueros con embarcaciones de artes menores que trabajan en el área de estudio son cuatro: Andratx, Palma, Colònia de Sant Jordi y Santanyí. La Tabla 14 recoge la evolución del número de embarcaciones presente en estos cuatro puertos, así como del total de Mallorca, para la serie histórica 2000-2011. Las flotas de la Colònia de Sant Jordi y Santanyí se han mantenido más o menos constantes a lo largo del tiempo, sin embargo en Andratx y Palma el número ha ido descendiendo de manera bastante significativa.

Año	Andratx	Palma	C. Sant Jordi	Santanyí	Mallorca
2000	12	35	29	9	173
2001	14	36	30	10	189
2002	13	29	31	10	188
2003	14	28	28	9	185
2004	10	24	24	9	150
2005	7	25	27	10	159
2006	7	24	29	8	157
2007	7	24	30	8	158
2008	8	24	30	9	156
2009	7	24	28	9	148
2010	7	24	29	8	145
2011	7	20	30	8	139

Tabla 14. Evolución del número de unidades de la flota de artes menores a lo largo de la serie temporal 2000-2011.

Se muestra a continuación el desembarco y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE, en kg·día^{-1}) de estos cuatro puertos y del total de Mallorca durante la serie histórica disponible (Fig. 123). Los desembarcos anuales de la flota artesanal de Mallorca han oscilado entre 364 y 506 t, alcanzándose el máximo en el año 2001 y el mínimo en 2007; lo mismo ocurre con la CPUE que se mantiene con pocas variaciones a lo largo de este periodo.

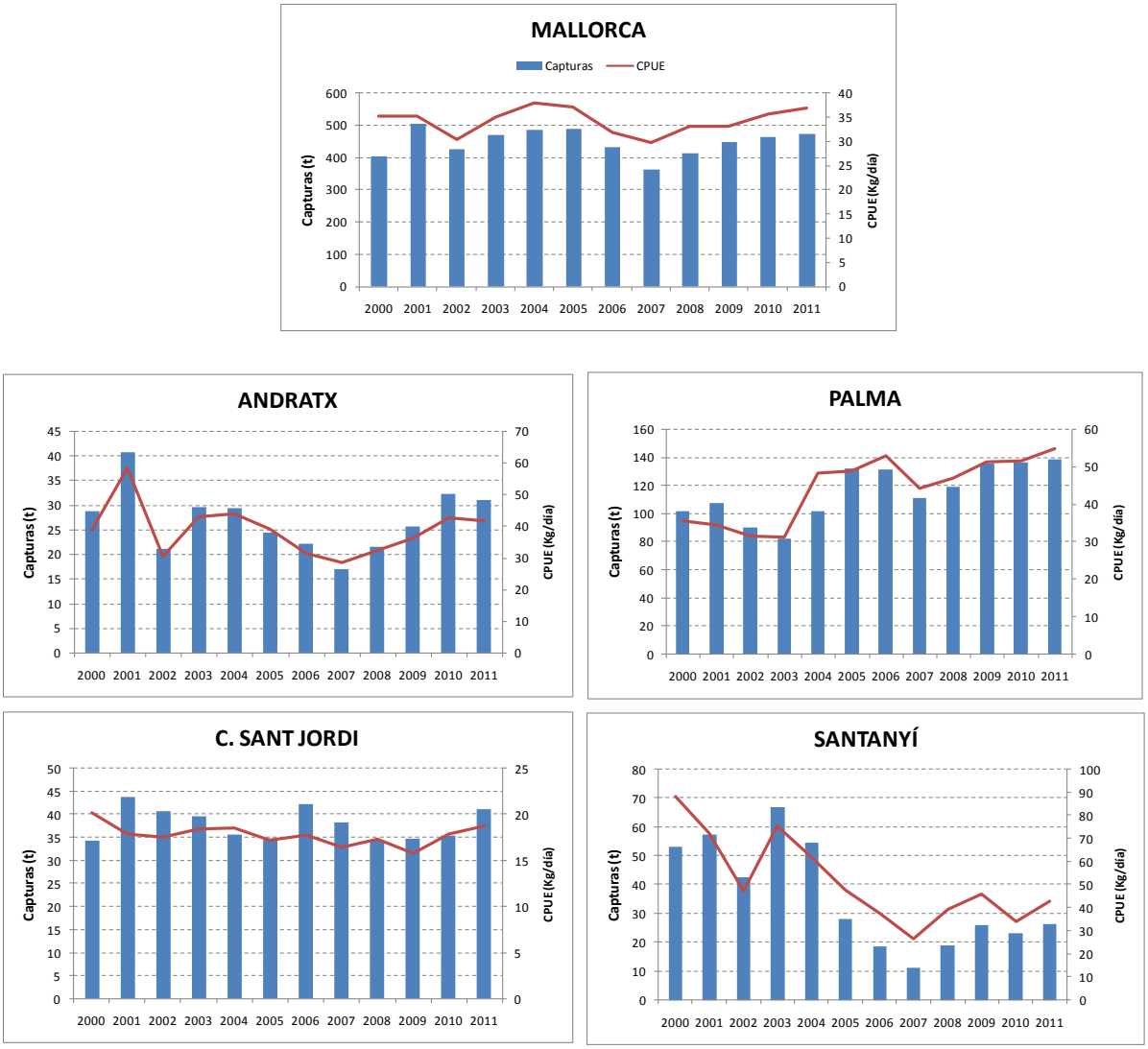


Fig. 123. Evolución de las capturas (t, toneladas) y capturas por unidad de esfuerzo (CPUE en kg/día) de los puertos del sur de Mallorca con flota artesanal así como para el total de la isla de Mallorca para el periodo 2000-2011.

Los desembarcos en el puerto de Andratx sufrieron una evolución muy similar a los de Mallorca. En Palma las mayores capturas y CPUE ocurrieron entre el 2005 y el 2011 mientras que en la Colònia de Sant Jordi las máximas capturas ocurrieron en 2001 y 2006. En Santanyí se observan valores elevados de capturas y CPUE durante los primeros años de la serie histórica, alcanzándose el valor más elevado en el 2003 con 66 t.

Para cada uno de los cuatro puertos analizados, se ha identificado la composición específica de sus desembarcos y seguido la evolución temporal de sus principales especies comerciales a lo largo de la serie histórica 2000-2011. En Andratx (Fig. 124) el mayor volumen de capturas se alcanzó con la llampuga (*Coryphaena hippurus*) que

constituye el 24% del total, seguido de la ratjada (*Raja* spp.), y la sirviola (*Seriola dumerili*). La llampuga presenta grandes fluctuaciones en cuanto a volumen de capturas a lo largo del tiempo con un pico de 20 t en 2001 y otro pico menor en 2003. A partir de este año las capturas descienden notablemente, recuperándose en el 2010 y 2011.

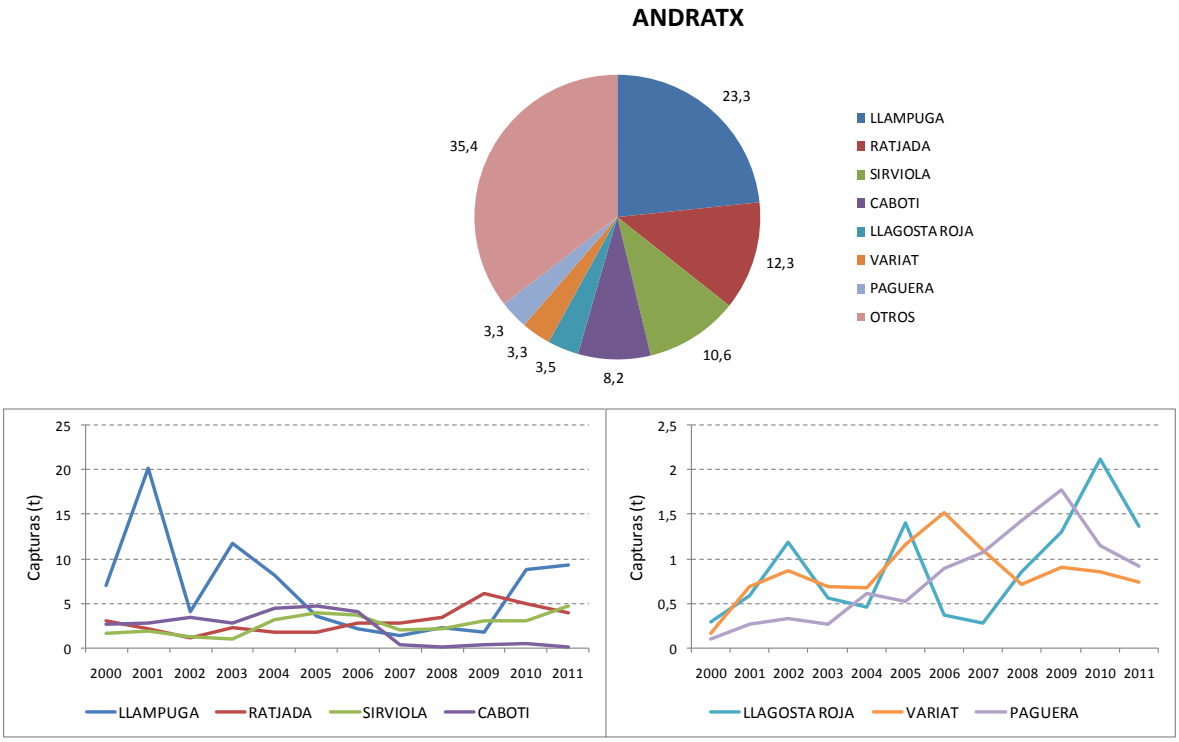


Fig. 124. Porcentaje de especies capturadas por la flota artesanal en el puerto de Andratx y evolución de las capturas de las principales especies comerciales a lo largo de la serie histórica 2000-2011.

En la Colònia de Sant Jordi (Fig. 125) la morralla es la principal categoría comercial desembarcada (13%), seguida de moll vermell, sipia y variat (cada una representa un 8-9%). Entre 2001 y 2003 se produjeron los mayores desembarcos de morralla, que llegaron a alcanzar las 8 t, y en el 2007-2008 las capturas de la categoría comercial variat, superaron las 6 t. No disponemos de datos de capturas por especie para el 2005 de este puerto.

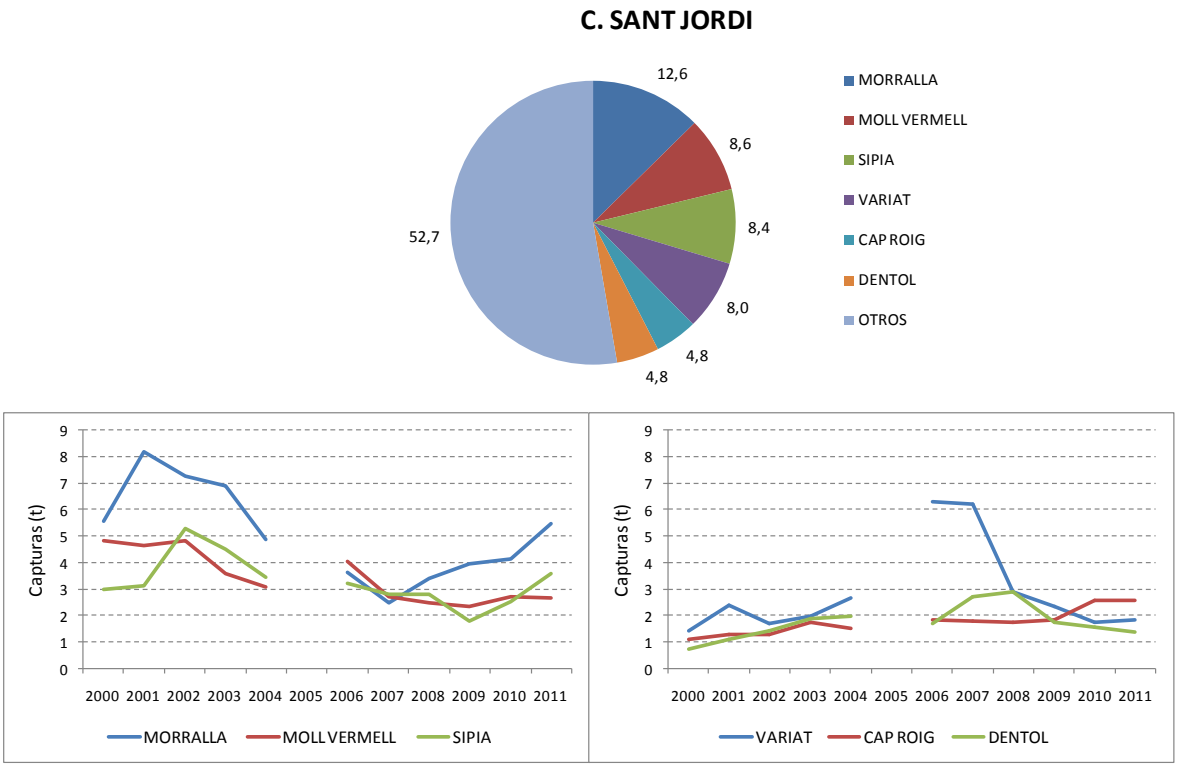


Fig. 125. Porcentaje de especies capturadas por la flota artesanal en la Colònia de Sant Jordi y evolución de las capturas de las principales especies comerciales a lo largo de la serie histórica 2000-2011.

Al igual que en la Colònia de Sant Jordi, no disponemos de datos para el 2005 en Palma (Fig. 126) las principales especies o categorías comerciales capturadas a lo largo de esta serie histórica fueron la sipia (*Sepia officinalis*), alatxa (*Sardinella aurita*), morralla (mezcla de pequeños peces de roca) y moll vermell (*Mullus surmuletus*).

La alatxa muestra una gran variación en su captura ya que pasa de cerca de 2 t en el 2001 a más de 16 en el 2006. Las capturas de llampuga han sido muy escasas a lo largo del periodo, sin embargo las capturas aumentaron bruscamente a partir del 2007 y alcanzaron las 20 t en 2010.

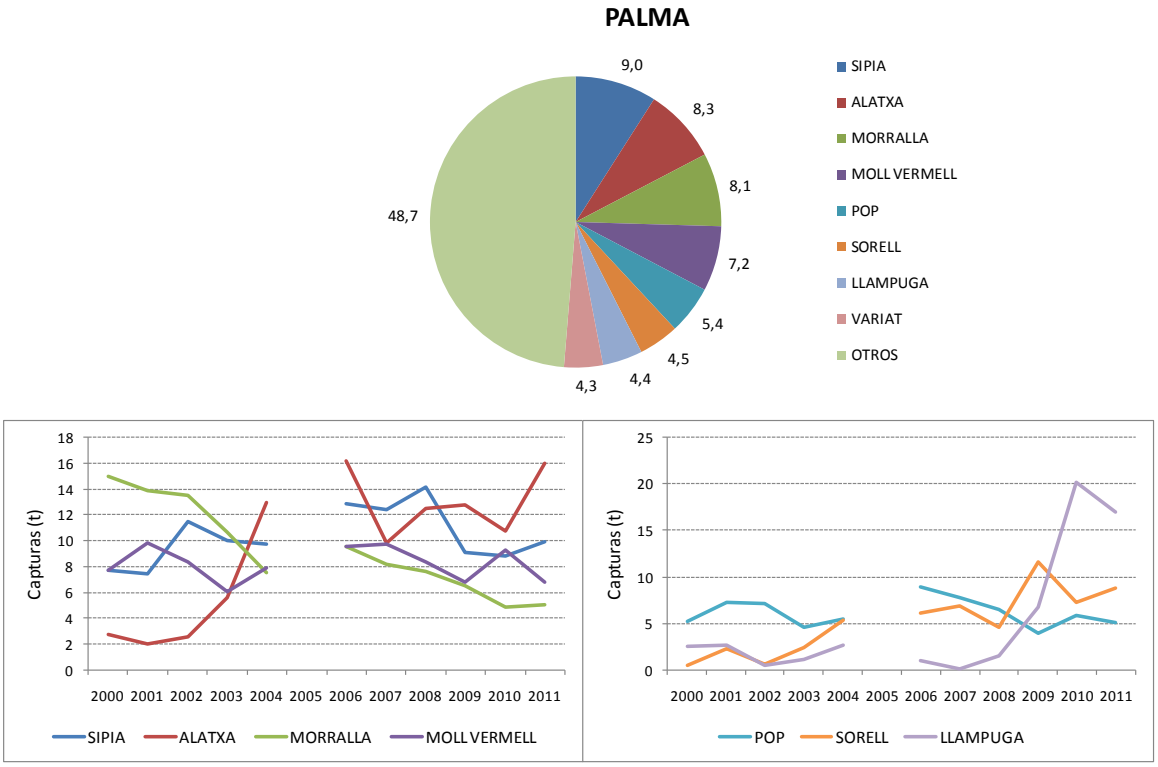


Fig. 126. Porcentaje de especies capturadas por la flota artesanal en el puerto de Palma y evolución de las capturas de las principales especies comerciales a lo largo de la serie histórica 2000-2011.

En el puerto de Santanyí (Fig. 127) existe una especie claramente dominante, la llampuga (65%), seguida por el pàmpol (*Naucrates ductor*) y la gamba panxuda (*Plesionika edwardsii*) (8% del total entre ambas especies). La captura de llampuga alcanzó las 47 t durante el 2003 pero descendió a continuación hasta un mínimo de 5 t. en 2007.

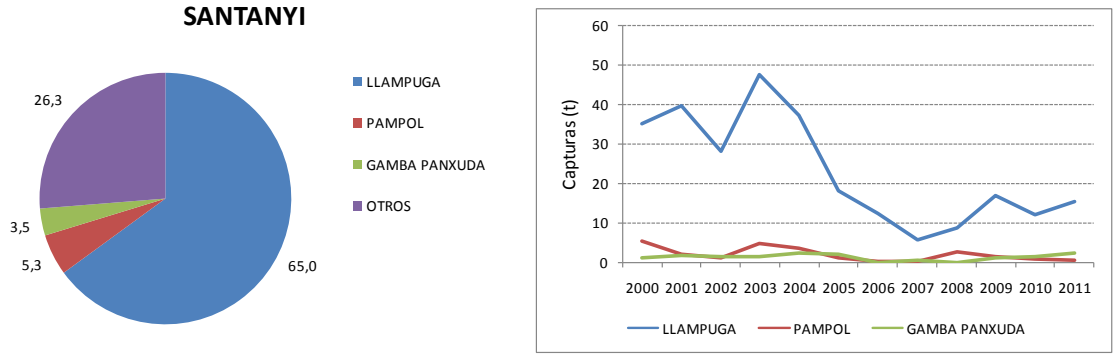


Fig. 127. Porcentaje de especies capturadas por la flota artesanal en el puerto de Santanyí y evolución de las capturas de las principales especies comerciales a lo largo de la serie histórica 2000-2011.

En cuanto a la evolución del esfuerzo pesquero a lo largo de la serie histórica 2000-2011, en la Fig. 128 se puede ver que los puertos de Andratx, Palma y Colònia de Sant Jordi, así como en el total de Mallorca, experimentan pocas variaciones a lo largo de esta serie histórica. En Santanyí el máximo esfuerzo se alcanzó entre los años 2002 y 2004 y el mínimo en 2007.

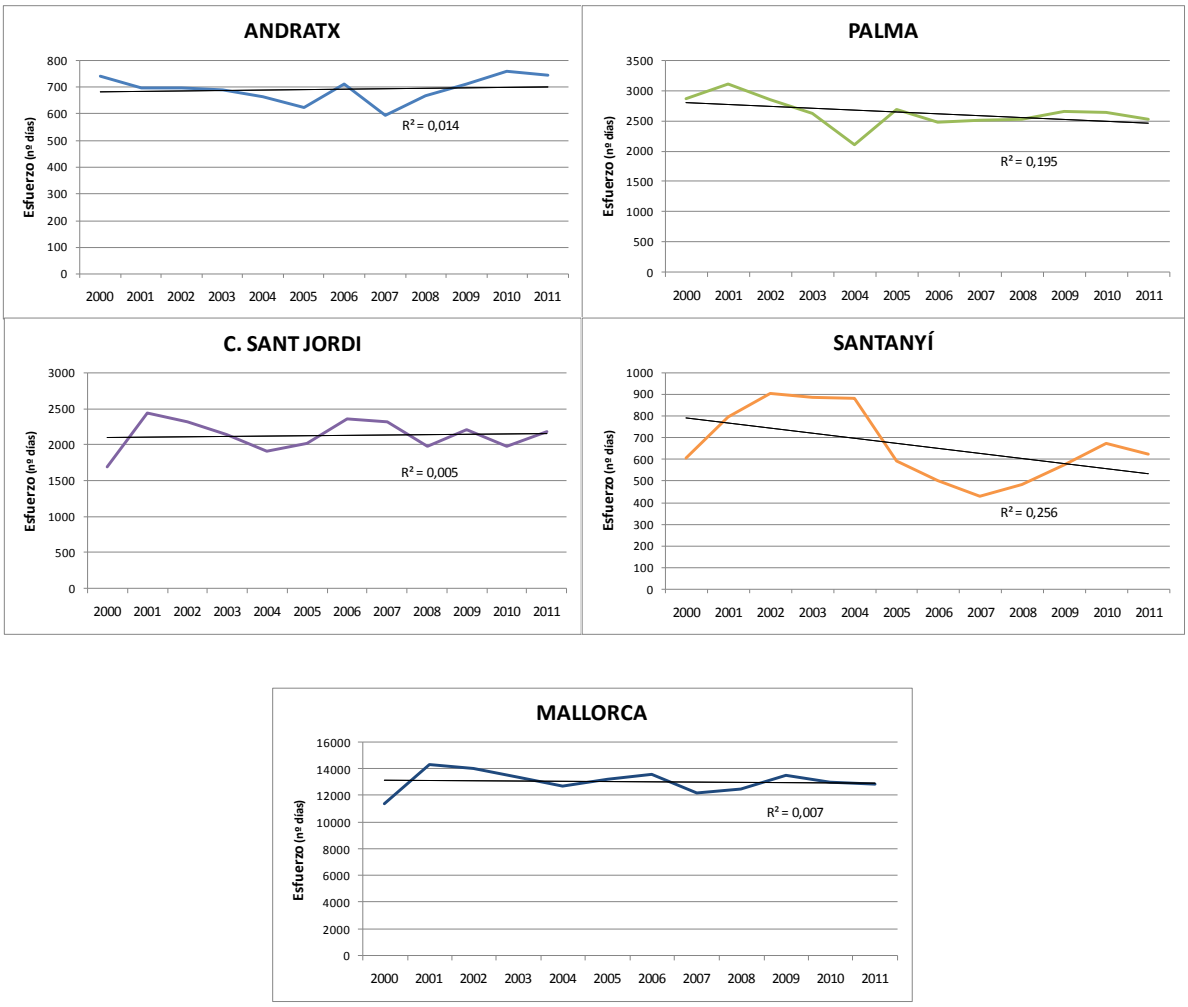


Fig. 128. Evolución del esfuerzo pesquero (nº de días) de la flota artesanal a lo largo del periodo 2000-2011 en los puertos de Andratx, Palma, Colònia de Sant Jordi y Santanyí, así como para el total de Mallorca.

6. 3. Impacto de la pesca sobre los ecosistemas explotados

Los descartes, o captura no retenida para su comercialización y por tanto devuelta al mar, nos proporcionan una estimación del impacto de la pesca sobre los ecosistemas explotados. La información sobre descartes se ha obtenido a partir de embarques a bordo de la flota comercial de arrastre en los puertos de Andratx, Palma y Santanyí. Para la presentación de resultados, los datos de descarte se han expresado como porcentaje del total de la captura (%Descarte=100·peso descarte/peso captura). Se ha seguido la evolución anual del volumen de descartes generado por la flota de cada

puerto durante la serie temporal 2000-2011. Además, también se ha analizado la distribución espacial del porcentaje de descartes de la flota de arrastre en el área de estudio.

Finalmente, para determinar la actividad de la flota de arrastre en la zona de estudio se ha empleado la densidad de registros de "cajas azules" o VMS (vessel monitoring system) y representado en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Siguiendo las consideraciones de Witt & Godley (2007), se ha utilizado una malla de cuadrículas de 3x3 km para la representación espacial de la densidad de registros VMS. Estos registros de densidad se han clasificado en cuatro intervalos diferentes, los dos primeros reflejan los valores de densidad que están por debajo de la media, el tercero incluye la media y el cuarto está por encima de la media.

La evolución mensual del porcentaje de descartes en Andratx, Palma y Santanyí no muestra grandes variaciones, oscilando básicamente entre el 35 y el 40% de la captura retenida (Fig. 129). En el puerto de Andratx se observan variaciones interanuales importantes, con valores por debajo del 20% durante los periodos 2000-2002 y 2009-2010, superiores a dicho valor (30-40%) durante 2004-2007 y con dos claros máximos en 2003 y 2008 con valores del 50%. En Palma el porcentaje se encuentra por debajo del 30% durante 2000-2003 y 2009-2011, aumenta hasta aproximadamente el 60% en 2004-2005 y se sitúa entre el 30 y 45% durante 2006-2008. En Santanyí se observa una clara tendencia ascendente entre 2001 (20%) y 2005 (60%) y descendente hasta 2011 (25%).

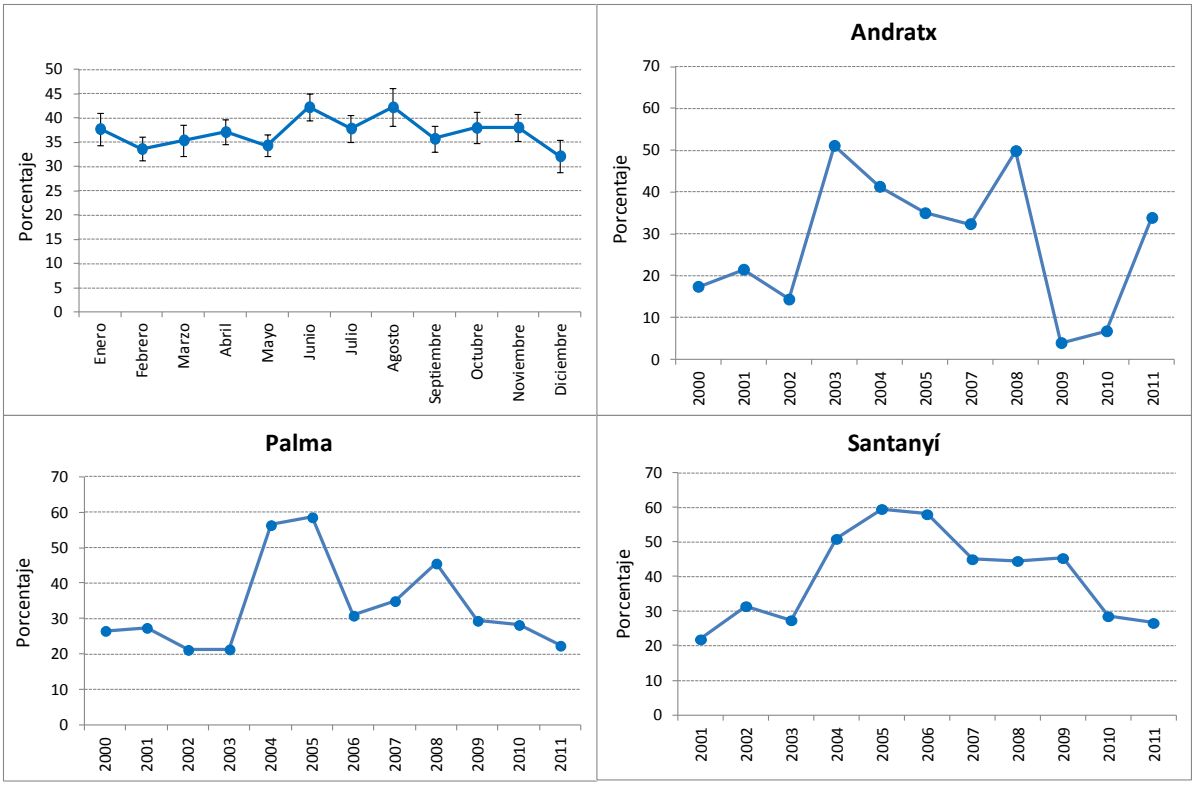


Fig. 129. Evolución mensual del volumen de descartes en relación a los desembarcos de la flota de arrastre en el área de estudio y evolución anual durante los años 2001-2011 en los puertos de Andratx, Palma y Santanyí.

Respecto a la distribución espacial del porcentaje de descartes, los valores mayores se sitúan en la plataforma continental de la zona este de Mallorca (Fig. 130).

La distribución de los registros de VMS de la flota de arrastre muestra que las áreas con mayor actividad se registran en los fondos de talud de la zona noroeste, seguidos por los fondos de talud del sudeste y la plataforma de la zona este de Mallorca (Fig. 131).

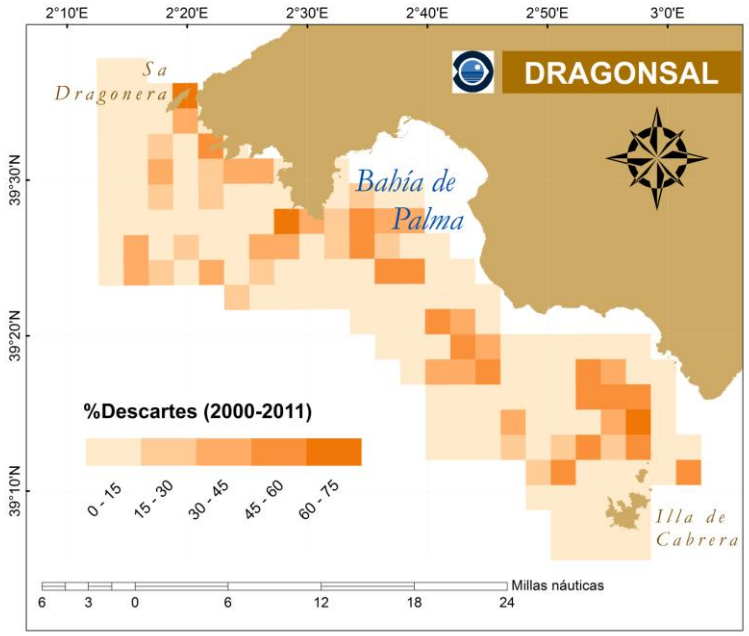


Fig. 130. Distribución espacial del porcentaje de captura descartada respecto a la captura total de la flota de arrastre en la zona de estudio durante el periodo 2000-2011

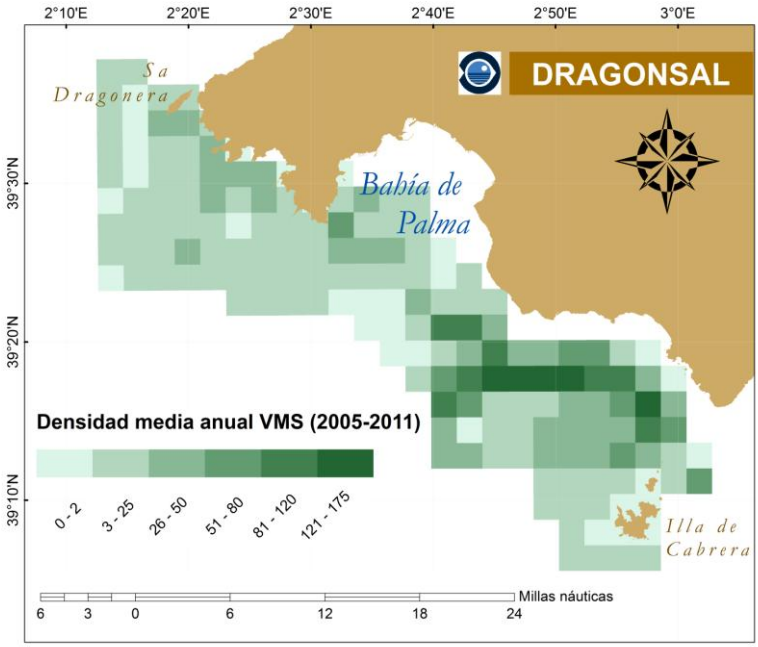


Fig. 131. Distribución espacial esfuerzo pesquero (nº medio de VMS/año) de de la flota de arrastre durante 2005-2010 (B).

7. CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio cumplen los objetivos planteados al inicio del proyecto, entre los que se encontraban la realización de un cartografiado geológico-geofísico detallado del área de estudio, una estima de la biodiversidad en la zona, un mapa bionómico del bentos marino y del tipo de fondo sobre el que se asienta y, por último, una estima del esfuerzo pesquero que se desarrolla en la plataforma sur de Mallorca. El fin último de todo este trabajo era identificar y localizar las zonas de especial interés que pudieran existir en el área de estudio, de cara a su futura protección.

Los muestreos realizados en la plataforma sur de Mallorca, bien mediante la recogida directa de muestras como a través de la grabación de imágenes, han permitido identificar 12 tipos de hábitats en base a la clasificación adoptada por la Lista patrón de la Guía interpretativa del Inventario Español de Hábitats Marinos (hábitats pertenecientes al nivel 4 de acuerdo a la jerarquía adoptada por la Lista patrón). Tres de los hábitats detectados (Roca circalitoral no concrecionada, Coralígeno con dominancia de algas y Coralígeno con dominancia de invertebrados) están incluidos en el Anexo I de la Directiva Hábitats (92/43/CEE). Los tres hábitats se ajustan al tipo definido en la Directiva como **1170 "Arrecifes"** puesto que se trata de sustratos compactos y duros sobre fondos sólidos y suaves que se levantan desde el fondo marino en la zona sublitoral y litoral. Los arrecifes pueden albergar una zonación de comunidades bentónicas de especies de animales y algas, así como **concreciones coralígenas**. El tipo 1170 "Arrecifes" es uno de los cinco tipos de hábitats marinos naturales de interés comunitario cuya conservación requiere la designación de Zonas Especiales de Conservación (ZEC).

Este tipo de formaciones albergan a una amplia diversidad de organismos. Una de las especies halladas durante una de las inmersiones con ROV, fue el erizo *Centrostephanus longispinus,* que actualmente se halla incluida en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas. En uno de los puntos de muestreo también se halló una formación extensa de coralígeno cubierta de sedimento, ocupada por lo que parece ser un campo de nidos de chuclas (*Spicara* sp.), o de alguna especie de las familias Centracanthidae o Sparidae. Actualmente los nidos de *Spicara* sp. están considerados como hábitats esenciales para

la reproducción de estas especies de interés comercial y listados por la Ley de Parques Nacionales para su protección.

El resto de los hábitats identificados en la plataforma corresponden al tipo **1110 "Bancos de arena"** de la directiva Hábitats. Entre ellos cabe destacar los **fondos de maerl y rodolitos,** englobados en diversos hábitats de la Lista Patrón (03040505 Rodolitos y macroalgas foliosas en fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales; 03040506 Fondos de maërl/rodolitos; 03040513 Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados; 0304051308 Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales con dominancia de arenas y gravas con *Spatangus purpureus*). Dos de las principales especies que forman los lechos de maërl, *Phymatolithon calcareum* y *Lithothamnion corallioides,* están incluidas en el Anexo V de la Directiva Hábitats, en el que se recopila una lista de especies animales y vegetales de interés comunitario cuya recogida en la naturaleza y cuya explotación puede ser objeto de medidas de gestión. La importancia de estos ecosistemas ya ha sido reconocida por las administraciones pesqueras. La Orden APA/79/2006, de 19 de enero, por la que se establece un plan integral de gestión para la conservación de los recursos pesqueros en el Mediterráneo español, prohíbe la pesca con redes de arrastre, dragas y redes de cerco sobre los fondos de fanerógamas, coralígenos y de maërl. Dentro de los "bancos de arena" tambien cabe destacar los **lechos de algas rojas,** que en el Mediterráneo se ha demostrado que aumentan la biodiversidad, la complejidad estructural del hábitat, la biomasa local y la producción secundaria.

8. BIBLIOGRAFÍA

7. BIBLIOGRAFÍA

Blott, S.J., and Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Earth Surface Processes and Landforms *26*, 1237-1248.

Boudouresque, C.F., Meinesz, A., Ballesteros, E., Ben Maiz, N., Boisset, F., Cinelli, F., Cirik, S., Cormaci, M., Jeudy de Grissac, A., Laborel, J.*, et al.* (1990). Livre Rouge "Gérard Vuignier" des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée (MAP Technical Report Series, 43. Athens: UNEP/IUCN/GIS Posidonie).

Brown, C.J., and Blondel, P. (2009). Developments in the application of multibeam sonar backscatter for seafloor habitat mapping. Applied Acoustics *70*, 1242-1247.

Field, J.G., Clarke, K.R., and Warwick, R.M. (1982). A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. Marine Ecology Progress Series *8*, 37-52.

Fiorentini, L., Dremière, P., Leonori, I., Sala, A., and Palumbo, V. (1999). Efficiency of the bottom trawl used for the Mediterranean international trawl survey (MEDITS). Aquatic Living Resources *12*, 187-205.

Folk, R.L., and C., W.W. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology *27*, 3-26.

Hobson, R.D. (1972). Surface roughness in topography: quantitative approach. In Spatial analysis in geomorphology, R.J. Chorley, ed. (New York, USA: Harper and Row), pp. 221-245.

Ierodiaconou, D., Laurenson, L., Burq, S., and Reston, M. (2007). Marine benthic habitat mapping using Multibeam data, georeferencedvideo and image classification techniques in Victoria, Australia. Journal of Spatial Science *52*, 93-104.

Jaramillo, S., and P., G. (2011). AUV-Based bed roughness mapping over a tropical reef. Coral Reefs *30*, 11-23.

Ordines, F., Quetglas, A., Massutí, E., and Moranta, J. (2009). Habitat preferences and life history of the red scorpion fish, *Scorpaena notata*, in the Mediterranean. *Est. Coast. Shelf Sci*., 85: 537-546.

Palanques, A., Guillén, J., and Puig, P. (2001). Impact of bottom trawling on water turbidity and muddy sediment of an unfished continental shelf. Limnology and Oceanography *46*, 1100-1110

Parnum, I.M. (2012). Benthic habitat mapping using multibeam sonar systems. In Hydro International, 26.

Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, A., Serrano, A., Martín, L., and Brito, A. (2012). Guía interpretativa: Inventario Español de Hábitats Marinos (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).

Udden, J.A. (1914). Mechanical composition of clastic sediments. Bulletin of the Geological Society of America *25*, 655-744.

Wentworrth, C.K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology *30*, 377-392.

ANEXOS

ANEXO I. Equipamiento empleado en el proyecto DRAGONSAL.

	Equipamiento:	**Propiedad de:**
Barcos		
	B/O Odón de Buen	Instituto Español de Oceanografía (MINECO)
	B/O Vizconde de Eza	Secretaria General de Pesca (MAGRAMA)
	B/O Ramón Margalef	Instituto Español de Oceanografía (MINECO)
Sondas		
	Ecosonda multihaz EM3002D	Instituto Español de Oceanografía (MINECO)
	Sonda paramétrica TOPAS PS40	Instituto Español de Oceanografía (MINECO)
	Ecosonda multihaz EM300	Secretaria General de Pesca (MAGRAMA)
	Sonda paramétrica TOPAS PS18	Secretaria General de Pesca (MAGRAMA)
	Ecosonda multihaz EM 710	Instituto Español de Oceanografía (MINECO)
	Sonda paramétrica TOPAS PS18	Instituto Español de Oceanografía (MINECO)
	Posicionamiento acústico Hipap500	Instituto Español de Oceanografía (MINECO)
Dragas sedimento		
	van - Veen de 8 kg	Centre Oceanogràfic de Balears (IEO)
	Box - Corer	Centro Oceanográfico de Murcia (IEO)
	van - Veen de 50 kg	Centre Oceanogràfic de Balears (IEO)
Análisis sedimento		
	Torre de tamices	Laboratori d'aigües dels Serveis Científico-Técnics de la Universitat de les Illes Balears

Toma de muestras del bentos		
	Patín epibentónico tipo “Jennings”	Centre Oceanogràfic de Balears (IEO)
	Draga de roca	Instituto Español de Oceanografía (MINECO)
Grabación de imágenes		
	IPSE	Direcció General d'Universitats, Recerca i Transferència del Coneixement de la Conselleria d'Educació, Cultura i Universitats (CAIB).
	Trineo de fotografía y video	Centre Oceanogràfic de Balears (IEO)
	Bleeper Evo	Direcció General d'Universitats, Recerca i Transferència del Coneixement de la Conselleria d'Educació, Cultura i Universitats (CAIB).
	SeaBotix LBV300	Centre Oceanogràfic de Balears (IEO)
Instalaciones		
	Centre Oceanogràfic de Balears (IEO)	
	Institut de Ciències del Mar (CSIC)	
	Sede Central del Instituto Español de Oceanografía	
	Laboratori d'aigües de los Serveis Científico-Técnics (UIB)	

ANEXO II. Inventario de especies identificadas en la campaña DRAGONSAL 0712

ALGAS

FILO RHODOPHYTA

CLASE FLORIDEOPHYCEAE

ORDEN Halymeniales

Cryptonemia longiarticulata Funk, 1955
Cryptonemia tuniformis (Bertolini) Zanardini, 1868
Aeodes marginata (Roussel) F.Schmitz
Aeodes sp.
Halymenia elongata C.Agardh, 1822
Halymenia latifolia P.L.Crouan & H.M.Crouan ex Kützing, 1866

ORDEN Peyssonneliales

Peyssonnelia inamoena Pilger, 1911
Peyssonnelia rubra (Greville) J.Agardh, 1851
Peyssonnelia rosa-marina Boudouresque & Denizot, 1973
Peyssonnelia bornetii Boudouresque & Denizot, 1973
Peyssonnelia coriacea Feldmann, 1941
Peyssonnelia sp.

ORDEN Ceramiales

Laurencia obtusa (Hudson) J.V.Lamouroux, 1813
Osmundaria volubilis (Linnaeus) R.E.Norris, 1991
Osmundea pelagosae (Schiffner) K.W.Nam, 1994
Halopithys incurva (Hudson) Batters, 1902
Rytiphloea tinctoria (Clemente) C. Agardh, 1824
Alsidium corallinum C.Agardh, 1827
Digenea simplex (Wulfen) C.Agardh, 1822
Lophocladia lallemandii (Montagne) F.Schmitz, 1893
Brongniartella byssoides (Goodenough & Woodward) F.Schmitz, 1893
Polysiphonia elongata (Hudson) Sprengel, 1827
Polysiphonia sp.
Polysiphonia subulifera (C.Agardh) Harvey, 1834
Rodriguezella bornetii (J.J.Rodríguez) F.Schmitz ex J.J.Rodríguez y Femenías, 1895
Eupogodon penicillata (Zanardini) P.C.Silva, 1987
Eupogodon planus (C.Agardh) Kützing, 1845
Eupogodon spinellus (C.Agardh) Kützing, 1849
Dasya baillouviana (S.G.Gmelin) Montagne, 1841
Dasya rigescens Zanardini, 1865
Dasya sp.
Cryptopleura ramosa (Hudson) L.Newton, 1931
Erythroglossum balearicum J.Agardh ex Kylin, 1924
Erythroglossum sandrianum (Zanardini) Kylin, 1924

Myriogramme tristromatica (J.J.Rodríguez ex Mazza) Boudouresque
Nitophyllum flabellatum Ercegovic, 1949
Ceramium bertholdii Funk, 1922
Balliella cladoderma (Zanardini) Athanasiadis, 1987
Acrothamnion preissii (Sonder) E.M.Wollaston, 1968
*Wrangelia penici*llata (C.Agardh) C.Agardh, 1828
Griffithsia sp.
Pterothamnion plumula var. *plumula*
Rodriguezella strafforelli
Sphondylothamnion multifidum f. *disticha*

ORDEN Gigartinales

Phyllophora crispa (Hudson) P.S.Dixon, 1964
Phyllophora heredia (Clemente) J.Agardh, 1842
Sphaerococcus coronopifolius Stackhouse, 1797
Calliblepharis jubata (Goodenough & Woodward) Kützing, 1843
Callophyllis laciniata (Hudson) Kützing, 1843
Kallymenia feldmannii Codomier, 1972
Kallymenia patens (J.Agardh) Codomier ex P.G.Parkinson, 1980
Kallymenia requienii (J.Agardh) J.Agardh, 1842
Kallymenia sp.
Kallymenia spathulata (J.Agardh) Codomier ex P.G.Parkinson, 1980
Meredithia microphylla (J.Agardh) J.Agardh, 1892
Dudresnaya verticillata (Withering) Le Jolis, 1863
Neurocaulon foliosum (Meneghini) Zanardini, 1843

ORDEN Rhodymeniales

Botryocladia boergesenii Feldmann, 1935
Botryocladia chiajeana (Meneghini) Kylin, 1931
Botryocladia madagascariensis G.Feldmann, 1945
Chrysymenia ventricosa (J.V.Lamouroux) J.Agardh, 1842
Rhodymenia sp.
Gloiocladia microspora (Bornet ex J.J.Rodriguez y Femenias) Sánchez & Rogdríguez-Prieto in Rodriguez-Prieto, Freshwater & Sánchez, 2007
Gloiocladia furcata (C.Agardh) J.Agardh, 1842
Gloiocladia repens (C.Agardh) Sánchez & Rodríguez-Prieto in Rodríguez-Prieto, C., Freshwater, D. W. & Sánchez, N., 2007
Leptofauchea coralligena Rodríguez-Prieto & De Clerck, 2009
Chylocladia verticillata (Lightfoot) Bliding, 1928
Lomentaria sp.
Lomentaria subdichotoma Ercegovic, 1956

ORDEN Bonnemaisoniales

Bonnemaisonia clavata G.Hamel, 1930

ORDEN Corallinales
Lithothamnion corallioides (P.L.Crouan & H.M.Crouan) P.L.Crouan & H.M.Crouan, 1867
Lithothamnion valens Foslie, 1909
Phymatolithon calcareum (Pallas) W.H.Adey & D.L.McKibbin, 1970
Corallinales incrustantes indeterminadas
Lithophyllum racemus (Lamarck) Foslie, 1900
Lithophyllum stictaeforme (J.E.Areschoug) Hauck, 1876
Spongites fruticulosus Kützing, 1840
ORDEN Gracilariales
Gracilaria bursa-pastoris (S.G.Gmelin) P.C.Silva, 1951
Gracilaria corallicola Zanardini, 1864
Gracilaria sp.
ORDEN Sebdeniales
Sebdenia feldmannii
Sebdenia rodrigueziana (Feldmann) Codomier ex Parkinson, 1979
ORDEN Plocamiales
Plocamium cartilagineum (Linnaeus) P.S.Dixon, 1966
ORDEN Nemastomatales
Nemastoma dumontioides J.Agardh, 1851
ORDEN Nemaliales
Tricleocarpa oblongata

FILO CHLOROPHYTA
CLASE BRYOPSIDOPHYCEAE
Flabellia petiolata (Turra) Nizamuddin, 1986
Halimeda tuna (J.Ellis & Solander) J.V.Lamouroux, 1815
Codium vermilara (Olivi) Chiaje, 1828
Codium bursa (Olivi) C.Agardh, 1817
Halicystis parvula F. Schmitz ex Murray, 1892
CLASE ULVOPHYCEAE
Microdictyon tenuius J.E.Gray, 1865
Cladophora pellucida (Hudson) Kützing, 1842
Umbraulva olivascens (P.J.L.Dangeard) E.H.Bae & I.K.Lee, 2000
Valonia macrophysa Kützing, 1842
CLASE CHLOROPHYTA INCERTAE SEDIS
Palmophyllum crassum (Naccari) Rabenhorst, 1867

FILO OCHROPHYTA
CLASE PHAEOPHYCEAE
Dictyopteris lucida M.A.Ribera Siguan, A.Gómez Garreta, I.Pérez Ruzafa, M.C.Barceló Martí & J.Rull Lluch, 2004
Dictyota dichotoma (Hudson) J.V.Lamouroux, 1808
Dictyota dichotoma var. *intricata* (C.Agardh) Greville, 1829
Dictyota sp.

Zonaria tournefortii (J.V.Lamouroux) Montagne, 1845
Halopteris filicina (Grateloup) Kützing, 1842
Halopteris scoparia (Linnaeus) Sauvageau, 1903
Stictyosiphon adriaticus Kützing, 1842
Asperococcus bullosus J.V.Lamouroux, 1812
Cladosiphon Kützing, 1842
Spermatochnus paradoxus (Roth) Kützing, 1842
Stictyosiphon sp.
Aglaozonia chilosa Falkenberg, 1878
Cutleria adspersa (Mertens ex Roth) De Notaris, 1841
Cutleria chilosa (Falkenberg) P.C.Silva, 1956
Zanardinia typus (Nardo) P.C.Silva, 1999
Arthrocladia villosa (Hudson) Duby, 1829
Sporochnus pedunculatus (Hudson) C.Agardh, 1819
Carpomitra costata (Stackhouse) Batters, 1901
Cystoseira spinosa var *compressa* (Ercegovic) Cormaci, G.Furnari, Giaccone, Scammacca & D.Serio, 1992
Cystoseira zosteroides C.Agardh, 1819
Laminaria rodriguezii Bornet
Choristocarpus tenellus Zanardini, 1859

FANERÓGAMAS

Restos de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813

ANIMALES

FILO PORIFERA

CLASE DEMOSPONGIAE
Axinella polypoides Schmidt, 1862
Axinella spp. Schmidt, 1862
Axinella damicornis (Esper, 1794)
Suberites domuncula (Olivi, 1792)
Chondrosia reniformis Nardo, 1847
Haliclona mediterranea Griessinger, 1971
Haliclona spp.
Tethya aurantium (Pallas, 1766)

CLASE Homoscleromorpha
Oscarella lobularis (Schmidt, 1862)
Oscarella spp.

CLASE Calcarea
Sycon sp.

FILO CNIDARIA

CLASE Scyphozoa

Aurelia aurita (Linnaeus, 1758)

Pelagia noctiluca (Forsskål, 1775)

CLASE Hydrozoa

Hydrozoa Owen, 1843

CLASE Anthozoa, Hexacorallia

Adamsia carciniopados (Otto, 1823)

Calliactis parasitica (Couch, 1842)

Caryophyllia spp.

CLASE Anthozoa, Octocorallia

Alcyonium palmatum Pallas, 1766

Alcyonium acaule Marion, 1878

Anthomastus sp.

Gorgoniidae

Eunicella spp.

Pennatula phosphorea Linnaeus, 1758

Pennatula rubra (Ellis, 1761)

Pteroeides spinosum (Ellis, 1764)

FILO POLYCHAETA

Polychaeta

Filograna implexa Berkeley, 1835

Filograna spp.

Ditrupa arietrina (O. F. Müller, 1776)

Serpulidae

Aphroditidae

Aphrodita aculeata Linnaeus, 1758

Laetmonice hystrix (Savigny in Lamarck, 1818)

Lanice conchilega (Pallas, 1766)

Hyalinoecia tubicola (O.F. Müller, 1776)

FILO SIPUNCULA

Sipunculidae

FILO ECHIURA

Bonellia viridis Rolando, 1821

Bonellidae

FILO CRUSTACEA

CLASE Maxillopoda, Ciirripedia

Scalpellum scalpellum (Linnaeus, 1767)

CLASE Malacostraca

ORDEN Amphipoda
Gammaridae
ORDEN Isopoda
Sphaeromatidae
ORDEN Lophogastrida
Lophogaster typicus M. Sars, 1857
ORDEN Decapoda
Caridea
Natantia
Processa canaliculata Leach, 1815 [in Leach, 1815-1875]
Processa nouveli Al-Adhub & Williamson, 1975
Eualus occultus (Lebour, 1936)
Thoralus cranchi (Leach, 1817)
Chlorotocus crassicornis (A. Costa, 1871)
Pandalidae
Pandalina brevirostris (Rathke, 1843)
Pandalina spp.
Pandalina profunda Holthuis, 1946b
Pontonia flavomaculata Heller, 1864
Typton spongicola O.G. Costa, 1844a
Palaemon spp.
Palaemon xiphias Risso, 1816
Balssia gasti (Balss, 1921)
Pontocaris cataphracta
Pontocaris lacazei (Gourret, 1887)
Alpheus macrocheles (Hailstone, 1835b)
Philocheras sculptus (Bell, 1847 [in Bell, 1844-1853])
Athanas nitescens (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814])
Achelata
Scyllarus pygmaeus (Bate, 1888)
Dendrobranchiata
Solenocera membranacea (Risso, 1816)
Anomura
Anapagurus chiroacanthus (Lilljeborg, 1856)
Anapagurus laevis (Bell, 1846)
Pagurus prideauxi Leach, 1815
Pagurus excavatus (Herbst, 1791)
Pagurus alatus Fabricius, 1775
Pagurus anachoretus Risso, 1827
Pagurus forbesi Bell, 1846
Pagurus cuanensis Bell 1846
Paguridae
Paguristes eremita (Linnaeus, 1767)

Dardanus arrosor (Herbst, 1796)
Dardanus calidus (Risso, 1827)
Galathea intermedia
Galathea nexa Embleton, 1834
Galathea spp.
Munida intermedia A. Milne Edwards & Bouvier, 1899
Munida spp.

Brachyura

Ebalia tuberosa (Pennant, 1777)
Ebalia deshayesi Lucas, 1846
Ebalia cranchi Leach, 1817
Ebalia edwardsii Costa, 1838
Achaeus cranchii Leach, 1817
Macropodia longipes (A. Milne-Edwards & Bouvier, 1899)
Macropodia rostrata (Linnaeus, 1761)
Macropodia linaresi Forest & Zariquiey Alvarez, 1964
Macropodia longirostris (Fabricius, 1775)
Inachus thoracicus Roux, 1830
Inachus dorsettensis (Pennant, 1777)
Parthenope massena (Roux, 1830)
Heterocrypta maltzani Miers, 1881
Liocarcinus bolivari (Zariquiey Alvarez, 1948)
Liocarcinus maculatus (Risso, 1827)
Liocarcinus depurator (Linnaeus, 1758)
Liocarcinus corrugatus (Pennant, 1777)
Liocarcinus zariquieyi Gordon, 1968
Xantho pilipes A. Milne-Edwards, 1867
Monodaeus couchii (Couch, 1851)
Maja crispata Risso, 1827
Eurynome aspera (Pennant, 1777)
Pisa armata (Latreille, 1803)
Lissa chiragra (Fabricius, 1775)
Palicus caronii (Roux, 1828)
Atelecyclus rotundatus (Olivi, 1792)
Dromia personata (Linnaeus, 1758)
Ethusa mascarone (Herbst, 1785)
Pilumnus spinifer H. Milne Edwards, 1834

FILO MOLLUSCA

CLASE Polyplacophora

CLASE Gastropoda

Prosobranchia

Fissurella nubecula (Linnaeus, 1758)

Fissurellidae
Diodora spp.
Gibbula magus (Linnaeus, 1758)
Gibbula spp.
Calliostoma zizyphinum (Linnaeus, 1758)
Calliostoma conulus (Linnaeus, 1758)
Turritella communis Risso, 1826
Turritella turbona Monterosato, 1877
Turritella spp.
Vermetidae
Aporrhais pespelicani
Aporrhais serresianus (Michaud, 1828)
Trivia spp.
Capulus ungaricus (Linnaeus, 1758)
Calyptraea chinensis (Linnaeus, 1758)
Xenophora crispa (König, 1825)
Velutinidae
Naticarius spp.
Naticidae
Cymatium corrugatum (Lamarck, 1816)
Aperiovula adriatica
Muricidae
Bolma rugosa (Linnaeus, 1767)
Fusinus spp.
*Fusinus pulch*elus (Philippi, 1844)
Fusinus rostratus (Olivi, 1792)
Bolinus brandaris (Linnaeus, 1758)

Opisthobranchia
Cymbulia peronii Blainville, 1818
Diaphana minuta T. Brown, 1827
Scaphander lignarius (Linnaeus, 1758)
Gastropteron rubrum (Rafinesque, 1814)
Anaspidea
Akera bullata O. F. Müller, 1776
Aplysia punctata (Cuvier, 1803)
Aplysia spp.
Notarchus punctatus Philippi, 1836
Umbraculum umbraculum (Lightfoot, 1786)
Pleurobranchus testudinarius Cantraine, 1835
Pleurobranchaea meckelii (Blainville, 1825)
Berthella sp.
Nudibranchia Cuvier, 1817
Kaloplocamus ramosus (Cantraine, 1835)

Hypselodoris villafranca (Risso, 1818)
Hypselodoris spp.
Chromodoris luteorosea
Chromodoris spp.
Doris pseudoargus
Discodorididae
Thordisa filix Pruvot-Fol, 1951
Dendrodoris limbata (Cuvier, 1804)
Doriopsilla aerolata Bergh, 1880
Tritoniidae
Tethys fimbria Linnaeus, 1767

CLASE Bivalvia
Arca noae Linnaeus, 1758
Anadara diluvii (Lamarck, 1805)
Anadara sp.
Anomia ephippium Linnaeus, 1758
Pectinidae
Pecten jacobeus (Linnaeus, 1758)
Mimachlamys varia (Linnaeus, 1758)
Flexopecten flexuosus (Poli, 1795)
Aequipecten opercularis (Linnaeus, 1758)
Chlamys spp.
Palliolum spp.
Pseudamussium clavatum (Poli, 1795)
Laevicardium spp.
Acanthocardia aculeata (Linnaeus, 1758)
Acanthocardia tuberculata (Linnaeus, 1758)
Chamaelea gallina (Linnaeus, 1758)
Clausinella fasciata (da Costa, 1778)
Pteria hirundo (Linnaeus, 1758)
Modiolus modiolus (Linnaeus, 1758)
Ostreidae
Cuspidaria rostrata (Spengler, 1793)
Corbula gibba (Olivi, 1792)
Limaria spp.
Lima hians (Gmelin, 1791)
Lima spp.
Neopycnodonte cochlear (Poli, 1795)

CLASE Cephalopoda
Octopus vulgaris Cuvier, 1797
Eledone cirrhosa (Lamarck, 1798)
Sepiolidae

Sepietta oweniana (d'Orbigny, 1841)
Sepia elegans Blainville, 1827

FILO Brachiopoda

FILO Bryozoa

Dentiporella spp.
Hornera spp.
Reteporella spp.
Smittina spp.
Myriapora truncata (Pallas, 1766)
Myriapora spp.
Beania cylindrica (Hincks, 1886)
Chorizopora brongniartii (Audouin, 1826)
Pentapora spp.

FILO Echinodermata

CLASE Crinoidea

Leptometra phalangium (Müller, 1841)
Antedon mediterranea (Lamarck, 1816)

CLASE Asteroidea

Astropecten irregularis (Pennant, 1777)
Astropecten spinulosus (Philippi, 1837)
Astropecten bispinosus (Otto, 1823)
Astropecten aranciacus (Linnaeus, 1758)
Marthasterias glacialis (Linnaeus, 1758)
Echinaster sepositus (Retzius, 1783)
Hacelia attenuata Gray, 1840
Tethyaster subinermis (Philippi, 1837)
Luidia ciliaris (Philippi, 1837)
Chaetaster longipes (Retzius, 1805)
Anseropoda placenta (Pennant, 1777)

CLASE Ophiuroidea

Ophiura texturata Lamarck, 1816
Ophiura spp.
Ophiocomina nigra (Abildgaard, in O.F. Müller, 1789)
Ophiacantha setosa (Bruzelius, 1805)
Ophiothrix fragilis (Abildgaard, in O.F. Müller, 1789)
Ophiomyxa pentagona (Lamarck, 1816)

CLASE Echinoidea

Echinus melo Lamarck, 1816
Echinus acutus Lamarck, 1816
Centrostephanus longispinus (Philippi, 1845)

Sphaerechinus granularis (Lamarck, 1816)
Psammechinus microtuberculatus (Blainville, 1825)
Cidaris cidaris (Linnaeus, 1758)
Spatangus purpureus O.F. Müller, 1776

CLASE Holothuroidea
Holothuria forskali Delle Chiaje, 1823
Stichopus regalis (Cuvier, 1817)
Molpadia musculus Risso, 1826
Leptopentacta elongata (Düben & Koren, 1846)
Leptopentacta tergestina (M. Sars, 1857)

FILO Chordata, Tunicata
CLASE Ascidiacea
Clavelina lepadiformis (Müller, 1776)
Polyclinidae
Aplidium nordmanni (Milne-Edwards, 1841)
Aplidium conicum (Olivi, 1792)
Aplidium spp.
Aplidium haouarianum (Pérès, 1956)
Aplidium elegans (Giard, 1872)
Synoicum blochmanni (Heiden, 1894)
Polyclinella azemai Harant, 1930
Didemnidae
Didemnum maculosum (Milne-Edwards, 1841)
Polysynchraton lacazei (Giard, 1872)
Eudistoma banyulense (Brément, 1912)
Eudistoma mucosum (Drasche, 1883)
Eudistoma tridentatum (Heiden, 1894)
Eudistoma spp.
Polycitor adriaticus (Drasche, 1883)
Polycitor cristallinus (Renier, 1804)
Polycitor spp.
Cystodytes dellechiajei (Della Valle, 1877)
Pseudodistoma cyrnusense Pérès, 1952
Diazona violacea Savigny, 1816
Ascidia mentula Müller, 1776
Ascidiella aspersa (Müller, 1776)
Ascidiella scabra (Müller, 1776)
Ascidia virginea Müller, 1776
Ascidia involuta Heller, 1875
Phallusia mammillata (Cuvier, 1815)
Ciona intestinalis (Linnaeus, 1767)
Ciona edwardsii Roule, 1884
Ciona spp.

Styelidae
Polycarpa tenera Lacaze-Duthiers & Delage, 1892
Polycarpa pomaria (Savigny, 1816)
Polycarpa mamillaris (Gaertner, 1774)
Polycarpa spp.
Dendrodoa grossularia (Van Beneden, 1846)
Botryllus schlosseri (Pallas, 1766)
Styela canopus (Savigny, 1816)
Pyuridae
Pyura microcosmus (Savigny, 1816)
Pyura dura (Heller, 1877)
Pyura spp.
Microcosmus vulgaris Heller, 1877
Microcosmus claudicans (Savigny, 1816)
Microcosmus polymorphus Heller, 1877
Halocynthia papillosa (Linnaeus, 1767)
Molgula appendiculata Heller, 1877
Molgula spp.

FILO Chordata, Vertebrata
Elasmobranchil
Scyliorhinus canicula (Linnaeus, 1758)
Raja miraletus Linnaeus, 1758
Actinopterygii
ORDEN Gobiesociformes
Gobiesocidae
Diplecogaster bimaculata bimaculata (Bonnaterre, 1788)
ORDEN Lophiiformes
Lophius budegassa Spinola, 1807
ORDEN Gadiformes
Merluccius merluccius (Linnaeus, 1758
Trisopterus minutus (Linnaeus, 1758)
ORDEN Ophidiiformes
Carapus acus (Brünnich, 1768)
ORDEN Zeiformes
Zeus faber Linnaeus, 1758
ORDEN Syngnathiformes
Syngnathus acus Linnaeus, 1758
ORDEN Scorpaeniformes
Scorpaena porcus Linnaeus, 1758
Scorpaena scrofa Linnaeus, 1758
Scorpaena elongata Cadenat, 1943
Scorpaena notata Rafinesque, 1810

Chelidonichthys lastoviza (Bonnaterre, 1788)
Chelidonichthys cuculus (Linnaeus, 1758)
Lepidotrigla cavillone (Lacepède, 1801)
ORDEN Perciformes
Serranus cabrilla (Linnaeus, 1758)
Serranus hepatus (Linnaeus, 1758)
Anthias anthias (Linnaeus, 1758)
Spondyliosoma cantharus (Linnaeus, 1758)
Mullus barbatus Linnaeus, 1758
Coris julis (Linnaeus, 1758)
Trachinus draco Linnaeus, 1758
Uranoscopus scaber Linnaeus, 1758
Blennius ocellaris Linnaeus, 1758
Parablennius tentacularis (Brünnich, 1768)
Callionymus reticulatus Valenciennes, 1837
Callionymus risso Lesueur, 1814
Cepola macrophthalma (Linnaeus, 1758)
Gobidae 4
Buenia jeffreysii (Günther, 1867)
Crystallogobius linearis (Düben, 1845)
Pseudaphya ferreri (de Buen & Fage, 1908)
Deltentosteus quadrimaculatus (Valenciennes, 1837)
Lesueurigobius suerii (Risso, 1810)
Odondebuenia balearica (Pellegrin & Fage, 1907)
Gobido 1 Dragonsal
Gobido 2 Dragonsal
Gobido 3 Dragonsal
Gobido 4 Dragonsal
Gobido 5 Dragonsal
Gobido 6 Dragonsal
ORDEN Pleuronectiformes
Arnoglossus laterna (Walbaum, 1792)
Arnoglossus thori Kyle, 1913
Arnoglossus spp.
Monochirus hispidus Rafinesque, 1814
Microchirus ocellatus (Linnaeus, 1758)
Microchirus variegatus (Donovan, 1808)
Symphurus nigrescens Rafinesque, 1810
Citharus linguatula (Linnaeus, 1758)

Anexo III. Mapas (se adjuntan en documento aparte).