

INDEMARES



INFORME FINAL LIFE+ INDEMARES COLUMBRETES

DICIEMBRE 2012

**CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES PROFUNDAS
DOMINADAS POR ESPECIES LONGEVAS (*Paramuricea clavata*,
algas fucales y laminariales) EN LA RESERVA MARINA DE LAS
ISLAS COLUMBRETES Y SU ENTORNO**



Con la colaboración de:



Este informe ha sido realizado por investigadores del Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona (UB), Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB-CSIC), Instituto de Ciencias del Mar (ICM-CSIC), Centro de Oceanografía de Baleares (IEO) y Grupo de Investigación Consolidado de Geociencias Marinas (GRC-GM) de la UB.

Autores:

Cristina Linares, Departamento de Ecología (UB)-Coordinadora del proyecto

Laura Navarro, Departamento de Ecología (UB)

Eneko Aspillaga, Departamento de Ecología (UB)

Diego Kersting, R. M. Islas Columbretes-Departamento de Ecología (UB)

Bernat Hereu, Departamento de Ecología (UB)

Núria Teixidó, Departamento de Ecología (UB)

Montserrat Vidal, Departamento de Ecología (UB)

Enric Ballesteros, Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CSIC)

Emma Cebrián, Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CSIC)

Joaquim Garrabou, Instituto de Ciencias del Mar (CSIC)

David Díaz, Centro de Oceanografía de Baleares (IEO)

David Amblàs, Grupo de Geociencias Marinas (UB)

Miquel Canals, Grupo de Geociencias Marinas (UB)

Agradecimientos:

A todos los miembros del equipo de la Fundación Argomarís por su colaboración en la filmación de los transectos de ROV.

A todo el personal de la Reserva Marina de las Islas Columbretes y a la Secretaría General del Mar, en especial a Silvia Revenga, por su apoyo en la ejecución del proyecto.

A Iosune Uriz y Manuel Maldonado del Centro de Estudios Avanzados de Blanes, a Josep-Maria Gili del Instituto de Ciencias del Mar y a Jean Vacelet del Centre d'Océanologie de Marseille por su ayuda en la identificación taxonómica.

A Pilar Teixidor de los Servicios Científico-técnicos de la Universidad de Barcelona por su ayuda en los análisis preliminares de gases.

A Antonio Delgado del Laboratorio de Biogeoquímica de Isótopos estables del Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC) por los análisis de las muestras de agua y gases.

Cita recomendada:

Linares C, Navarro L, Aspillaga E, Kersting D, Hereu B, Teixidó, Vidal M, Ballesteros E, Cebrián E, Garrabou J, Díaz D, Amblàs D, Canals M. 2012. Caracterización de las comunidades profundas dominadas por especies longevas (*Paramuricea clavata*, algas fucales y laminariales) en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y su entorno. Informe final área LIFE+ INDEMARES (LIFE07/NAT/E/000732). Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. Coordinación: Fundación Biodiversidad, Madrid, 134 pp.

ÍNDICE

Resumen	7
1. Introducción	9
1.1. Antecedentes	9
1.2. Localización del área de estudio	9
1.3. Información y proyectos previos a INDEMARES	11
2. Características del área de estudio	13
2.1. Características físicas de las Islas Columbretes	13
2.2. Características ecológicas de las Islas Columbretes	14
3. Actividades realizadas en el marco de INDEMARES	18
3.1. Campañas realizadas dentro del proyecto	18
3.1.1. Septiembre 2011	18
3.1.2. Noviembre 2011	18
3.1.3. Junio 2012	19
3.1.4. Julio 2012	19
3.2. Caracterización, distribución y estado de conservación de los hábitats marinos	21
3.2.1. Introducción	21
3.2.2. Objetivos	21
3.2.3. Metodología	22
3.2.4. Resultados	27
• Descripción de los principales hábitats encontrados	27
• Comparación con los hábitats de referencia	42
• Listado de especies	42
• Mapa de distribución de los hábitats marinos	43
3.3. Comunidades profundas dominadas por gorgonias, en especial atención la gorgonia roja <i>Paramuricea clavata</i>	48
3.3.1. Introducción	48
3.3.2. Objetivos	48
3.3.3. Metodología	49
3.3.4. Resultados	49
• Presencia y distribución de las principales poblaciones de gorgonias	49
• Caracterización demográfica de las poblaciones de <i>Paramuricea clavata</i>	51
• Caracterización del estado de conservación de las poblaciones de <i>Paramuricea clavata</i> mediante el análisis del porcentaje de tejido afectado	51

• Diagnóstico de los principales impactos que afectan estas poblaciones	53
3.4. Caracterización y estado de conservación de las poblaciones de <i>Corallium rubrum</i>	56
3.4.1. Introducción	56
3.4.2. Objetivos	56
3.4.3. Metodología	56
3.4.4. Resultados	56
3.5. Comunidades profundas dominadas por algas fucales	60
3.5.1. Introducción	60
3.5.2. Objetivos	61
3.5.3. Metodología	61
3.5.4. Resultados	62
• Distribución de las principales poblaciones de algas fucales de profundidad	62
• Listado y distribución batimétrica de especies de fucales (<i>Cystoseira</i> sp. y <i>Sargassum</i> sp.) presentes dentro de la Reserva Marina de las Islas Columbretes y en los bajos adyacentes dentro de la zona LIC	62
• Caracterización demográfica de las poblaciones estudiadas a partir de los datos de densidad y altura	64
• Caracterización del estado de conservación de las poblaciones estudiadas y diagnóstico de los principales impactos que afectan a estas poblaciones	66
3.6. Comunidad de algas laminarias asociadas a surgencias de gases	67
3.6.1. Introducción	67
3.6.2. Objetivos	68
3.6.3. Metodología	68
3.6.4. Resultados	72
• <i>Laminaria rodriguezii</i> en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y en los bajos adyacentes dentro de la zona LIC	72
• Composición química de los gases de las surgencias	72
• Características físico-químicas de la columna de agua	73
• Elaboración de protocolo de trabajo para caracterizar la estructura de las poblaciones de <i>Laminaria rodriguezii</i>	76
• Estructura de la población de <i>Laminaria rodriguezii</i> asociada a las surgencias	76
• Caracterización de la comunidad de algas asociada a las surgencias	77

<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización del estado de conservación de las poblaciones de <i>Laminaria rodriguezii</i> estudiadas y diagnóstico de los principales impactos que afectan a estas poblaciones 	78
4. Influencia antropogénica en la zona	80
5. Conclusiones y valoración de los resultados	82
6. Propuestas de zonificación y medidas de gestión	85
Bibliografía	90
ANEXOS	94
<ul style="list-style-type: none"> Anexo I. Listado de los hábitats según la Lista Patrón de Referencia Estatal de Hábitats Marinos 	95
<ul style="list-style-type: none"> Anexo II. Listado de las especies identificadas durante la campaña realizada con ROV 	101
<ul style="list-style-type: none"> Anexo III. Mapas de distribución de los hábitats marinos descritos en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y los bajos adyacentes 	105
<ul style="list-style-type: none"> Anexo IV. Listado de especies identificadas en las comunidades asociadas y no asociadas a surgencias de gas en el bajo del Carallot 	123
<ul style="list-style-type: none"> Anexo V. Propuestas de amplificación de la zona LIC Islas Columbretes 	127
<ul style="list-style-type: none"> Anexo VI. Publicaciones científicas y de divulgación realizadas en el marco de INDEMARES 	133

RESUMEN

El proyecto LIFE+ INDEMARES “Inventario y designación de la Red Natura 2000 en áreas marinas del Estado español” (LIFE07/NAT/E/000732) surge como respuesta a la necesidad de creación de áreas marinas protegidas y a la falta de información necesaria para ello, y tiene como principal objetivo generar la base científica y de conocimiento para la propuesta de diez grandes áreas marinas en aguas españolas en el marco de la Red Natura 2000. En las Islas Columbretes, LIFE+ INDEMARES tiene como uno de los objetivos principales proporcionar el conocimiento de base de los hábitats marinos de profundidad más abundantes y de especial atención, los dominados por especies longevas y estructurales como gorgonias, fucas y laminariales, que se encuentran en el ámbito de la Reserva Marina de las Islas Columbretes y en la zona LIC, con el fin de conocer su caracterización, localización, extensión y estado de conservación, así como proponer si es necesario una ampliación de la zona LIC y las medidas de gestión necesarias para garantizar su conservación.

El estudio se focaliza principalmente en hábitats dominados por especies clave por su papel estructural, que llegan a formar realmente bosques submarinos con una elevada biodiversidad, por lo que su supervivencia es también clave para un gran número de especies asociadas. Además, debido a su rango de distribución batimétrico, estas comunidades están muy poco estudiadas en la cuenca mediterránea y particularmente en Columbretes, ya que se encuentran a demasiada profundidad para acceder con escafandra autónoma, y son demasiado someras para ser consideradas zonas verdaderamente profundas. Recientemente, dichas comunidades están siendo cada vez más estudiadas con técnicas sofisticadas mediante buques y grandes medios.

En este trabajo se caracterizó la distribución y la estructura de las comunidades bentónicas profundas, entre 30 y 100 m, de la Reserva Marina de las Islas Columbretes y los bajos adyacentes dentro de la zona LIC mediante técnicas de exploración *in-situ* con escafandra autónoma y vehículo submarino operado remotamente (ROV, de sus siglas en inglés “Remotely Operated Vehicle”). A partir de los datos e imágenes de alta resolución obtenidos se ha diseñado un mapa de distribución en soporte SIG y se ha evaluado la estructura y el estado de conservación de las comunidades más particulares encontradas.

Las comunidades observadas en este estudio tienen un extraordinario valor patrimonial debido a su singularidad y su buen estado de conservación. Principalmente, se han observado extensas comunidades dominadas por especies longevas y estructurales, consideradas como un importante foco de biodiversidad, como la gorgonia roja, *Paramuricea clavata*, algas fucas del género *Cystoseira* y *Sargassum* y algas laminariales, concretamente *Laminaria rodriguezii*, todas ellas de gran valor ecológico ya que proporcionan estructura y biomasa a las comunidades de las que forman parte. Asimismo, se han identificado especies con diferentes estatus de protección, como *Corallium rubrum*, *Eunicella cavolinii*, *Cystoseira zosteroides*, *Axinella polypoides* y *Palinurus elephas* entre otras. Cabe destacar que la comunidad de *L. rodriguezii*, la cual está habitualmente a profundidades superiores a 60 m, se ha

encontrado de forma excepcional a profundidades alrededor de los 40 metros, asociada a surgencias de gases provenientes del fondo marino. La composición de dichas surgencias de gases es principalmente de CO₂ y determinan unas condiciones físico-químicas únicas, con un alto grado de acidificación de las aguas que favorece la incorporación de carbono por parte de *L. rodriguezii* y limita el crecimiento de especies de algas carbonatadas.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto el indudable valor ecológico de la zona, tanto por albergar comunidades singulares así como por su excelente estado de conservación. La información adquirida resulta fundamental para avanzar en el conocimiento de las comunidades que se distribuyen en zonas profundas, sobre todo en rangos batimétricos intermedios habitualmente olvidados, y es la base científica para la propuesta de ampliar la zona protegida de las Islas Columbretes en aguas españolas en el marco de la Red Natura 2000.

Concretamente, se propone ampliar el LIC hacia el oeste, con el objetivo de proteger el bajo del Murall de la Dent, actualmente fuera de los límites del LIC. En este bajo dominan fondos de coralígeno con dominancia de invertebrados como la gorgonia roja *Paramuricea clavata* y *E. cavolinii*, así como fondos de cascajo biogénico. Actualmente esta zona está siendo frecuentada intensivamente por pescadores deportivos y profesionales, como queda de manifiesto por el gran número de artes de pesca, cabos, trasmallos y líneas de pesca, que se encuentran en sus fondos. Finalmente, se proponen una serie de medidas de gestión para la zona LIC con el objetivo de conservar los hábitats que han sido encontrados en esta zona y que principalmente muestran una gran fragilidad debido al papel estructural y lento crecimiento que tienen las especies más dominantes.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El objetivo general de este proyecto es proporcionar el conocimiento de base de los hábitats marinos de profundidad dominados por especies longevas que se encuentran en el ámbito de la Reserva Marina de las Islas Columbretes y su entorno, con el fin de proceder a su caracterización, localización y tipificación y estimar su extensión y estado de conservación. El presente proyecto, realizado entre el 1 de julio de 2011 y el 31 diciembre de 2012, es parte del proyecto LIFE+ INDEMARES “Inventario y designación de la Red Natura 2000 en áreas marinas del Estado español” (LIFE07/NAT/E/000732), que tiene como principal objetivo generar la base científica y de conocimiento para la propuesta de diez grandes áreas marinas en aguas españolas en el marco de la Red Natura 2000.

Los objetivos generales que se han alcanzado al final del estudio son los siguientes:

1. Caracterización de los hábitats dominados por especies longevas (*Paramuricea clavata*, algas fucales y laminariales) y su tipología dentro de la Reserva Marina de las Islas Columbretes.
2. Análisis del estado de conservación de esos hábitats, de acuerdo con la Directiva 92/43/CEE de Hábitats.
3. Descripción y localización de las características de los hábitats similares encontradas mediante técnicas extensivas (ROV) en los bajos adyacentes situados en la zona exterior de la Reserva Marina (hasta los límites marcados por el LIC).

A continuación se presenta el informe final del proyecto “CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES PROFUNDAS DOMINADAS POR ESPECIES LONGEVAS (*Paramuricea clavata*, algas fucales y laminariales) EN EL ÁREA MARINA PROTEGIDA DE LAS ISLAS COLUMBRETES Y SU ENTORNO”. En el presente informe se recoge la información previa existente sobre las comunidades objeto de estudio y se describen las actividades realizadas en el período comprendido entre julio de 2011 y noviembre de 2012. Además se presentan los resultados obtenidos en las distintas comunidades estudiadas dentro del marco del proyecto. Finalmente, también se incluyen las conclusiones obtenidas a partir de la información tratada durante la ejecución del proyecto así como una propuesta de ampliación del LIC Islas Columbretes.

1.2. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se sitúa en el archipiélago de las Islas Columbretes, localizado a unas 30 millas de la costa de Castellón (Figura 1). Su situación se encuadra entre los paralelos 39° 51' y 39° 55' de latitud Norte y los meridianos 0° 40' y 0° 42' de longitud Este, en el borde de la plataforma continental más amplia del Mediterráneo Occidental.

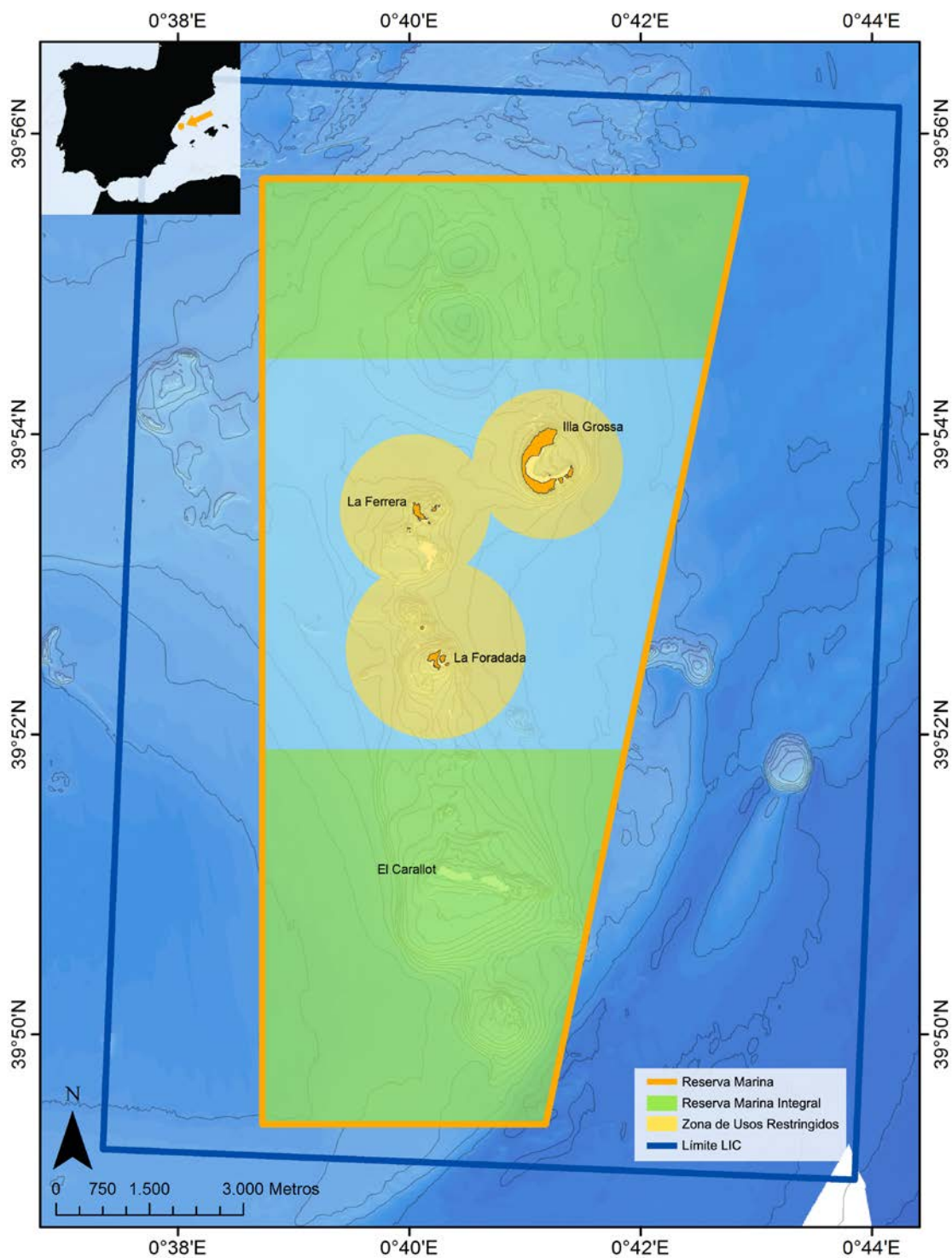


Figura 1. Situación geográfica del área de estudio en la que se ha desarrollado el proyecto LIFE+ INDEMARES COLUMBRETES. También figuran los límites actuales de la zona LIC y la zonificación de la Reserva Marina de las Islas Columbretes.

Este archipiélago está formado por cuatro grupos de islotes: Illa Grossa, la Ferrera, la Foradada y el Carallot. La totalidad de la superficie emergida es de unas 19 hectáreas, 14 de las cuales corresponden al mayor islote (Illa Grossa).

Se trata de una zona protegida desde 1987, año en el que mediante la LEY 30/1987 se ordenan las competencias en el archipiélago de las Islas Columbretes y su entorno marítimo y a través de la cual se prohíbe cualquier actividad que pueda alterar los elementos y la dinámica de los ecosistemas existentes. En 1988, la zona terrestre fue declarada Parque Natural por la Comunidad Valenciana y Reserva Natural en 1994. En 1990 se estableció la Reserva Marina y en 2001 se incluyó entre las Zonas Especialmente Protegidas de Interés para el Mediterráneo (ZEPIM). Asimismo, también está declarada Lugar de Interés Comunitario (LIC) y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA). La reserva marina tiene forma de cuadrilátero y posee una superficie de 5543 ha en aguas exteriores.

El área de trabajo del presente estudio comprende los fondos circalitorales (30-100 m de profundidad) correspondientes a los bajos próximos a las islas, la mayoría situados fuera de los límites de la Reserva Marina (Figura 1).

1.3. INFORMACIÓN Y PROYECTOS PREVIOS A INDEMARES

Con el fin de identificar las zonas potenciales de albergar las comunidades de estudio del proyecto, durante los meses de julio y agosto de 2011 se realizó un trabajo de búsqueda y revisión de la bibliografía disponible hasta el momento sobre las comunidades objeto de estudio, así como de la batimetría y cartografía de la zona de estudio. Para ello se consultaron las siguientes fuentes:

1. Aguilar et al., 2010. Distribution of deep-sea Laminarians around three Spanish Marine Protected Areas. 1st Mediterranean Symposium on the Conservation of the Coralligenous and other Calcareous Bio-concretions, Tabarka (Turkey) Poster.
2. Boisset & García-Carrascosa, 1987. El fitobentos de las Islas Columbretes: Flora y comunidades vegetales. Pp. 269-302 en: *Islas Columbretes. Contribución al Estudio de su Medio Natural* (Matilla et al.). C.O.P.U.T., Generalitat Valenciana, Valencia.
3. García-Carrascosa, 1987. El bentos de los alrededores de las Islas Columbretes. Elementos para su cartografía bionómica. Pp. 466-499 en: *Islas Columbretes. Contribución al Estudio de su Medio Natural* (Matilla et al.). C.O.P.U.T., Generalitat Valenciana, Valencia.
4. Kersting & Linares, 2006. Mortandad de *Paramuricea clavata* asociada a un evento de macroagregados mucilaginosos “llepó” durante el verano de 2004 en las Islas Columbretes. XIV Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Barcelona (España). Poster.
5. Kersting & Ballesteros, 2010. *Gobius kolombatovici*, primera cita en las costas ibéricas, Islas Columbretes (Mediterráneo noroccidental). XVI Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Alicante (España). Poster.

6. Linares et al., 2008. Size distribution, density and disturbance in two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. *Journal of Applied Ecology*, 45: 688-699.
7. Linares et al., 2009. Evaluación del estado de la población de gorgonia roja *Paramuricea clavata* en el Bajo del Murall del Cementeri, Islas Columbretes. Informe técnico para la Secretaría General de Pesca Marítima.
8. Linares et al., 2010. Impactos recurrentes asociados al cambio climático afectan a la gorgonia *Paramuricea clavata* en las Islas Columbretes. XVI Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Alicante (España). Póster.
9. Oceana, 2008. Propuesta de áreas marinas de importancia ecológica: Atlántico sur y Mediterráneo Español. Informe.
10. Templado, J. y Calvo, M., 2002. Flora y Fauna de la Reserva Marina de las Islas Columbretes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
11. Zabala et al., 2001. Informe sobre el estudio de las poblaciones de *Paramuricea clavata* en la Reserva Marina de las Islas Columbretes. Informe técnico para la Secretaría General de Pesca Marítima.

Cabe destacar que nuestro grupo de investigación trabaja desde el año 2001 en la Reserva Marina de las Islas Columbretes mediante la realización de diferentes proyectos y colaboraciones científicas, que han sido de gran utilidad para mejorar la protección, zonación y ampliación de la Reserva Marina. Esta colaboración, a su vez, ha permitido que los distintos expertos de nuestro grupo de adquirieran un detallado conocimiento sobre el medio marino y natural de las Islas Columbretes.

Como base cartográfica se han utilizado los datos de batimetría de multihaz adquiridos previamente por la Secretaría General del Mar. Asimismo, Juan Goutayer facilitó información obtenida a través de sonar de barrido lateral.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS ISLAS COLUMBRETES

Las Islas Columbretes constituyen la parte emergida de un extenso campo volcánico submarino situado cerca del extremo de la extensa plataforma localizada al sur de la desembocadura del Ebro, que se encuentra activo desde el Mioceno inferior. El campo volcánico ocupa un área de 90 por 40 km situada entre 80 y 90 metros de profundidad. La Illa Grossa y el resto de islas e islotes están constituidos bien por materiales basálticos o por rocas fonolíticas (Aparicio et al., 1994). Estas islas y el campo volcánico sumergido asociado son uno de los raros ejemplos de vulcanismo cuaternario en el Mediterráneo (Muñoz et al., 2005).

La tipología de sustratos presente en los fondos de las Columbretes se puede subdividir groseramente en sustratos rocosos en las laderas sumergidas de los islotes y bajos asociados a las estructuras volcánicas, y sustratos detríticos alternados con fangos de origen continental. Son estos últimos los que mayor extensión presentan en las Columbretes, cubriendo la mayoría de fondos profundos que pueden llegar a los 90 m de profundidad y sobre los que se asientan, ocupando grandes áreas, fondos de rodolitos o maërl. El sustrato rocoso es en general vertical o subvertical y alcanza rápidamente los 30 y 40 m de profundidad, siendo substituidos por los fondos detríticos tras una estrecha zona de bloques. La topografía general de los fondos de sustrato rocoso es muy accidentada y expuesta, no existiendo en el archipiélago zonas someras protegidas.

El islote de mayor tamaño, la Illa Grossa, presenta una característica forma de semi-luna con una bahía semiprotegida, abierta a los fuertes temporales de NE por una bocana de unos 340 m de anchura y dos pequeños canales que se abren al SE (Aparicio y García, 1995; Sánchez-Arcilla et al., 2008).

Las Islas Columbretes presentan un alto interés geológico-geofísico al ser un enclave de vulcanismo cuaternario, por lo que ha sido un área bastante estudiada geomorfológica y geofísicamente (Hernández-Pacheco et al., 1966; Martí et al., 1992; Aparicio et al., 1994; Aparicio y García, 1995; Muñoz et al., 2005; Lo Iacono et al., 2010; Flemming, 2012). Uno de los estudios geológicos realizados en la zona se desarrolló dentro proyecto BalCom (realizado en Julio de 2002 a bordo del B/O Vizconde de Eza), coordinado y dirigido por el IEO en colaboración con las Universidades de Barcelona, Islas Baleares y Valencia, y que tuvo como objetivo realizar una cartografía de alta resolución y caracterizar morfológica, batimétrica y texturalmente el fondo marino de la Reserva. Los principales resultados de este estudio mostraron una alta complejidad de la geomorfología del área de Columbretes como manifiestan la presencia de grandes cráteres volcánicos al norte de la Illa Grossa así como posibles zonas de material volcánico tipo “coladas de lava” asociadas a estas estructuras. Desde el punto de vista de dinámica sedimentaria destaca la existencia de grandes lóbulos arenosos con desarrollo dunar al este i sur de las islas, probablemente relacionados con la acción de corrientes de fondo siguiendo la dirección general de

circulación Norte-Sur presente en esta zona del Mediterráneo durante períodos del nivel del mar bajo (Lo Iacono *et al.*, 2010; Flemming, 2012). Por otro lado, los perfiles sísmicos han permitido localizar la existencia de estructuras intrusivas (conos volcánicos/pitones) que atraviesan las series sedimentarias cuaternarias y afloran o subafloran en el fondo marino (Muñoz *et al.*, 2005).

La falta de información más detallada sobre la oceanografía, dinámica sedimentaria y granulometría en la Reserva Marina de las Islas Columbretes ponen de manifiesto la necesidad de este tipo de estudios en esta zona.

2.2. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LAS ISLAS COLUMBRETES

Los primeros trabajos sobre las comunidades bentónicas del archipiélago fueron los realizados por Boisset y García-Carrascosa (1987) y García-Carrascosa (1987). Posteriormente, Templado *et al.* (2002) realizaron un excelente trabajo de investigación y recopilación de toda la información referente a las islas en general y dedicado especialmente a las comunidades marinas de las Islas Columbretes.

Las aguas oligotróficas circundantes al archipiélago se caracterizan por su elevada transparencia, que permite el desarrollo de algas fotófilas hasta profundidades inusuales en otros puntos del Mediterráneo español. La cobertura algal en los fondos de Columbretes llama la atención tanto por su exuberancia como por su diversidad de especies. En los fondos fotófilos de las islas se puede apreciar un denso recubrimiento de especies del género *Cystoseira* y *Dictyopteris*. La parte inferior del infralitoral se caracteriza por la presencia de *Cystoseira spinosa* y *C. zosteroides*, especies que se mantienen también en los fondos circalitorales. Estas comunidades de algas presentan un gran desarrollo y un excepcional estado de conservación.

Cabe resaltar la ausencia de *Posidonia oceanica* y la presencia de *Cymodocea nodosa*, que forma praderas sobre fondos detríticos o incluso mixtos con rodolitos en algunas zonas del archipiélago.

En cambio, las comunidades esciáfilas están bien representadas debido a que los fondos rocosos de Columbretes se caracterizan por su topología abrupta, donde abundan las paredes verticales y extraplomadas. Estas comunidades esciáfilas están formadas principalmente por animales sésiles como esponjas, cnidarios y briozoos, o bien por poblaciones muy importantes de la clorofícea *Halimeda tuna*.

El coralígeno de Columbretes se caracteriza por su gran desarrollo y representación en la mayoría de fondos rocosos de las islas. De esta comunidad destaca el gran desarrollo de las rodofíceas incrustantes como *Mesophyllum expansum* y las facies de *Paramuricea clavata*, presentes en los fondos rocosos profundos con mayor hidrodinamismo.

A continuación se resume la información existente sobre comunidades bentónicas objeto de estudio.

Fondos de gorgonias

Debido a la gran transparencia de las aguas que circundan el archipiélago de las Islas Columbretes, las comunidades coralígenas aparecen a partir de los 35 m de profundidad. Aunque las algas coralináceas constituyen el elemento estructural de estas comunidades, adquieren también gran desarrollo diversos grupos de animales sésiles filtradores, que pueden llegar a ser los organismos dominantes y caracterizar fisionómicamente las comunidades. En general pueden distinguirse con facilidad facies de grandes gorgonias como *Paramuricea clavata*, *Eunicella cavolinii* y *E. singularis*. Estas vistosas poblaciones se encuentran en algunos puntos de la parte superior de la cornisa de concrecionamiento, en paredes verticales, grietas y gargantas más o menos estrechas. La especie de gorgonia dominante y de mayor porte en Columbretes es la gorgonia roja *P. clavata*. Dicha especie forma densas y espectaculares agregaciones en algunas zonas, generalmente por debajo de 40 m. En concreto, se han observado poblaciones de esta especie en diversos puntos del perímetro externo de la Illa Grossa (sobre todo en su mitad norte), entre Piedra Joaquín y la Foradada, en el Murall del Cementeri y en el Carallot. Además, esta gorgonia suele estar presente también en diversos afloramientos rocosos profundos de la plataforma que circunda el archipiélago hasta los 100 m de profundidad. Intercalados entre los ejemplares de esta especie pueden encontrarse algunos ejemplares de la gorgonia amarilla *E. cavolinii* (Templado et al. 2002).

El lugar donde se ha observado mayor densidad y mayor tamaño de ejemplares de *P. clavata* ha sido en el Murall del Cementeri, lo que confiere gran singularidad e importancia a este reducido enclave. En dicho bajo las gorgonias están distribuidas en las paredes verticales producidas por una gran fractura que lo atraviesa de lado a lado, formando un pasillo de unos 4-5 m de anchura, 20 m de largo y una profundidad que varía entre 29-30 m y los 40 m (Linares et al. 2009).

Los resultados de un estudio llevado a cabo en el año 2001 por nuestro grupo muestran como las poblaciones de Columbretes presentaban colonias extraordinariamente grandes y por tanto con unos valores de biomasa excepcionales, en comparación con otras zonas protegidas del litoral mediterráneo español como la Reserva Marina de las Islas Medas, el Parque Natural de Cap de Creus o la Reserva Marina de las Islas Hormigas (Linares et al. 2008).

Las poblaciones de *P. clavata* han sido afectadas en la última década por diversos eventos de mortalidad masiva en algunas zonas del Mediterráneo noroccidental. Aunque se desconoce con certeza las causas de estos episodios, el incremento en la temperatura del agua de mar ha sido considerado como el principal desencadenante. En el 2009 se observó un elevado grado de mortalidad en la población del Murall del Cementeri y aunque es difícil determinar las causas directas de la perturbación, todo parece indicar que esta población estuvo sometida a diferentes anomalías térmicas (Linares et al. 2010). Otro fenómeno natural que puede provocar la muerte a ésta y otras especies sésiles son los macroagregados, bien de origen fitoplanctónico o de algas pardas filamentosas y gelatinosas (localmente denominados “llepó”). Aunque los eventos de este tipo son relativamente frecuentes en la

época estival y no provocan daños en las poblaciones de gorgonias, durante el verano del 2004 se detectó una importante mortalidad producida por un evento de “Ilepó” en una población situada al oeste de la Illa Grossa (Kersting y Linares 2006).

El coral rojo (*Corallium rubrum*) aparece de forma muy dispersa en los fondos del archipiélago. Sólo se ha observado en la parte inferior de cornisas y pequeñas cavidades por debajo de los 50 m de profundidad, aunque también está presente, en mayor abundancia, en los afloramientos rocosos de la plataforma que circunda el archipiélago, entre los 60 y 100 m de profundidad (Templado et al. 2002).

Fondos de algas fucales

Debido a su orografía y a las condiciones oceanográficas dominantes, las comunidades profundas de *Cystoseira* están bien representadas en las Islas Columbretes. Además, la gran transparencia de las aguas que circundan el archipiélago posibilita la presencia de este género a una considerable profundidad de hasta más de 80 metros (Templado et al. 2002).

Se conoce la existencia de comunidades formadas por varias especies de *Cystoseira* de profundidad (*C. zosteroides*, *C. spinosa*, *C. spinosa v. compressa*, *C. foeniculacea v. latiramosa*, *C. funkii*, *C. sauvageauana*) y de *Sargassum* (*S. trichocarpum*, *S. acinarium*) en fondos rocosos circalitorales de las islas. Entre estas comunidades, una de las más típicas es la de *Cystoseira zosteroides*, que aparece en algunas zonas con corrientes de fondo más o menos constantes, entre los 35 y 45 m de profundidad. Estas comunidades se caracterizan por una alta biodiversidad de especies algales debido a que en dicha cota batimétrica hay una mezcla de especies esciáfilas y fotófilas (Templado et al. 2002).

Fondos de laminarias

En los fondos que circundan las Columbretes el orden de las laminariales está representado por *Laminaria rodriguezii*, a la que acompañan las tilopteridales *Phyllariopsis brevipes* y *Phyllariopsis purpurascens*, si bien esta última especie aparece sólo de forma ocasional (Templado et al. 2002) y probablemente haya sido identificada erróneamente y no se encuentre en las islas.

Laminaria rodriguezii (denominada comúnmente “herba col”), la única especie de laminaria endémica del Mediterráneo, es una alga en regresión por toda la cuenca mediterránea debido al deterioro generalizado de su hábitat causado principalmente por la pesca de arrastre. Normalmente se extienden por el piso circalitoral en zonas con fondos de cascajo y coralígeno, siendo muy vulnerables a las pesquerías de arrastre que se realizan en la plataforma continental (Aguilar et al. 2010). Por esta razón, *L. rodriguezii* está referenciada en el “Libro rojo de la vegetación y paisajes marinos mediterráneos” y considerada en el Anexo de las especies a proteger en el Convenio de Barcelona.

Los fondos marinos adyacentes a las Islas Columbretes constituyen una zona óptima para el desarrollo de poblaciones importantes de esta especie, principalmente por debajo de los

70 metros de profundidad, como ocurre en otras zonas del Mediterráneo Occidental (Balears, Córcega, Cerdeña) (Templado et al. 2002). Sin embargo, y de forma excepcional, en un bajo situado al SE del Carallot se han localizado poblaciones de *Laminaria rodriguezii* a profundidades situadas alrededor de los 40 metros, siempre asociadas a surgencias de gases provenientes del fondo marino. Antes de la ejecución del presente proyecto se desconocían las características químicas del gas, aunque las muestras preliminares analizadas por parte de miembros del Departamento de Ecología de la UB y el coordinador de la reserva señalaban una notable acidificación del agua marina situada alrededor de las surgencias. Esta mayor acidez puede favorecer la incorporación de carbono por parte de la *Laminaria*, a la vez que limitar el crecimiento de especies de algas carbonatadas por la disolución del carbonato de sus talos causada por la elevada acidez. Conocer con exactitud las características físico-químicas de las aguas circundantes así como la composición del gas de estas surgencias es uno de los objetivos de este proyecto que nos ayudará a entender la distribución y las características ecológicas de este tipo de hábitat tan singular.

3. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL MARCO DE INDEMARES

3.1. CAMPAÑAS REALIZADAS DENTRO DEL PROYECTO INDEMARES-COLUMBRETES

3.1.1. Septiembre 2011 (7-14 de septiembre)

Durante la primera quincena del mes de septiembre de 2011 se llevó a cabo una campaña de exploración con un vehículo submarino operado remotamente (ROV, de sus siglas en inglés “Remotely Operated Vehicle”) de los bajos adyacentes a la Reserva Marina de las Islas Columbretes, a bordo de la embarcación *Bon Pigall* de la fundación Argo Maris.

El objetivo principal fue explorar los bajos adyacentes a la Reserva Marina de las Islas Columbretes que alcanzan aproximadamente los 100 metros de profundidad, con el fin de localizar los hábitats vulnerables y su estado de conservación. Los objetivos específicos de esta campaña fueron los siguientes:

- Localizar las principales facies de la gorgonia roja *Paramuricea clavata* en los bajos adyacentes a la Reserva Marina de las Islas Columbretes y su entorno y evaluar su estado de conservación
- Determinar la presencia y evaluar la distribución de las principales comunidades de *Cystoseira* y *Sargassum* de profundidad en los bajos adyacentes a la Reserva Marina de las Islas Columbretes
- Determinar la presencia de *Laminaria rodriguezii* así como de coral rojo *Corallium rubrum*.
- Caracterización, distribución y estado de conservación de los hábitats encontrados en todas las prospecciones realizadas mediante ROV, siguiendo la “*Lista patrón de referencia estatal de hábitats marinos*”, elaborada por una comisión de expertos y que nos ha proporcionado la Fundación Biodiversidad.

3.1.2. Noviembre 2011 (7 – 13 de noviembre)

Durante el mes de noviembre de 2011 se realizó una segunda campaña en la Reserva Marina de las Islas Columbretes, en esta ocasión mediante buceo con escafandra autónoma con la embarcación semirrígida de apoyo *Carallot* de la Universidad de Barcelona y el ICM-CSIC. Los objetivos de la campaña fueron:

- Determinar el listado de las especies del género *Cystoseira* en la Reserva Marina de las Islas Columbretes, clasificando taxonómicamente *in situ* las especies presentes en la zona (parte de esta información se había obtenido también en otras campañas previas al proyecto Indemares realizadas por nuestro grupo de investigación).

- Realizar un muestreo *in situ* de los gases asociados a las surgencias encontradas en el Bajo Sur del Carallot y tomar muestras de agua dentro y fuera de las surgencias con el fin de realizar una primera caracterización físico-química.

3.1.3. Junio 2012 (27 mayo– 07 junio)

A principios de junio de 2012 se realizó la tercera y más larga de las campañas del proyecto. Esta constó de dos partes diferenciadas:

- 1) Muestreo directo con escafandra autónoma para caracterizar las poblaciones de *L. rodriguezii*, así como la recolección de muestras de agua, gas y organismos *in situ*.
- 2) Muestreo de las características físico-químicas del agua y estudio de la hidrografía de la zona. Esta caracterización se realizó con distintos instrumentos de muestreo oceanográfico. Para dicha campaña se contó con la embarcación de apoyo *Carallot* de la Universidad de Barcelona y el ICM-CSIC.

En esta campaña se abordaron los siguientes objetivos:

- Prospección de la presencia de *L. rodriguezii* en el bajo SE del Carallot, asociada (o no) a surgencias de gases.
- Evaluar en qué medida las surgencias de gas modifican la físico-química de las aguas circundantes. Dichas medidas se realizan tanto en zonas con y sin surgencias de gas, pobladas (o no) por poblaciones de *L. rodriguezii*.
- Elaboración de una metodología para estimar la densidad y la biomasa de *L. rodriguezii* mediante métodos de muestreo directos (inmersión con escafandra autónoma) e indirectos (ROV).

3.1.4. Julio 2012 (2– 7 de julio)

A principios del mes de julio de 2012 se realizó la última de las campañas dentro del marco del proyecto. Nuevamente la campaña se realizó mediante buceo con escafandra autónoma dentro de la Reserva Marina de las Islas Columbretes, con el apoyo de la embarcación *Ophiusa* de la Reserva Marina de las Islas Columbretes, con el fin de abordar los siguientes objetivos:

- Caracterización demográfica de las principales poblaciones de gorgonias a partir de los datos de densidad y altura.
- Caracterización del estado de conservación de las poblaciones de gorgonias mediante el análisis del porcentaje de tejido afectado de las colonias y diagnóstico de los principales impactos que afectan estas poblaciones.

- Caracterización demográfica de las principales poblaciones de algas fucales a partir de los datos de densidad y altura.
- Caracterización del estado de conservación de las poblaciones de algas fucales estudiadas y diagnóstico de los principales impactos que afectan estas poblaciones.

3.2. CARACTERIZACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS HÁBITATS MARINOS

3.2.1. Introducción

La información disponible para los hábitats y especies que se encuentran a mayor profundidad en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y su entorno es muy escasa, ya que hasta el momento prácticamente no se han realizado estudios exhaustivos *in situ*. El desconocimiento generalizado de los hábitats profundos (principalmente entre los 30 y los 100 metros de profundidad, máxima profundidad que se encuentra en la zona) se debe a que se encuentran a demasiada profundidad para acceder con escafandra autónoma, y son demasiado someros para ser considerados zonas verdaderamente profundas. Dichas comunidades están siendo cada vez más estudiadas mediante buques oceanográficos e instrumentos operados remotamente. Por esta razón, la documentación gráfica obtenida a través de ROV es fundamental para avanzar en el conocimiento de las comunidades que se distribuyen en zonas profundas.

Conocer la distribución y el estado de conservación de los hábitats existentes, en especial de los más profundos y desconocidos, es imprescindible para poder implementar unas adecuadas medidas de gestión que permitan abordar la necesidad de conservar las comunidades y especies que albergan.

3.2.2. Objetivos

Los objetivos de este apartado son caracterizar y conocer la distribución y estado de conservación de los hábitats marinos profundos de los bajos adyacentes a las Islas Columbretes. También se evalúa la presencia y distribución de las comunidades y especies de interés, siendo los objetivos específicos de este apartado los siguientes:

- Localizar las principales facies de la gorgonia roja *Paramuricea clavata* en los bajos adyacentes a la Reserva Marina de las Islas Columbretes y su entorno y evaluar su estado de conservación
- Determinar la presencia y evaluar la distribución de las principales comunidades de *Cystoseira* y *Sargassum* de profundidad en los bajos adyacentes a la Reserva Marina de las Islas Columbretes
- Determinar la presencia de *Laminaria rodriguezii* así como de coral rojo *Corallium rubrum*
- Caracterización, distribución y estado de conservación de los hábitats encontrados en todas las prospecciones realizadas mediante ROV, siguiendo la “*Lista patrón de referencia estatal de hábitats marinos*”, elaborada por una comisión de expertos y que nos ha proporcionado la Fundación Biodiversidad.

3.2.3. Metodología

Equipamiento

Para poder abordar los objetivos de este apartado se llevó a cabo una campaña de exploración con ROV de los bajos adyacentes a la Reserva Marina de las Islas Columbretes (campaña septiembre 2011). La campaña se realizó en colaboración con el grupo de investigación en Geociencias Marinas (equipo de investigación del Profesor Miquel Canals) de la Universidad de Barcelona y la Fundación Argo Maris, colaboradora científica de la misma según convenio oficial entre ambas entidades.

Debido a las profundidades que alcanzan los bajos a evaluar, cercanas a los 100 metros, el estudio mediante buceo con escafandra autónoma resulta inviable y se procedió al uso de un ROV *Seaeye Linx 1500* preparado para operar hasta un fondo de 400 m y la embarcación *Bon Pigall* de 24 metros de eslora, buque nodriza a turbina diseñado específicamente para el uso de ROVs, ambos pertenecientes a la fundación Argo Maris (Figuras 2 y 3).

La referencia de tamaño en las imágenes tomadas por el ROV se obtuvo a través de dos luces láser montadas en el cuerpo de mismo y separadas una distancia conocida de 10,5 cm.



Figura 2. Embarcación *Bon Pigall* en Puerto Tofiño (Illa Grossa, Columbretes).



Figura 3. ROV *Seave Lynx* 1500 en las aguas circundantes a la Reserva Marina de las Islas Columbretes.

Área muestreada

Se eligieron 7 zonas de estudio (Figura 4), que por sus características orográficas constituían áreas potenciales para albergar los hábitats vulnerables objeto de estudio y que eran totalmente complementarias a las zonas exploradas mediante video remolcado por el equipo de Juan J. Goutayer. Tres de estas zonas, SE Carallot, Murall del Cementeri y SE Foradada se encontraban dentro de los límites de la Reserva Marina, mientras que el resto de las zonas estudiadas se localizaban en la zona LIC. Estas zonas son los bajos de Les Casernes (localizado al Este de la Reserva Marina), Murall de la Dent y La Calç (localizados al Oeste de la Reserva Marina). La última zona estudiada fue la zona situada al límite Norte de la Reserva Marina, denominada en este estudio como Colada de Lava N.

En cada zona se realizaron entre 1 y 5 transectos dependiendo de la batimetría de la zona, llegando a un total de 16 con una longitud media de aproximadamente 1000 m (Figura 5). Se estima que con estas observaciones desde ROV se cubrió una superficie cercana a 24 ha (superficie calculada con un campo de visión aproximado de 1.5 metros para un total de 15.5 kilómetros recorridos), que corresponden a un total de 15 horas de imágenes de alta definición georeferenciadas (Tabla 1).

Los transectos se realizaron siguiendo la batimetría del fondo, con el fin de identificar las comunidades bentónicas. La mayor parte de las observaciones se han realizado entre los 30 y 100 metros de profundidad. Estos transectos se centraron en las zonas potenciales de albergar las comunidades objeto de estudio, es decir, zonas de sustrato duro. Por ello se desestimaron aquellas zonas de sustrato blando y maërl, que en principio fueron exploradas

previamente en la campaña de vídeo remolcado realizada por el equipo de Juan J. Goutayer.

Además de grabar en imágenes georeferenciadas todos los transectos, se obtuvieron muestras biológicas de algunos organismos para su posterior identificación en el laboratorio.

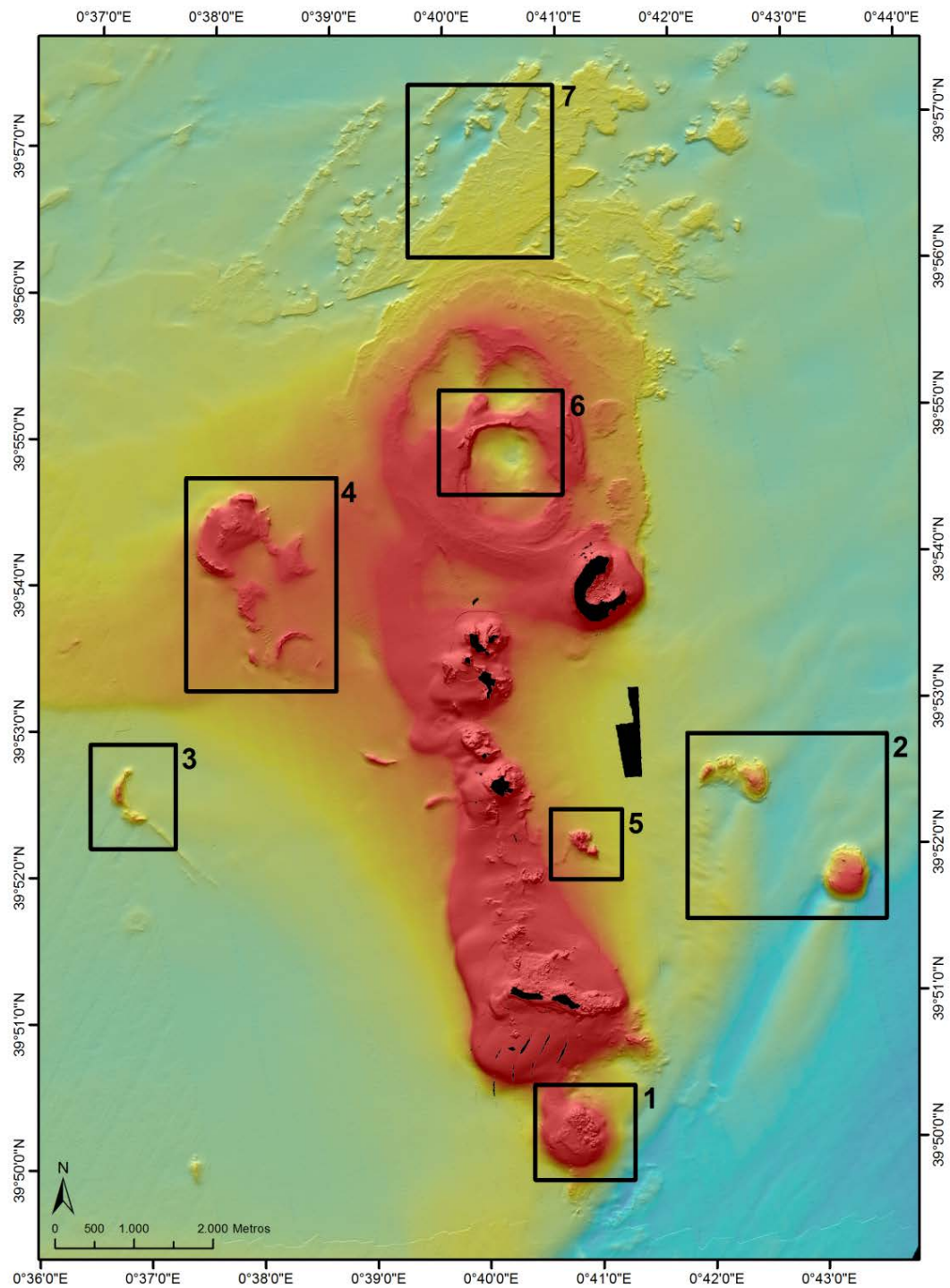


Figura 4. Mapa batimétrico de la Reserva Marina de las Islas Columbretes y su entorno, en el que se señalan los siete bajos explorados: **1.** El Carallot; **2.** Casernes; **3.** Murall de la Dent; **4.** La Calç; **5.** La Foradada; **6.** Murall del Cementeri; **7.** Colada de Lava Norte.

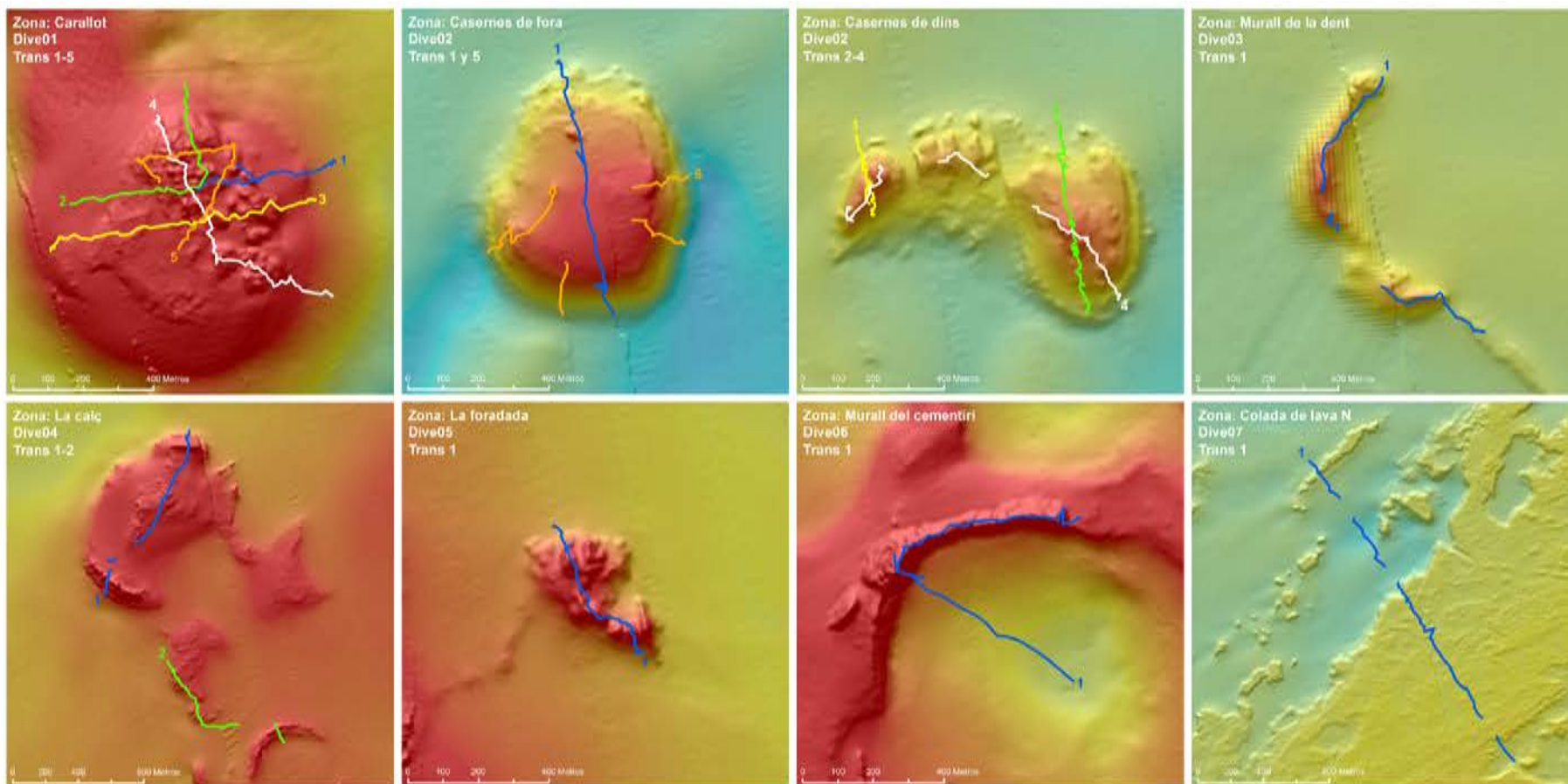


Figura 5. Mapa de los transectos con ROV realizados en cada una de las zonas exploradas.

Tabla 1. Resumen de las inmersiones (*Inm.*) con ROV realizadas en las zonas exploradas, donde se especifica la fecha, el número de transectos realizados (*Trans.*), la posición y profundidad (*Prof.*) inicial y final, la distancia (*Dist.*) explorada y la duración del video obtenido (*Tiempo de grab.*).

Inm.	Zona	Fecha	Trans.	Inicio			Final			Dist. (m)	Tiempo de grab.
				Latitud	Longitud	Prof. (m)	Latitud	Longitud	Prof. (m)		
1	Carallot	09/09/2011	1	39° 50.197' N	0° 41.107' E	71.1	39° 50.165' N	0° 40.830' E	37.2	596	1h
			2	39° 50.179' N	0° 40.840' E	44.8	39° 50.325' N	0° 40.812' E	63.3	744	1h
			3	39° 50.325' N	0° 40.818' E	56.7	39° 50.085' N	0° 40.553' E	50.3	894	1h
			4	39° 50.280' N	0° 40.775' E	50.2	39° 50.004' N	0° 41.031' E	59.6	964	50'
			5	39° 50.080' N	0° 41.149' E	43.1	39° 50.177' N	0° 41.755' E	36.1	811	1h
2	Casernes	10/09/2011	1	39° 52.008' N	0° 43.241' E	86.3	39° 51.669' N	0° 43.296' E	39.2	778	1h
			2	39° 52.633' N	0° 42.453' E	83.1	39° 52.333' N	0° 42.510' E	44.9	866	1h
			3	39° 52.619' N	0° 42.063' E	70.4	39° 52.550' N	0° 42.081' E	62.9	435	47'
		11/09/2011	4	39° 52.352' N	0° 42.571' E	82.2	39° 52.514' N	0° 42.514' E	56.7	1433	1h
			5	39° 51.816' N	0° 43.420' E	59.1	39° 51.809' N	0° 43.205' E	64.1	973	52'
3	Murall de la Dent	12/09/2011	1	39° 52.709' N	0° 36.976' E	78.6	39° 52.312' N	0° 37.162' E	72.3	899	1h
4	La Calç	12/09/2011	1	39° 54.054' N	0° 37.703' E	45.8	39° 54.575' N	0° 38.104' E	68.5	1059	46'
			2	39° 53.849' N	0° 37.971' E	54.2	39° 53.550' N	0° 38.454' E	46.3	846	39'
5	La Foradada	12/09/2011	1	39° 51.987' N	0° 41.071' E	69.0	39° 52.192' N	0° 40.897' E	63.1	620	34'
6	Murall del Cementeri	13/09/2011	1	39° 54.719' N	0° 40.461' E	72.3	39° 55.178' N	0° 40.484' E	65.7	1479	1h16'
7	Colada de lava N	13/09/2011	1	39° 57.209' N	0° 39.869' E	86.8	39° 56.175' N	0° 40.720' E	49.6	1941	1h
TOTAL	7		16							15.5 km	15h

Análisis de imágenes

Todas las imágenes obtenidas a partir de los transectos con ROV fueron analizadas por los diferentes expertos del equipo del proyecto, así como por colaboradores externos, durante el periodo comprendido entre octubre de 2011 y abril de 2012, con el fin de determinar la presencia y distribución de las comunidades biológicas y determinar la existencia de hábitats vulnerables y su estado de conservación. También se evaluaron la presencia y distribución de las comunidades y especies objetivo: algas fucales y laminariales, *Paramuricea clavata* y *Corallium rubrum*, así como surgencias de gases asociadas o no a la presencia de *Laminaria rodriguezii*.

Una vez analizadas las imágenes, los hábitats marinos profundos encontrados en todas las prospecciones realizadas mediante ROV se clasificaron siguiendo la “*Lista patrón de referencia estatal de hábitats marinos*” (LPRE), elaborada por una comisión de expertos y que nos fue proporcionada por la Fundación Biodiversidad.

A partir de la información obtenida de los transectos realizados con el ROV y usando la información cartográfica disponible (mapas de profundidad y pendiente), se realizó una extrapolación manual de la distribución de los hábitats en cada uno de los bajos explorados. Todo este proceso se desarrolló en sistemas de información geográficos (GIS) con el software ArcGIS 10.0 (ESRI).

3.2.4. Resultados

Descripción de los principales hábitats encontrados

Durante la campaña con ROV se obtuvieron un total de 16 horas de imágenes de alta resolución georeferenciadas de los fondos marinos situados entre los 30 y 100 m de profundidad en los bajos adyacentes a la Reserva Marina de las Isla Columbretes.

Las comunidades observadas con mayor frecuencia en los transectos realizados con ROV, clasificadas en relación al tipo de fondo, se muestran en la Tabla 2. Cabe señalar que los transectos fueron realizados en su mayoría sobre fondos de sustrato duro, sin embargo, en dichos transectos también fueron observados fondos de sustrato blando. Esta información también se incluye en la Tabla 2.

En la Figura 6 se muestran los distintos hábitats encontrados en función de la profundidad y la pendiente. Se aprecia como la distribución de los diferentes hábitats encontrados sigue una cierta pauta con la profundidad, aunque también existe cierto solapamiento entre algunos de ellos. Por lo que a la pendiente se refiere, no se aprecia ningún patrón claro, existiendo un mayor grado de solapamiento entre ellos. Por tanto, se utilizará la profundidad como el descriptor básico para realizar los mapas de distribución de los hábitats en cada una de las localidades exploradas.

Tabla 2. Listado de los principales hábitats observados en los bajos adyacentes a la Reserva Marina de las Islas Columbretes explorados con ROV.

1. Fondo infralitoral rocoso
2. Fondo circalitoral rocoso
2.1. Fondos circalitorales rocosos dominados por Fucales
2.2. Fondos circalitorales rocosos dominados por <i>Laminaria rodriguezii</i>
2.3. Fondos circalitorales rocosos dominados por invertebrados
2.4. Fondos circalitorales rocosos colmatados por sedimentos
3. Coralígeno
3.1. Coralígeno con dominancia de invertebrados con <i>gorgonias</i>
3.2. Coralígeno con dominancia de invertebrados sin <i>gorgonias</i>
3.3. Coralígeno con dominancia de algas
4. Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales
5. Fondos detríticos (Biogénicos)
5.1. Fondos de “maërl”/rodolitos
5.2. Fondos de cascajo biogénico (conchas de moluscos)
5.3. Fondos de rodolitos y cascajo dominados por invertebrados
5.4. Fondos detríticos con <i>Laminaria rodriguezii</i>
6. Fondos con surgencias de gases

A continuación, se describe en detalle cada uno de los hábitats observados con mayor frecuencia en las imágenes grabadas con ROV y se muestran algunas fotografías. También se presenta una tabla con el resumen de los rangos de profundidad y los porcentajes de cobertura de cada una de las comunidades descritas por zona explorada (Tabla 3).

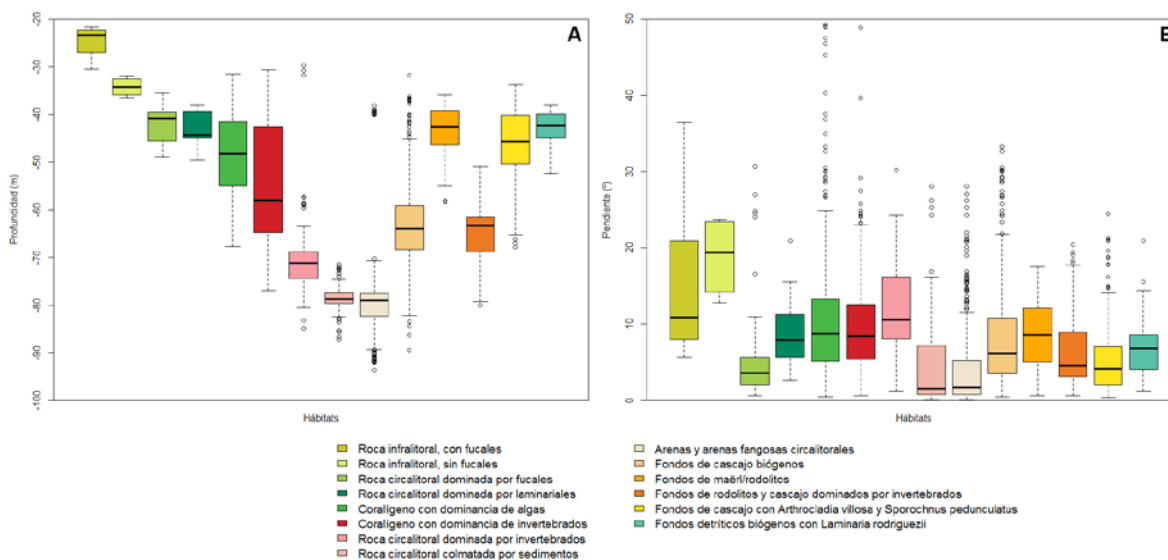


Figura 6. Distribución de los hábitats encontrados en función de la profundidad (A) y la pendiente (B).

Tabla 3. Principales hábitats descritos en los bajos adyacentes a la Reserva Marina de las Islas Columbretes, con el rango de profundidad y la cobertura (%) en cada una de las zonas donde han sido encontrados.

HÁBITATS*	Rango de profundidad (m)	Carallot	Casernes de Fora	Casernes de Dins	Murall de la Dent	La Calç	La Foradada	Murall del Cementiri	Colada de lava N
Rocosos		13.0	10.0	10.2	11.0	3.9	20.7	16.1	53.0
1. Fondo infralitoral rocoso inferior	22 – 37	-	-	-	-	-	-	10.1	-
2. Fondo circalitoral rocoso									
2.1. dominado por Fucales	35 – 49	27.6	-	-	-	20.7	-	-	-
2.2. dominado por <i>Laminaria rodriguezii</i>	39 – 50	1.6	-	-	-	-	-	-	-
2.3. dominado por invertebrados	63 – 82	-	29.9	38.4	61.5	-	-	-	-
2.4. colmatado por sedimentos	73 – 85	-	41.4	35.8	6.9	-	-	-	100
3. Coralígeno									
3.1. con dominancia de invertebrados	30 – 77	35.3	26.3	25.8	31.7	12.2	100	31.2	-
3.3. con dominancia de algas	31 – 68	35.5	2.4	-	-	67.1	-	58.7	-
Detríticos		87.0	90.0	89.8	89.0	96.1	79.3	83.9	47.0
4. Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales	71 – 94	8.4	56.4	87.5	97.8	5.9	18.0	25.5	100
5. Fondos detríticos (Biogénicos)									
5.1. de maèrl/rodolitos	37 – 58	1.6	-	-	-	-	6.3	-	-
5.2. de cascajo biogénico	34 – 85	79.3	24.8	7.6	2.2	94.0	74.6	74.5	-
5.3. de rodolitos y cascajo dominados por invertebrados	51 – 79	8.6	18.8	4.9	-	-	1.1	-	-
5.4. con <i>Laminaria rodriguezii</i>	37 – 52	2.1	-	-	-	0.1	-	-	-
6. Fondos con surgencias de gases	35 – 52	6.6	-	-	-	-	-	-	-

* Los valores de cobertura de las categorías "Rocosos" y "Detríticos" corresponden al porcentaje del total de la superficie estudiada. El resto de valores hacen referencia a los porcentajes dentro de las dos categorías anteriores.

1. Fondo infralitoral rocoso

Son comunidades rocosas del infralitoral inferior, medianamente iluminadas, con presencia o no de fucales. Entre las especies de fucales identificadas en las imágenes grabadas con ROV se encuentran *Sargassum trichocarpum*, *Cystoseira foeniculacea* var. *latiramosa*, *C. spinosa* var. *compressa*, *C. spinosa* var. *spinosa* y *C. zosteroides*. Estos fondos aparecen entre los 21 y los 35 m de profundidad.

Este hábitat fue observado únicamente en una zona, el Murall del Cementeri, con un porcentaje de cobertura del 10.1% de los hábitats rocosos, ya que el resto de los transectos se realizaron a mayor profundidad de la que pueden aparecer estas comunidades (Figura 7).

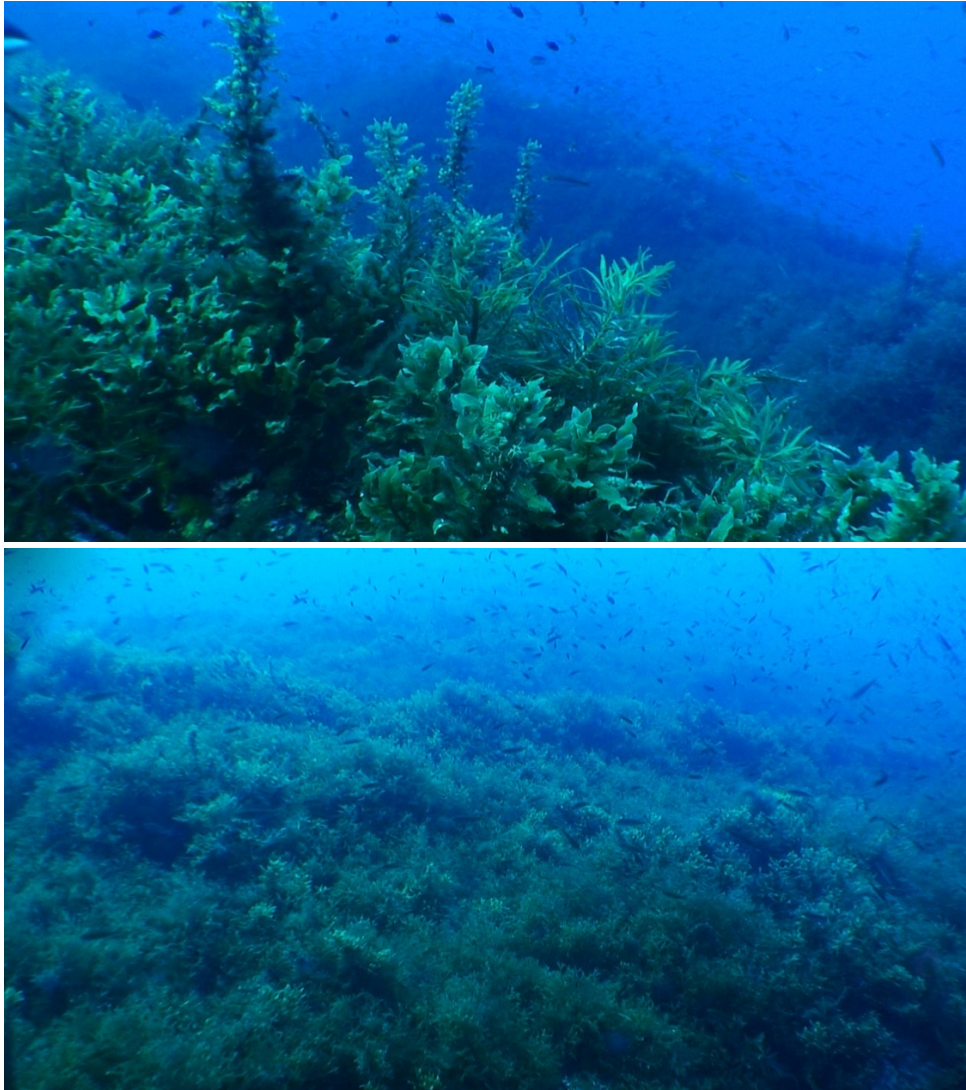


Figura 7. Fondo infralitoral rocoso. Fotografías obtenidas durante la campaña con ROV.

2. Fondo circalitoral rocoso

2.1. Fondos circalitorales rocosos dominados por Fucales

Son fondos dominados por *Cystoseira zosteroides* y *Cystoseira spinosa* var. *compressa*. Son especies longevas, que albergan una gran diversidad de especies ya que ofrecen sustrato a un elevado número de organismos, tanto fotófilos como hemi-esquífilos. Estas especies de fucales pueden aparecer aisladas o formando bosques mixtos. En algunas zonas también encontramos otras especies, como las frondes pardas de la especie *Phyllariopsis brevipes* o gorgonias como *Eunicella singularis*, más o menos densas entre los bosques de *Cystoseira spp.* Estos fondos se sitúan entre los 33 y 51 m de profundidad. Aparecen en el bajo del Carallot, ocupando un 27.6% de la cobertura rocosa y en la zona de la Calç con una cobertura de casi el 20.7%.

Hay que destacar que estas especies son difíciles de identificar únicamente a partir de las imágenes obtenidas, por lo que tal vez se esté subestimando la representación de estos hábitats en la zona explorada (Figura 8).

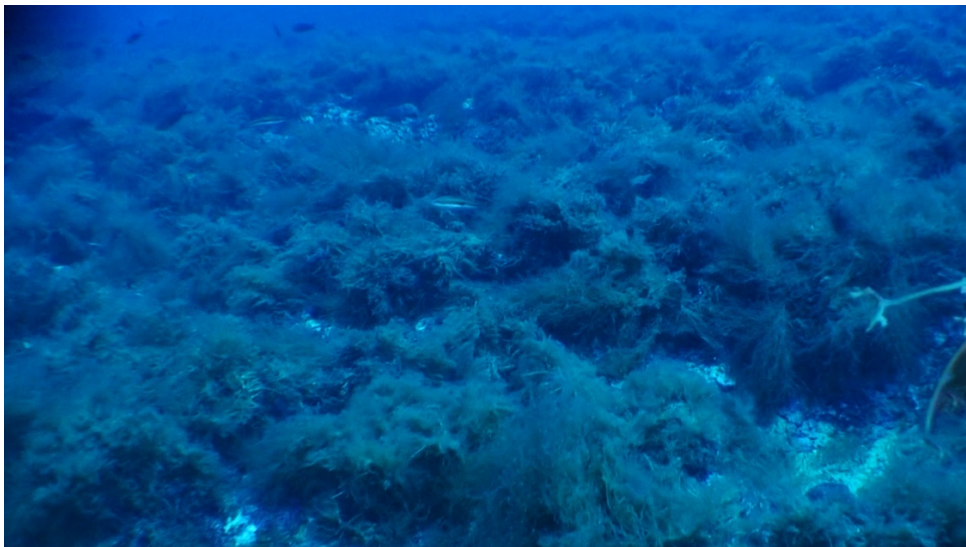


Figura 8. Fondos circalitorales rocosos dominados por fucales. Fotografías obtenidas durante la campaña con ROV.



Figura 9. Fondos circalitorales rocosos dominados por *Laminaria rodriguezii*. Fotografía obtenida durante la campaña con ROV.

2.2. Fondos circalitorales rocosos dominados por *Laminaria rodriguezii*

Encontramos este hábitat entre los 38 y los 48 m de profundidad en la zona del bajo del Carallot, con una cobertura del 1.6% de los fondos rocosos (Figura 9).

2.3. Fondos circalitorales rocosos dominados por invertebrados

En la zona circalitoral más profunda, desde los 30 hasta los 90 m de profundidad, los fondos coralígenos suelen estar menos poblados, permitiendo aflorar la roca desnuda y mostrando en ocasiones sólo algunas pequeñas placas de algas rojas calcáreas. Estos fondos suelen estar dominados por invertebrados, como esponjas del género *Axinella* y *Haliclona*, entre otras. Al igual que en otros fondos duros, la diversidad de especies de diferentes filos es alta (Figura 10).



Figura 10. Fondos circalitorales rocosos dominados por invertebrados. Fotografías obtenidas durante la campaña con ROV.

En estos fondos rocosos pueden encontrarse todavía algunas de las especies típicas del coralígeno, como *Paramuricea clavata*, *Eunicella singularis* o *Eunicella cavolinii*, que tiene un amplio rango batimétrico, pero sin formar los densos bosques habituales del coralígeno.

También es en esta comunidad donde aparecen de manera eventual poblaciones de *Corallium rubrum* en algunas paredes de los bajos de la Foradada y Casernes. Las colonias de la Foradada (dentro de los límites de la Reserva Marina) son más grandes y abundantes que en Casernes.

Podemos encontrar estas comunidades en los bajos de las Casernes de Dins con un 29.9% de la cobertura rocosa y en las Casernes de Fora con un 38.4%. Es más abundante en el Murall de la Dent donde ocupa un 61.5% del total de los fondos rocosos.

2.4. Fondos circalitorales rocosos colmatados por sedimentos

Es una variedad de los fondos circalitorales rocosos dominados por invertebrados que tienen la característica de estar cerca de zonas de sedimento fino y fangos y con un hidrodinamismo suficientemente elevado que impide el establecimiento de muchos organismos filtradores. En esta comunidad encontramos principalmente especies de esponjas del género *Axinella* sp. y otras no identificadas (Figura 11).



Figura 11. Fondos circalitorales rocosos colmatados por sedimentos. Fotografías obtenidas durante la campaña con ROV.

Son el único tipo de fondo rocoso que encontramos en la Colada de Lava Norte. Aparece en menor proporción en los bajos de Casernes de Fora, Casernes de Dins y el Murall de la Dent, ocupando sucesivamente el 41.4%, 35.8% y 6.9% de las superficies rocosas.

3. Coralígeno

Estos fondos coralígenos están compuestos fundamentalmente por rodofíceas calcáreas, como *Mesophyllum alternans*, *Mesophyllum expansum*, *Lithophyllum* sp., *Peyssonnelia* spp., y la clorofícea *Palmophyllum crassum*.

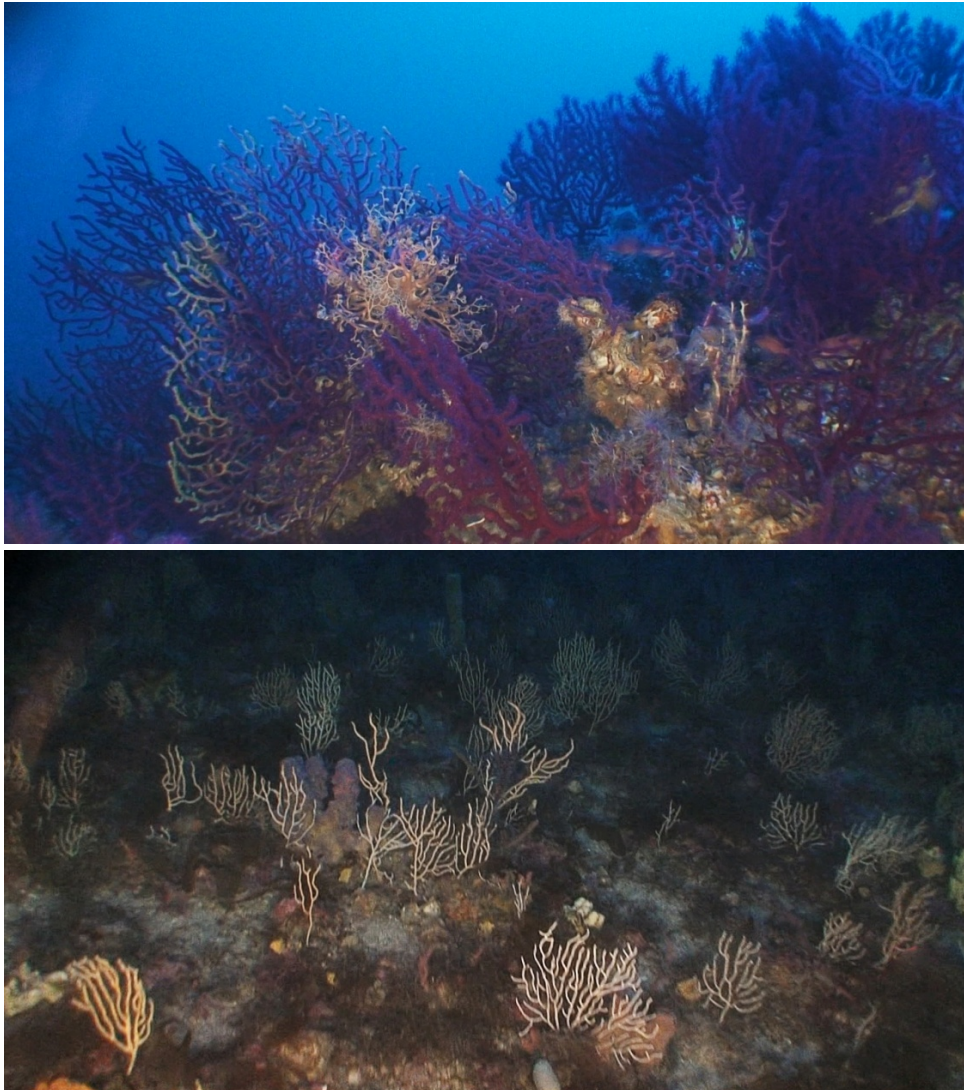


Figura 12. Coralígeno con dominancia de invertebrados con gorgonias. Fotografías obtenidas durante la campaña con ROV.

3.1. Coralígeno con dominancia de invertebrados con gorgonias

Las comunidades más características del coralígeno que encontramos en los bajos explorados son las dominadas por el octocoral *Paramuricea clavata*, que aparece formando grandes extensiones entre los 32 m y los 77 m de profundidad, con densas poblaciones de grandes individuos y en su mayoría en un excelente estado de conservación. En algunas

zonas forman bosques mixtos con otras especies de gorgonias del género *Eunicella*, aunque éstas también pueden formar bosques monoespecíficos. Hemos encontrado *Eunicella singularis* entre los 30 y 50 m de profundidad y *Eunicella cavolinii* entre 50 y los 70 m. Además de las gorgonias encontramos una amplia variedad de especies de otros filos (Figura 12).

Este hábitat aparece en todos los transectos realizados, excepto en la Colada de Lava Norte, siendo más abundante en la Foradada, con una cobertura del 100% de los hábitats rocosos, que en los bajos del Carallot, las Casernes y Murall de la Dent, donde abarca cerca del 25-35% de la cobertura.

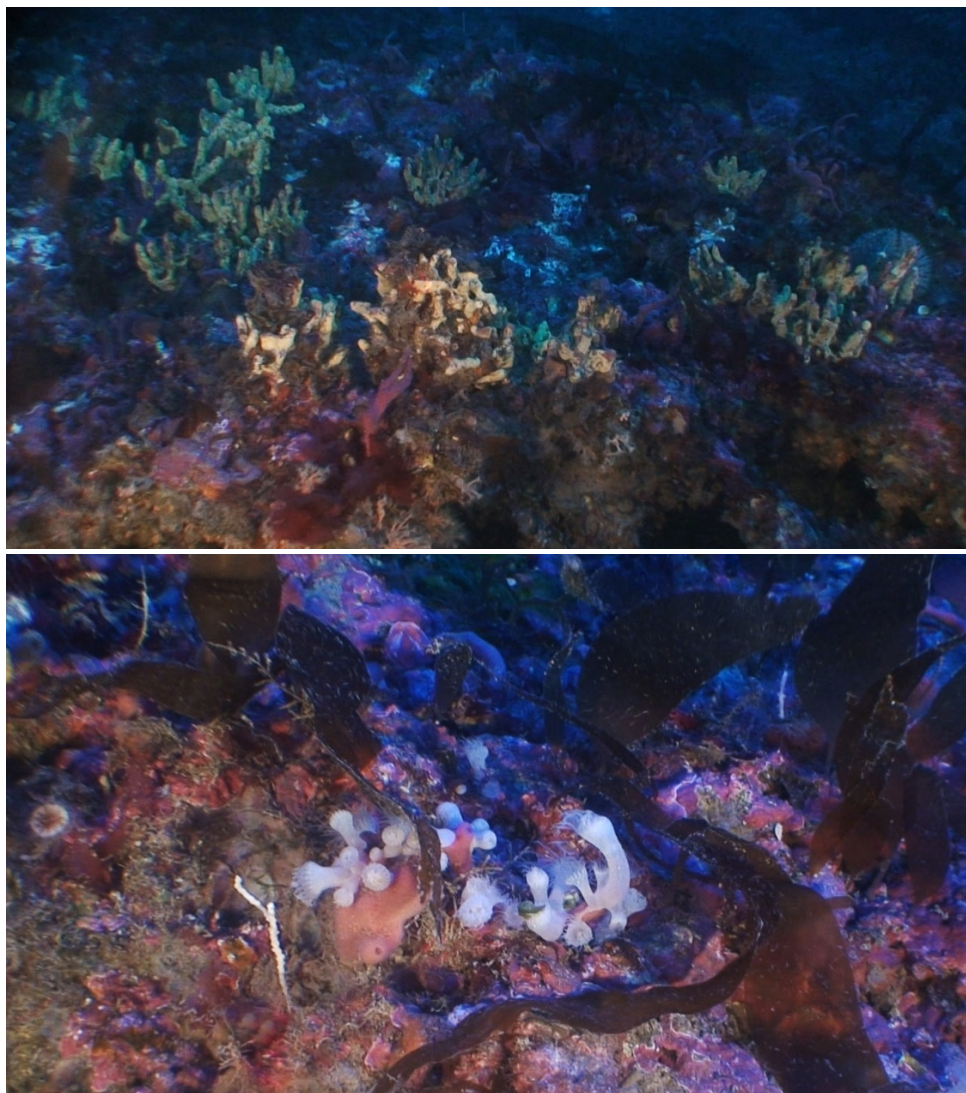


Figura 13. Coralígeno con dominancia de invertebrados sin gorgonias. Fotografías obtenidas durante la campaña con ROV.

3.2. Coralígeno con dominancia de invertebrados sin gorgonias

Es un coralígeno dominado principalmente por esponjas y otros grupos de invertebrados como braquiópodos, poliquetos, hidozoos, briozoos, tunicados, y una amplia representación de fauna vágil, como peces, equinodermos y crustáceos (las especies se detallan en el listado de especies del Anexo II). Aparece entre los 54 y 80 m de profundidad

en todos los transectos, excepto en Colada Lava Norte. En la mayoría de los transectos no representa un porcentaje muy elevado de cobertura, siendo de entre el 0.5 al 14% (Figura 13).

3.3. Coralígeno con dominancia de algas

Son los fondos compuestos por las coralináceas típicas del coralígeno, con baja representación de animales. Además de las algas coralináceas y peyssonneliáceas citadas anteriormente, también aparecen otras especies como *Halimeda tuna* o la tilopteridial *Phyllariopsis brevipes*.

Aparece entre los 31 y 69 m de profundidad en las siguientes zonas: Murall del Cementeri (58.7% de los fondos rocosos), La Calç (67.1%), Carallot (35.5%) y Casernes de Fora (2.4%) (Figura 14).

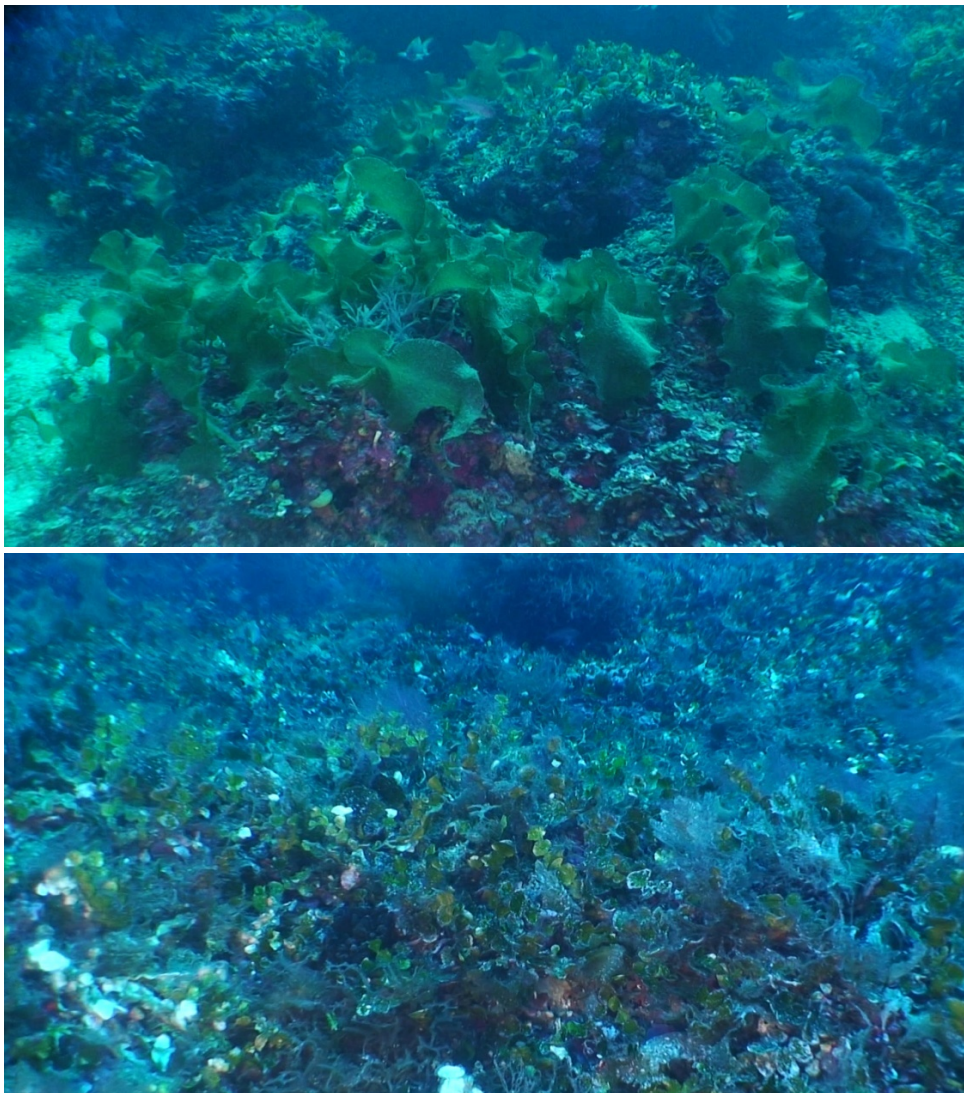


Figura 14. Coralígeno con dominancia de algas. Fotografías obtenidas durante la campaña con ROV.

4. Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales

Esta biocenosis se encuentra en las zonas enfangadas de los fondos detríticos costeros, en áreas donde la estabilidad hidrodinámica propicie la acumulación de sedimento. Estos fangos arenosos son ricos en restos calcáreos, siendo el substrato un sedimento fino con algún desecho algo más grueso o restos calcáreos como conchas o caparazones.

La encontramos entre los 38 y 95 m, ocupando el 100% de los fondos detríticos en la Colada de Lava Norte y en menor proporción en el resto de los bajos (entre 8-98% de los ambientes detríticos) (Figura 15).

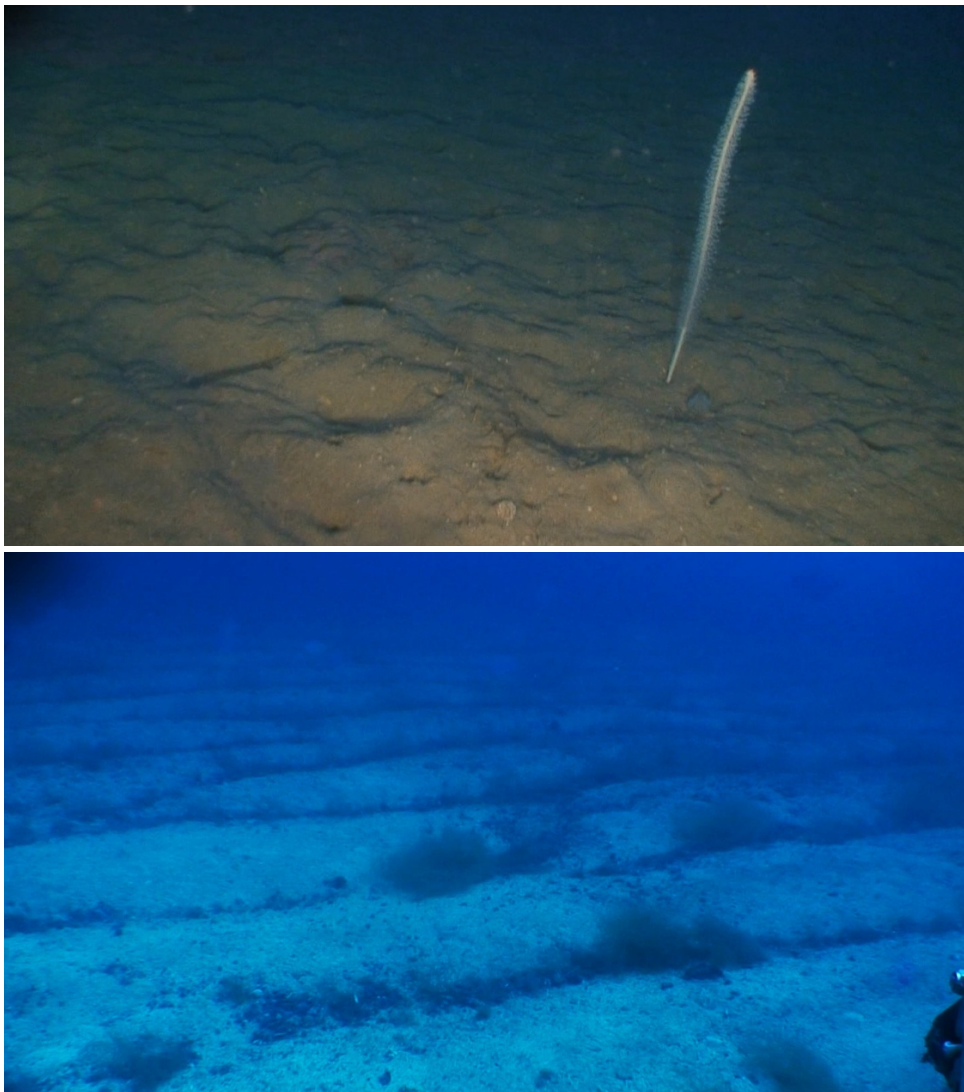


Figura 15. Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales. Fotografías obtenidas durante la campaña con ROV.

5. Fondos detríticos (Biogénicos)

5.1. Fondos de maërl/rodolitos

Las comunidades de detrítico con rodolitos es una variedad del detrítico caracterizada por la presencia de confites de coralináceas, estructuras ramificadas esféricas formadas por el

desarrollo de algas calcáreas libres fijadas alrededor de un soporte mineral u orgánico, creciendo por la fijación de capas sucesivas. El resultado es la formación de nódulos calcáreos de algas vivas y muertas de talla variable (rodolitos). En nuestra área de estudio la cobertura de rodolitos rara vez superó el 50% y por tanto en la zona muestreada no aparecen comunidades bien desarrolladas y extensas de maërl en sentido estricto.

La encontramos entre los 37m y 60 m, en la Foradada en un 6.3% de los fondos detríticos y en el Carallot en apenas un 1.6% (Figura 16).

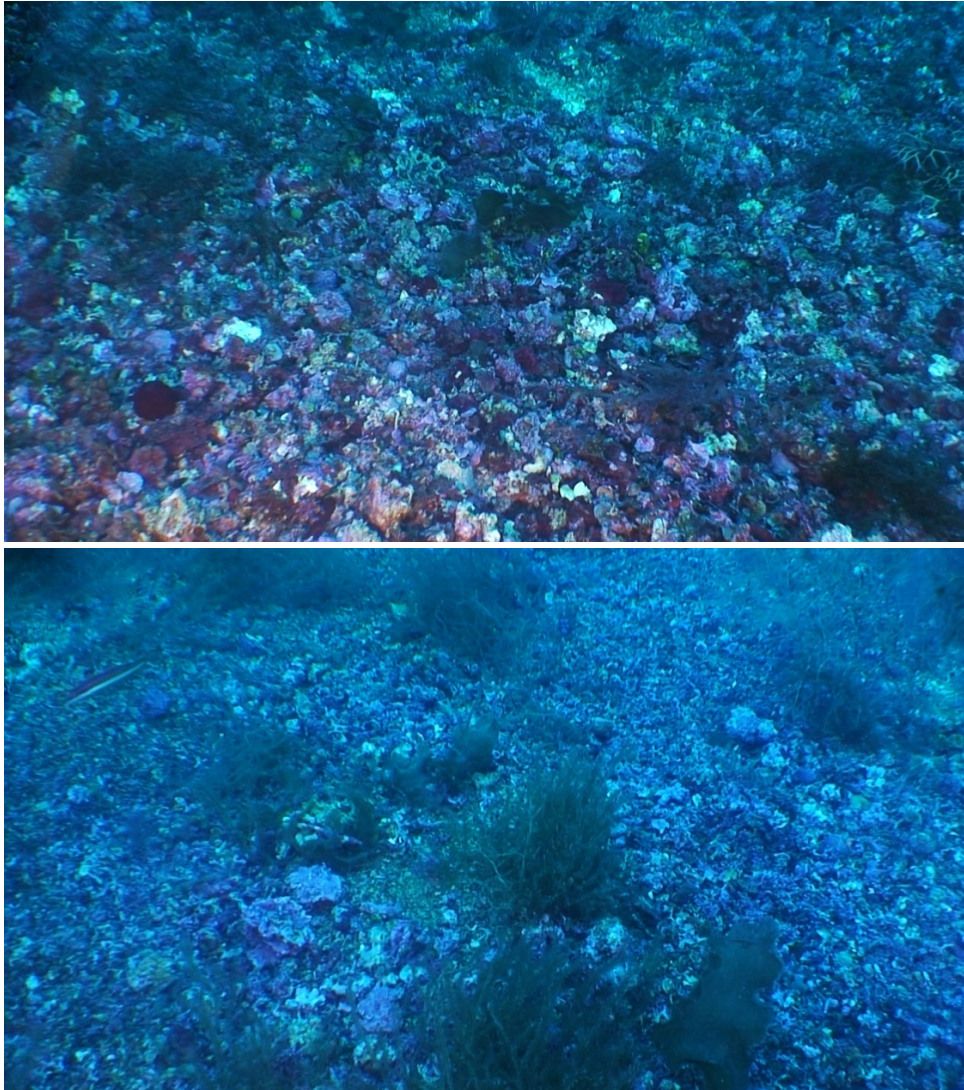


Figura 16. Fondos de maërl/rodolitos. Fotografías obtenidas durante la campaña con ROV.

5.2. Fondos de cascajo biogénico (conchas de moluscos)

Esta comunidad se instala en fondos de sustrato blando, resultantes de una mezcla de elementos de origen terrígeno y biogénico (restos de caparazones de equinodermos, conchas, algas calcáreas, briozoos, etc.). Normalmente aparece a continuación de comunidades como el coralígeno, a partir de 30 m, y puede extenderse hasta profundidades de 90 m.

Es la comunidad de fondos blandos más abundante por encima de los 70 m de profundidad, apareciendo en todas las zonas excepto en Colada Lava Norte, ocupando porcentajes bastante elevados, entre el 2.2% en Murall de la Dent hasta el 94% de recubrimiento en La Calç (Figura 17).



Figura 17. Fondos de casajo biogénico (conchas de moluscos). Fotografías obtenidas durante la campaña con ROV.

5.3. Fondos de rodolitos y casajo dominados por invertebrados

Esta es una comunidad rica en la que los rodolitos y casajo sirven de refugio para muchos poliquetos, hidrozoos, esponjas y algunas ascidias. En algunas zonas aparecen grandes extensiones de cnidarios, como por ejemplo en las Casernes, donde encontramos poblaciones extensas de *Epizoanthus* sp. y de *Poliplumaria* sp. Como epífitas o acompañando en estas comunidades aparecen algunas algas feofíceas filamentosas estacionales como *Arthrocladia villosa* y *Sporochnus pedunculatus*, *Halopteris ficilina*, *Dictyota* sp. y otras rodofíceas no calcáreas no identificadas.

Aparecen entre los 52 y 80 m de profundidad principalmente en la zona de las Casernes con un 18.8% de recubrimiento de los fondos blandos (Figura 18).

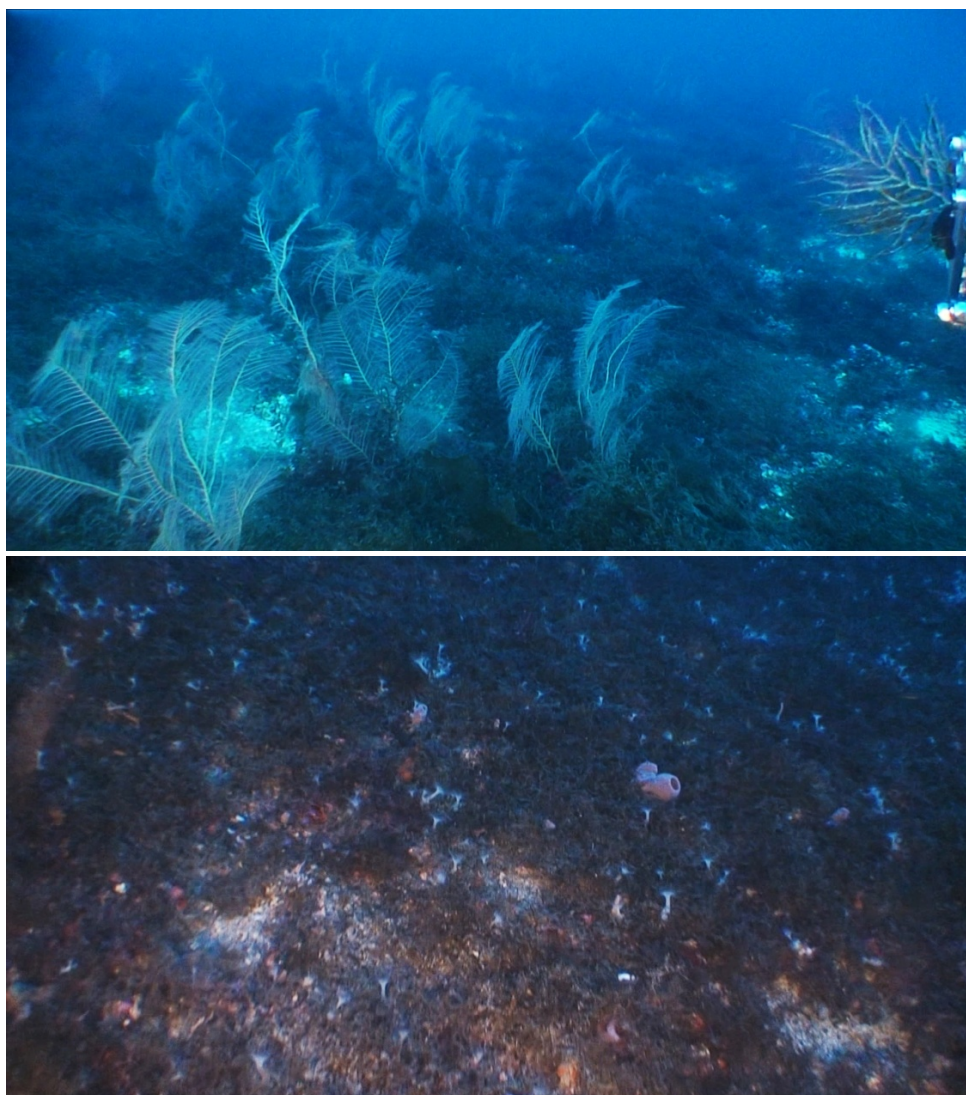


Figura 18. Fondos de rodolitos y cascajo dominados por invertebrados. Fotografías obtenidas durante la campaña con ROV.

5.4. Fondos detríticos con *Laminaria rodriguezii*

Son fondos detríticos que se caracterizan por la presencia de la laminarial *Laminaria rodriguezii*. Este hábitat es abundante en el bajo del Carallot, coincidiendo con la zona de las surgencias de gas, a una profundidad de entre 33 y 53 m. Ocupa un 2.1% de los fondos detríticos de esta zona. También aparece en una pequeña zona de la Calç (0.1%) entre los 45 y 53 m, pero sin estar asociado a surgencias (Figura 19).

6. Fondos circalitorales con surgencias de gas

Se han encontrado fondos con surgencias de gas sólo en la zona del Sur del Carallot, entre 35 y 52 m de profundidad y ocupando un 6.6% de los fondo blandos. La observación de las surgencias es dispersa, pudiendo ser más o menos abundantes según la zona (Figura 20).



Figura 19. Fondos detríticos con *Laminaria rodriguezii*. Fotografías obtenidas durante la campaña con ROV.



Figura 20. Fondos circalitorales con surgencias de gases. Fotografías obtenidas durante la campaña con ROV.



Comparación con los hábitats de referencia

En el Anexo I se presenta la equivalencia de los hábitats definidos anteriormente con los descritos para EUNIS como herramienta del sistema europeo de categorización de hábitats y con los definidos por la “*Lista patrón de referencia estatal de hábitats marinos*” (LPRE), proporcionada por la Fundación Biodiversidad. Es importante anotar que se han encontrado combinaciones de hábitats diferentes que no están explícitamente referenciados en el LPRE, y que están muy bien representados en las aguas circundantes de la Reserva Marina de las Islas Columbretes.

Listado de especies

En el Anexo II aparecen ordenadas alfabéticamente por género/familia todas las especies identificadas en los bajos adyacentes de las Islas Columbretes explorados durante la campaña realizada con ROV en septiembre 2011.

Tabla 4. Especies bajo listados de protección nacional y/o internacional presentes en los bajos adyacentes de la Reserva Marina de las Islas Columbretes.

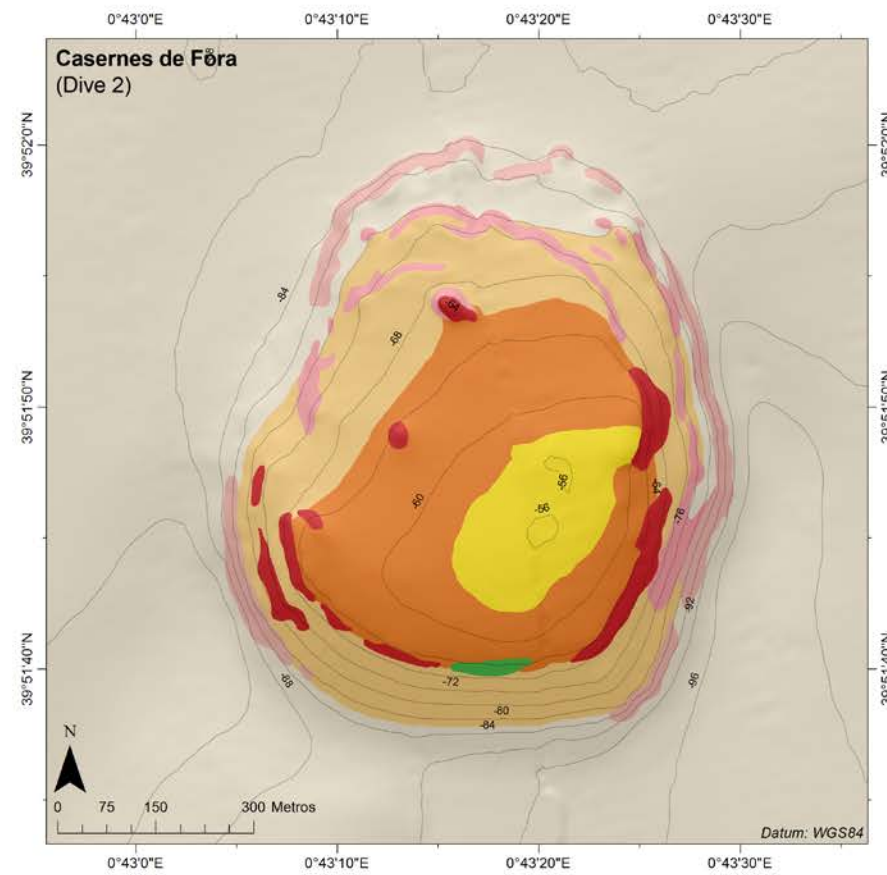
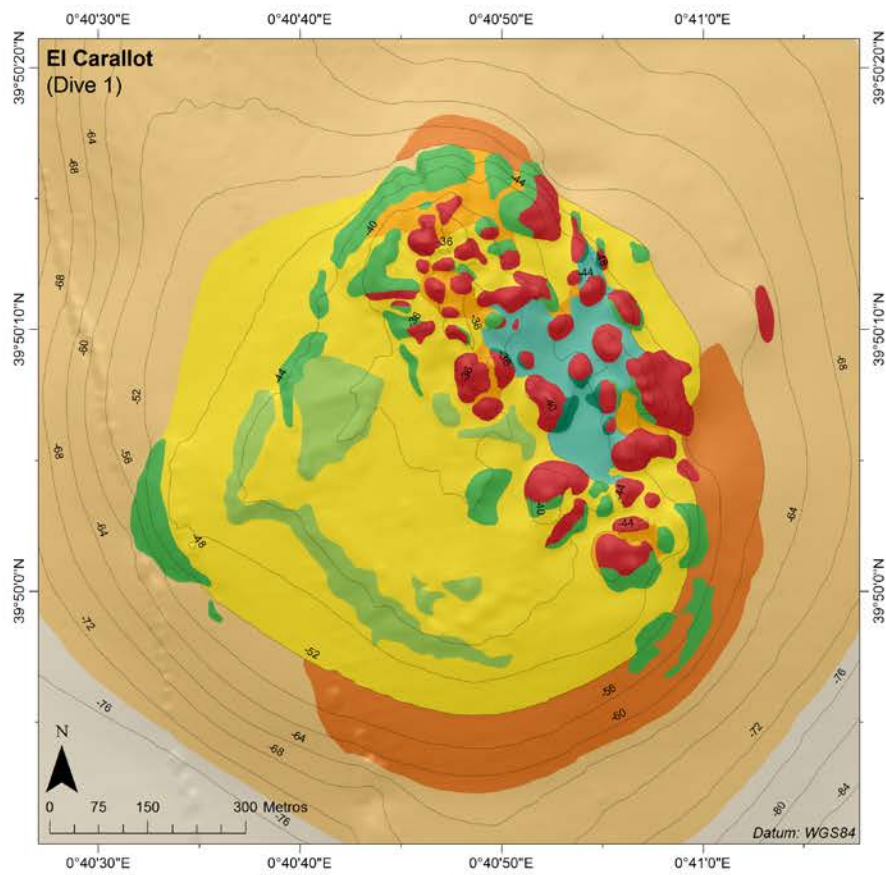
ESPECIE	GRUPO	Convenio Berna	Convenio de Barcelona	Directiva hábitats	Interés pesquero	Lista Roja IUCN	LESPE*
<i>Cystoseira foeniculacea</i> f. <i>latiramosa</i> (Ercegovic) Gómez-Garreta, Barceló, Ribera & Rull	Algae		Anexo II				
<i>Cystoseira funckii</i> Schiffner ex Gerloff & Nizamuddin	Algae		Anexo II				
<i>Cystoseira spinosa</i> Sauvageau	Algae		Anexo II				
<i>Cystoseira spinosa</i> var. <i>compressa</i> (Ercegovic) Cormaci, Furnari, Giaccone, Scammacca & Serio	Algae		Anexo II				
<i>Cystoseira zosteroides</i> (Turner) C. Agardh	Algae		Anexo II				
<i>Laminaria rodriguezii</i> Bornet	Algae		Anexo II				sí
<i>Sargassum acinarium</i> (Linnaeus) Setchell	Algae		Anexo II				sí
<i>Sargassum trichocarpum</i> J. Agardh	Algae		Anexo II				sí
<i>Corallium rubrum</i> (Linnaeus, 1758)	Cnidaria	Anexo III	Anexo III	Anexo II Anexo IV			
<i>Palinurus elephas</i> (Fabricius, 1787)	Crustacea	Anexo III	Anexo III		***		
<i>Scorpaena scrofa</i> (Linnaeus, 1758)	Pisces				***		
<i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe, 1834)	Pisces	Anexo III	Anexo III		***	endangered	
<i>Sciaena umbra</i> (Linnaeus, 1758)	Pisces		Anexo III		***		
<i>Ascinella polypoides</i> (Schmidt, 1862)	Porifera	Anexo II	Anexo II				sí

* LESPE: *Listado de especies en régimen de protección especial de la normativa española.*

Mapas de distribución de los hábitats marinos

La información obtenida con el ROV, junto con la obtenida con el video remolcado y las campañas de buceo, nos ha permitido diseñar un mapa de distribución, así como caracterizar y evaluar el estado de conservación de las comunidades bentónicas profundas en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y su entorno.

Los mapas de distribución diseñados con la información obtenida con el ROV se presentan a continuación, en las Figuras 21 a 24, y unas versiones con un tamaño mayor en el Anexo III. Hay que tener en cuenta que a falta de una simbología de hábitats común como la que se tiene que proponer a priori desde la Fundación Biodiversidad, en el presente informe hemos utilizado la simbología (escala de colores) que hemos encontrado más conveniente y que facilita la representación de todos los hábitats encontrados en la zona de estudio.



Hábitats

- Roca circalitoral dominada por fucales
- Roca circalitoral dominada por laminariales
- Coralígeno con dominancia de algas
- Coralígeno con dominancia de invertebrados
- Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados
- Roca circalitoral colmatada por sedimentos

- Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales
- Fondos de cascajo biógenos
- Fondos de maërl/rodolitos
- Fondos de rodolitos y cascajo dominados por invertebrados
- Fondos de cascajo con *Arthrocladia villosa* y *Sporochnus pedunculatus*
- Fondos detríticos biógenos con *Laminaria rodriguezii*

Figura 21. Mapas de distribución de los hábitats encontrados en los bajos del Carallot (izq.) y Casernes de Dins (dcha).

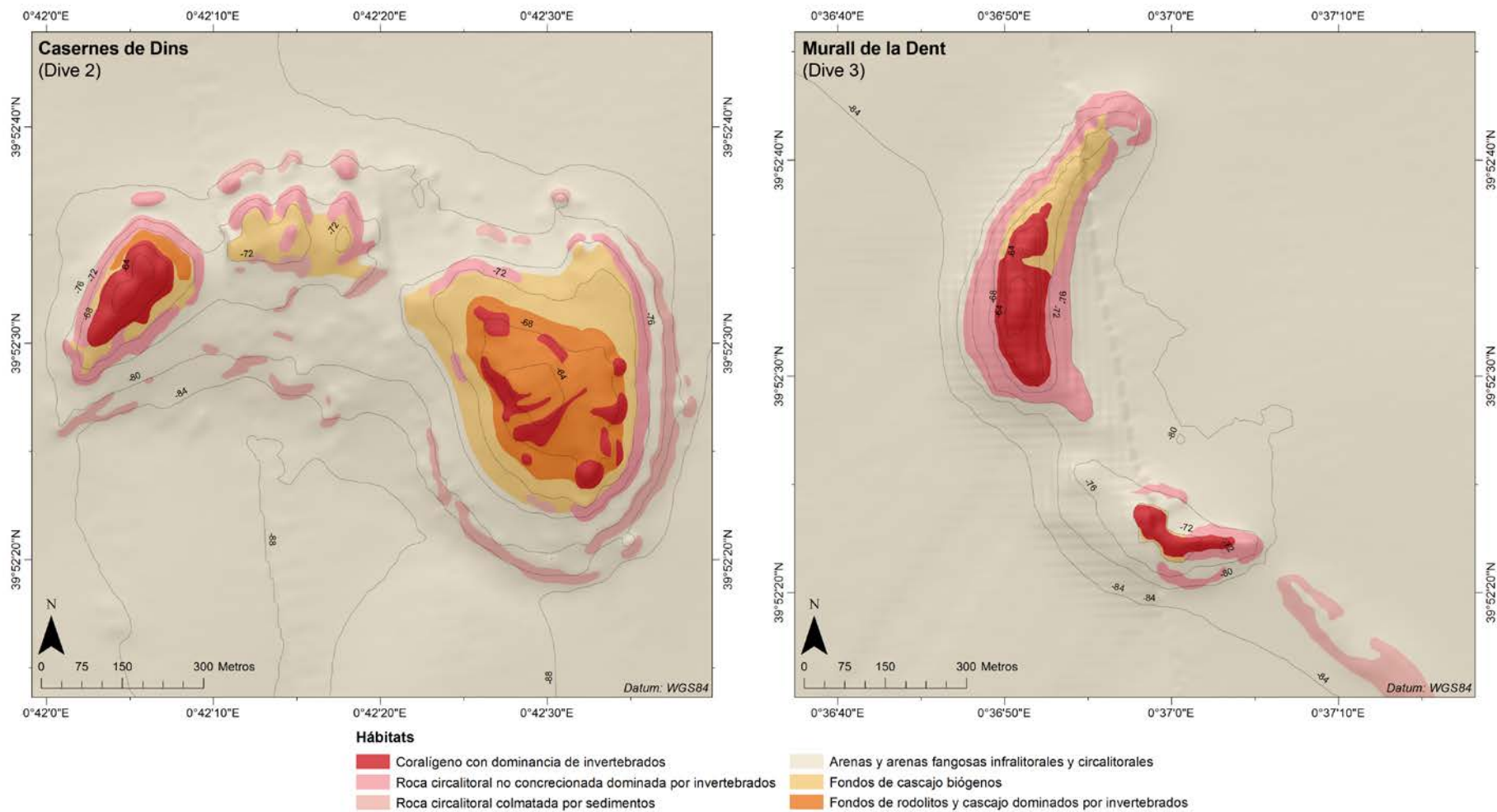
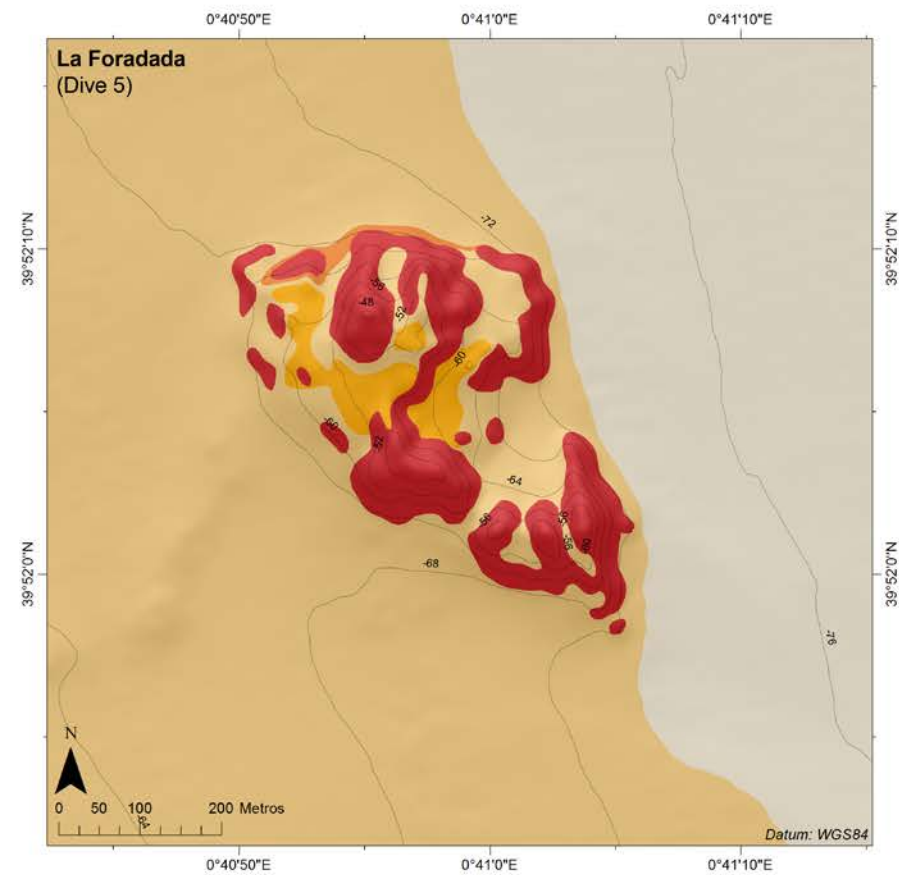
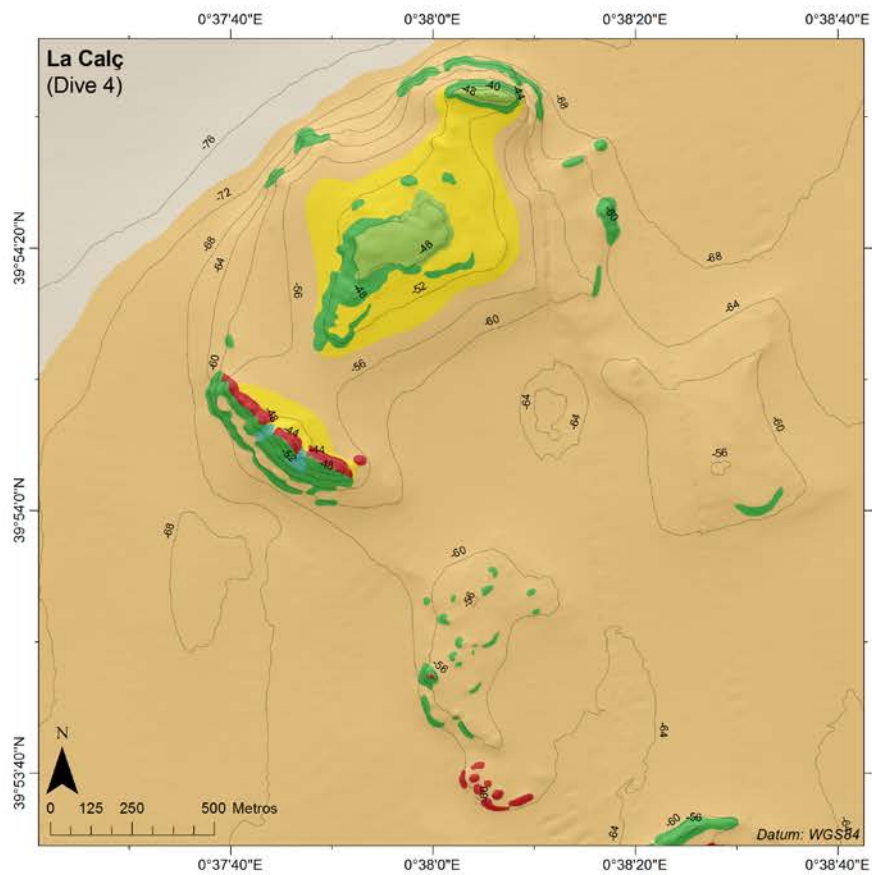


Figura 22. Mapa de distribución de los hábitats encontrados en los bajo de Casernes de Fora (izq.) y Murall de la Dent (dcha.).

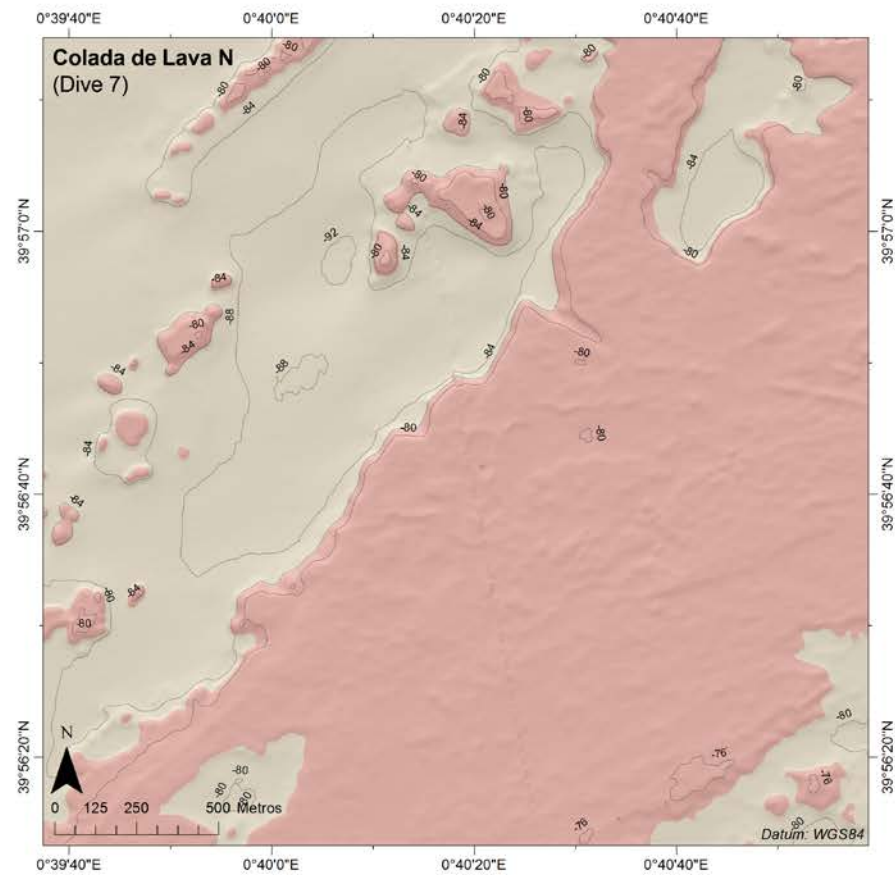
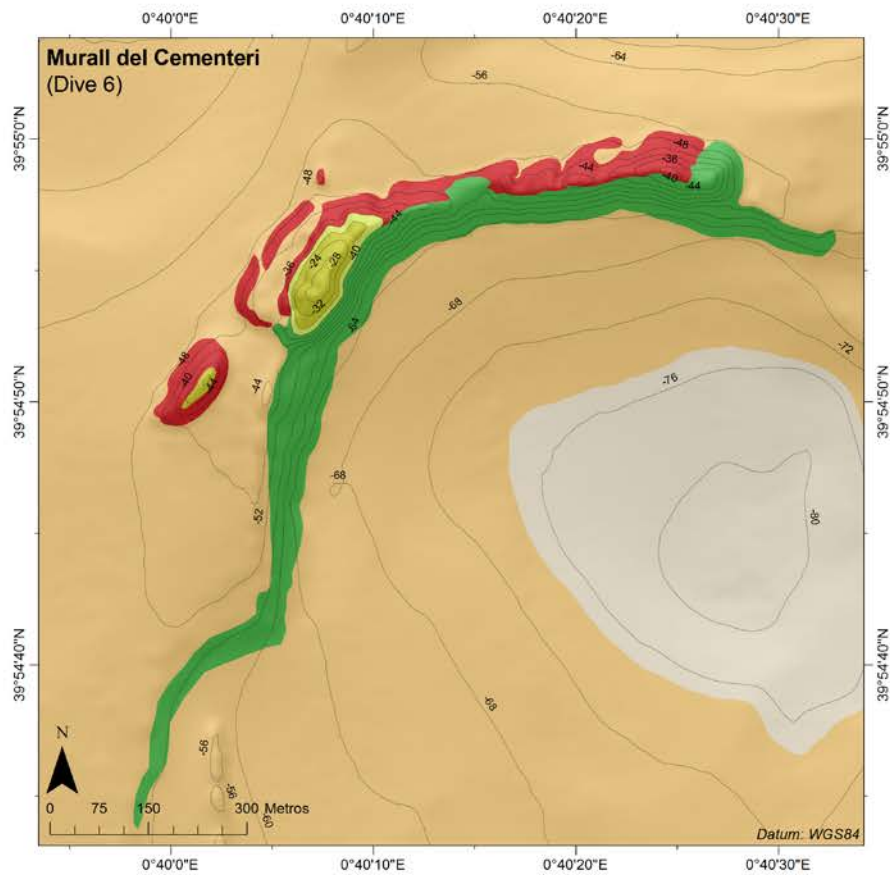


Hábitats

- Roca circalitoral dominada por fucales
- Coralígeno con dominancia de algas
- Coralígeno con dominancia de invertebrados
- Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales
- Fondos de cascajo biógenos

- Fondos de maërl/rodolitos
- Fondos de rodolitos y cascajo dominados por invertebrados
- Fondos de cascajo con *Arthrocladia villosa* y *Sporochnus pedunculatus*
- Fondos detríticos biógenos con *Laminaria rodriguezii*

Figura 23. Mapa de distribución de los hábitats encontrados en los bajos de la Calç (izq.) y la Foradada (dcha.).



Hàbitats

- Roca infralitoral medianamente iluminada, con fucales
- Roca infralitoral medianamente iluminada, sin fucales
- Coralígeno con dominancia de algas
- Coralígeno con dominancia de invertebrados

- Roca circalitoral colmatada por sedimentos
- Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales
- Fondos de cascajo biógenos

Figura 24. Mapa de distribución de los hábitats encontrados en los bajos del Murall del Cementeri (izq.) y la Colada de Lava N (dcha.).

3.3. COMUNIDADES PROFUNDAS DOMINADAS POR GORGONIAS, EN ESPECIAL ATENCIÓN LA GORRONIA ROJA *Paramuricea clavata*

3.3.1. Introducción

La gorgonia roja *Paramuricea clavata* es una especie emblemática de las comunidades de fondo rocoso del Mediterráneo Noroccidental. Esta especie tiene un gran valor patrimonial y ecológico, pues aporta estructura y biomasa a las comunidades de las que forma parte. Asimismo, estas comunidades son un foco importante de biodiversidad. La gorgonia roja es una especie de dinámica lenta y gran longevidad, muy vulnerable a todo tipo de perturbaciones. Desgraciadamente, muchas perturbaciones están afectando actualmente a estas comunidades, como el buceo, la pesca, el cambio global, etc. (Harmelin & Marinopoulos 1999, Coma et al. 2004, Linares et al. 2005, Garrabou et al. 2009).

En la Reserva Marina de las Islas Columbretes esta especie forma importantes poblaciones a partir de 35 m de profundidad. Alguna de estas poblaciones han sido estudiadas en los últimos años, como la población localizada entre 35 y 40 m en el Murall del Cementeri, donde cabe destacar los valores de biomasa obtenidos, excepcionalmente altos en comparación con los obtenidos en todo el Mediterráneo Noroccidental (Linares et al. 2008). Pero por otro lado, esta población muestra actualmente unos niveles de mortalidad (tanto parcial como total) muy importantes, probablemente debidos a las anomalías térmicas derivadas del cambio global, observadas durante los últimos veranos (Linares et al. 2010).

Dentro de este contexto, resulta de vital importancia caracterizar y estudiar el resto de poblaciones que se encuentran en la Reserva Marina y los bajos adyacentes.

3.3.2. Objetivos

Los objetivos concretos de este apartado del proyecto han sido:

- Localizar las principales poblaciones de gorgonia roja *Paramuricea clavata* en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y los bajos adyacentes, principalmente mediante el uso de escafandra autónoma y el apoyo puntual de un ROV.
- Caracterizar y describir las poblaciones de gorgonia roja más importantes encontradas en la zona de estudio del presente proyecto, realizando un estudio exhaustivo de dichas poblaciones con el objetivo de evaluar su estado de conservación.
- Evaluar el estado de conservación así como las presiones e impactos que sufren las poblaciones de *Paramuricea clavata* encontradas en la Reserva Marina y los bajos adyacentes.

3.3.3. Metodología

Dado nuestra experiencia en el estudio de los bosques de gorgonias en la Reserva Marina de las Islas Columbretes (ver Kersting & Linares 2006, Linares et al. 2008, Linares et al. 2010), ya se tenía un buen conocimiento previo de la distribución de estas comunidades. De todos modos, se realizó una serie de prospecciones mediante ROV (campana septiembre 2011) con el fin de completar y definir la distribución de estas comunidades dentro de la Reserva Marina y su entorno. Una vez localizadas las principales poblaciones de gorgonia roja *P. clavata*, se llevo a cabo una campaña mediante buceo con escafandra autónoma (campana julio 2012) con el apoyo de la embarcación *Ophiusa* de la Reserva Marina de las Islas Columbretes, en la que se realizaron entre 15 y 30 cuadros al azar de 50x50 cm, dónde se anotaron el número de colonias presentes (densidad), la altura de cada una de las colonias y el porcentaje de tejido afectado (Figura 25). Para evaluar el estado de conservación de las poblaciones que se encuentran a profundidades no accesibles con escafandra autónoma se usaron las imágenes obtenidas con el ROV, a partir de las cuales se estimó la mortalidad de las colonias, agrupándolas en tres estados de mortalidad (0% mortalidad, 10 - 99% mortalidad y 100% mortalidad).

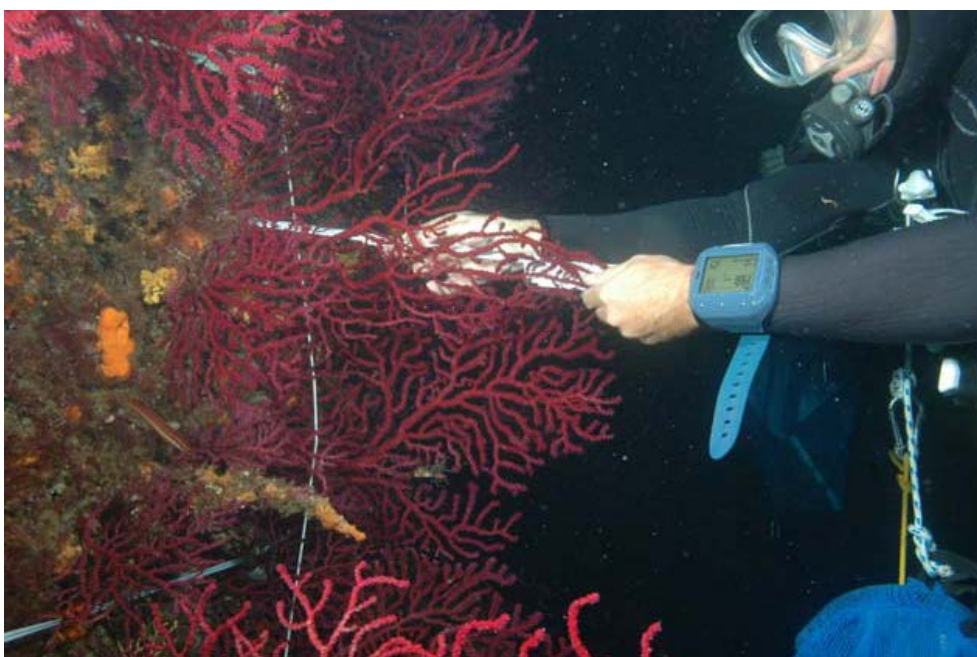


Figura 25. Metodología empleada para el estudio poblacional de la gorgonia roja *Paramuricea clavata*.

3.3.4. Resultados

Presencia y distribución de las principales poblaciones de gorgonias

En las imágenes obtenidas con el ROV se han observado tres especies de gorgonias en los bajos explorados así como en la zona de la Reserva Marina de las Islas Columbretes. *P.clavata*, la especie más emblemática, aparece entre los 30 y 77 metros formando bosques

uniespecíficos o mixtos con las otras dos especies: con *Eunicella singularis* entre los 30 y 50 metros o con *Eunicella cavolinii* entre los 50 y 70 metros.

A continuación se muestra un mapa de distribución de las zonas donde se han encontrado poblaciones de gorgonias (Figura 26).

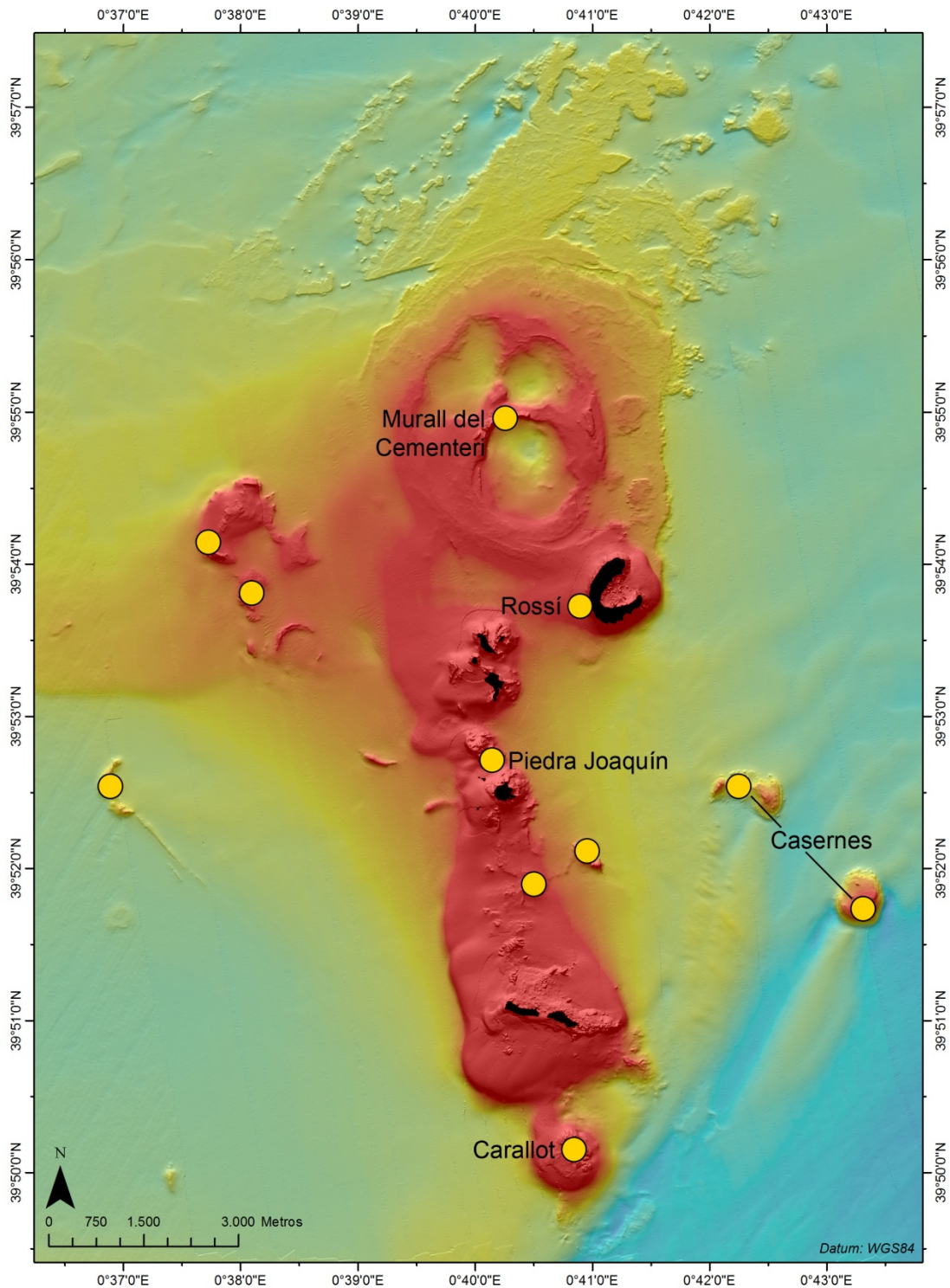


Figura 26. Mapa de distribución de las poblaciones de *Paramuricea clavata* encontradas en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y sus bajos adyacentes.

Caracterización demográfica de las poblaciones de *Paramuricea clavata*

Se caracterizaron demográficamente aquellas poblaciones de *P.clavata* que se encontraban a profundidades accesibles para muestrear con escafandra autónoma, entre los 35 y los 43 metros de profundidad. Se estudiaron cuatro poblaciones en total: Murall del Cementeri, Rossí, Piedra Joaquin, Carallot (Figura 26). La Tabla 5 presenta los estadísticos descriptivos de las diferentes poblaciones, junto con la profundidad (m), el número de colonias medidas, el área muestreada y algunos parámetros poblacionales, como la densidad y la altura media, máxima y mínima de las colonias. También se indica el porcentaje de mortalidad medio y su desviación estándar para cada población, y los porcentajes de las colonias consideradas sanas (< 10% de mortalidad), las que presentaban cierto grado de afectación (10-99% de mortalidad) y las completamente muertas, que presentaban únicamente el esqueleto sin nada de tejido vivo (100% de mortalidad).

Tabla 5. Parámetros demográficos de las poblaciones de *Paramuricea clavata* en las cuatro localidades estudiadas. H (altura máxima de la colonia en cm). % mortalidad (% superficie muerta de cada colonia).

LOCALIDAD	PROF. (m)	N	ÁREA (m ²)	ρ (ind/m ²)	H mean	H SD	H max	H min	% Mortalidad		% Colonias		
									mean	SD	< 10%	≥ 10 - ≤ 99 %	100%M
Carallot	36-39	245	8	30,63	30,54	21,09	96	1	6,37	19,38	85,71	12,24	2,04
Murall del cementeri	35-39	176	10	17,60	42,04	24,61	120	2	22,51	34,34	60,23	31,82	7,95
Piedra Joaquin	43	27	2,75	9,82	32,81	11,77	56	12	3,52	9,18	85,19	14,81	0,00
Rossi	35	43	3	14,33	31,93	19,26	80	4	74,65	37,94	16,28	27,91	55,81

En resumen, la Tabla 5 nos muestra una gran variabilidad en la mayoría de los parámetros explorados en las cuatro localidades. La densidad de colonias es uno de los parámetros más variables en las 4 localidades exploradas, observándose valores entre 10 y 31 colonias/m². A pesar de que la altura media de las colonias es muy similar entre todas las localidades, con valores entre 31 y 42 cm, la altura máxima es mucho menor en Piedra Joaquín que en el resto de las poblaciones examinadas. Respecto al porcentaje de mortalidad, este es extraordinariamente elevado en Rossi (~75%), elevado en el Murall del Cementeri (~23%) y bajos en el Carallot y Piedra Joaquin (<7%).

A continuación se presentan los histogramas de las estructuras de tallas de las poblaciones estudiadas, donde se representa el porcentaje de colonias para cada estructura de tallas, agrupadas cada 10 cm (Figura 27). De nuevo, destaca la abundancia de colonias grandes mayores de 40 cm y también la existencia de colonias más jóvenes en todas las poblaciones, excepto en la de Piedra Joaquín, donde no se encontraron colonias pre-reproductoras (<10 cm) ni tampoco colonias de tallas por encima de 60 cm.

Caracterización del estado de conservación de las poblaciones de *Paramuricea clavata* mediante el análisis del porcentaje de tejido afectado

Dado que en los últimos años se ha visto que esta especie está mostrando niveles de mortalidad (tanto parcial como total) muy importantes, probablemente debidos a las anomalías térmicas derivadas del cambio global, a partir de las imágenes obtenidas con el ROV y de los datos obtenidos mediante buceo con escafandra autónoma, se caracterizó el estado de conservación de las poblaciones de *P.clavata* mediante el análisis del porcentaje de

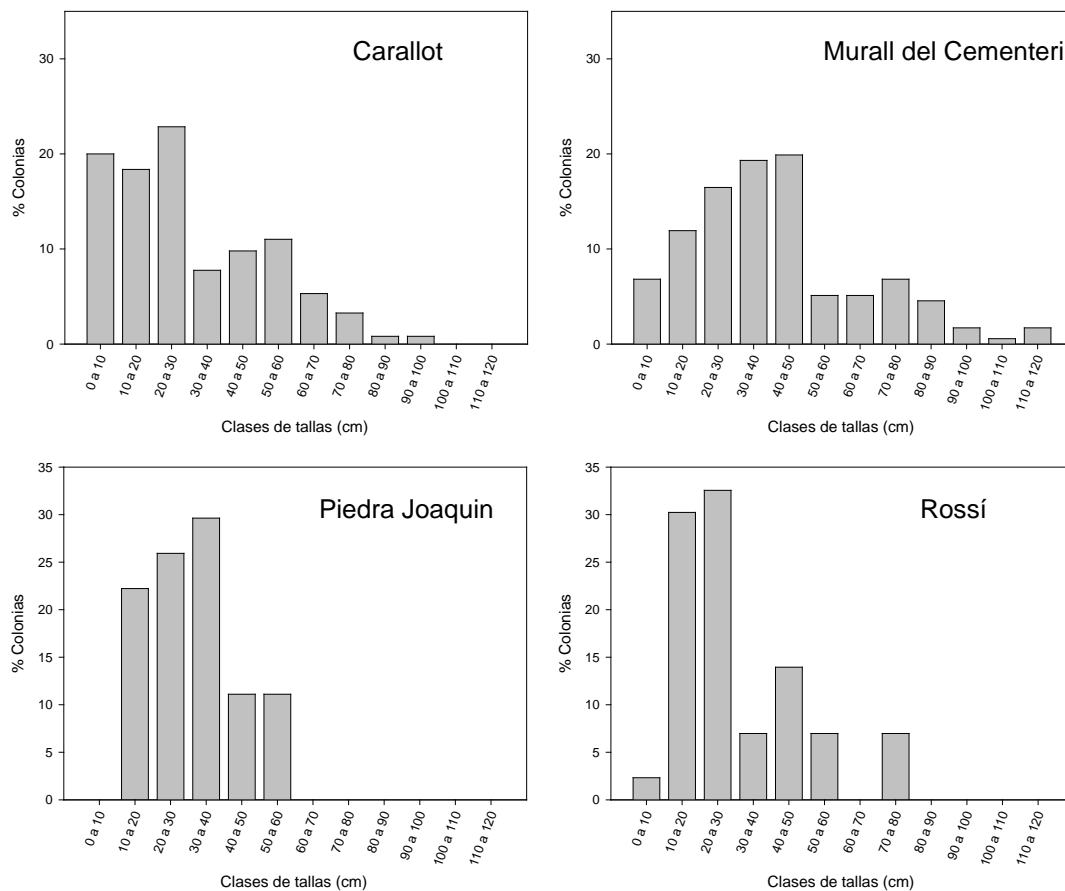


Figura 27. Distribución de las frecuencias de tallas de las colonias de *Paramuricea clavata* en las cuatro localidades estudiadas.

tejido afectado de las colonias. Para ello se estimó la mortalidad de las poblaciones de *P.clavata* en 3 rangos de profundidad: menos de 35 metros, de 35 a 40 metros y más de 40 metros; y se agruparon las colonias en 3 estados de afectación: 0%, de 10 a 99% y 100% de mortalidad.

La Figura 28 presenta los resultados para las poblaciones estudiadas. Se aprecia como a medida que aumenta la profundidad el estado de conservación de las gorgonias mejora. Por debajo de los 40 m las poblaciones presentan un buen estado de conservación, con bajos porcentajes de epibiosis o mortalidad, lo que indica que estas poblaciones no están sometidas, de momento, a impactos importantes. Las poblaciones de *P.clavata* más someras, en cambio, presentan niveles de mortalidad importantes, asociados a las anomalías térmicas observadas durante los últimos veranos y a la presencia de macroagregados mucilaginosos que afectan su supervivencia. Este resultado es de gran importancia, porque nos lleva a pensar que aún es posible la recuperación de las poblaciones más someras a partir de las poblaciones profundas.

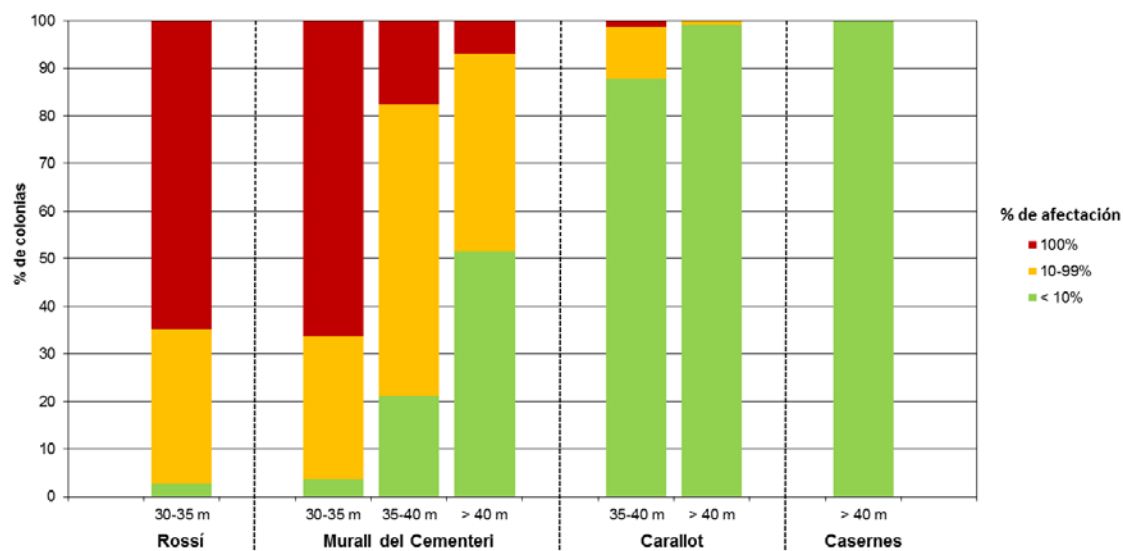


Figura 28. Porcentaje de tejido afectado de las colonias de *Paramuricea clavata* en 3 rangos de profundidad en las cuatro poblaciones estudiadas.

Diagnosic de los principales impactos que afectan a estas poblaciones

Tal como muestran los resultados obtenidos, los impactos a los que se ven sometidas son los derivados del cambio global que están afectando al resto de poblaciones de gorgonias en toda la cuenca mediterránea. El principal impacto es el producido por anomalías térmicas positivas en aquellas poblaciones más someras, pudiendo provocar episodios recurrentes de mortalidad masiva, como se aprecia en alguna de las poblaciones estudiadas como el Murall del Cementeri (Figura 29).

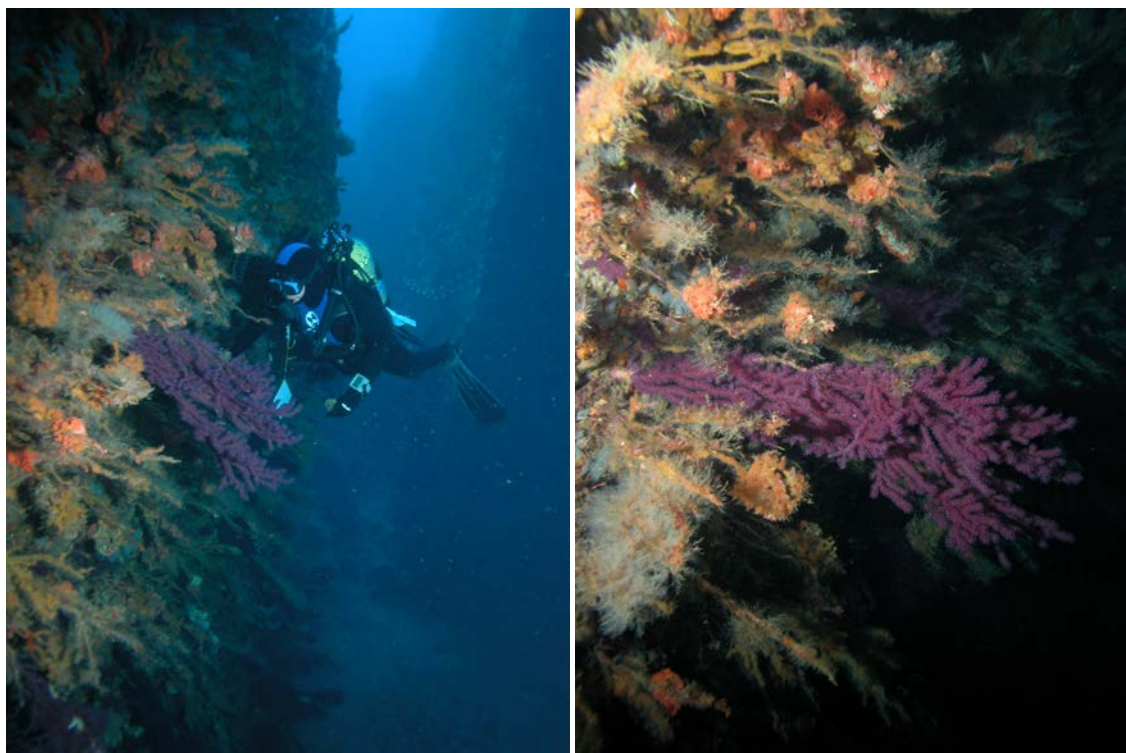


Figura 29. Población de *Paramuricea clavata* del Murall del Cementeri fuertemente afectada por mortalidades recurrentes.

Otro de los impactos detectados en las poblaciones más someras se deriva del desarrollo de macroagregados mucilaginosos (de origen planctónico o bentónico) como el llepó. Aunque la aparición de macroagregados mucilaginosos cubriendo poblaciones de gorgonias y otros organismos ha sido observada recurrentemente en las Islas Columbretes y en otros lugares como la Costa Brava y las Islas Baleares, nunca se habían detectado importantes mortandades relacionadas con estos eventos. Los resultados obtenidos en Columbretes muestran como la aparición de macroagregados mucilaginosos pueden llegar a ocasionar mortalidades importantes en la gorgonia roja *P.clavata* similares a los descritos en otras poblaciones del Mar de Liguria (Mistri and Cecherelli 1996). La causa de la mortandad en esta ocasión se podría asociar a un proceso de inanición debido al recubrimiento de los pólipos por el llepó durante mucho tiempo. (Kersting and Linares 2006, Figura 30).



Figura 30. Colonias de *Paramuricea clavata* afectadas por el llepó.

Mediante la exploración realizada en este estudio de poblaciones localizadas a mayor profundidad, por debajo de los 40-45 metros, hemos podido comprobar que las poblaciones no están afectadas por estos impactos derivados del cambio global. En cambio, los impactos detectados en algunos de los bajos explorados son los producidos por la actividad pesquera, ya sea por el abandono o pérdida de artes de pesca, el fondeo sobre fondos sensibles o la utilización de arrastre de fondo (Figura 31).

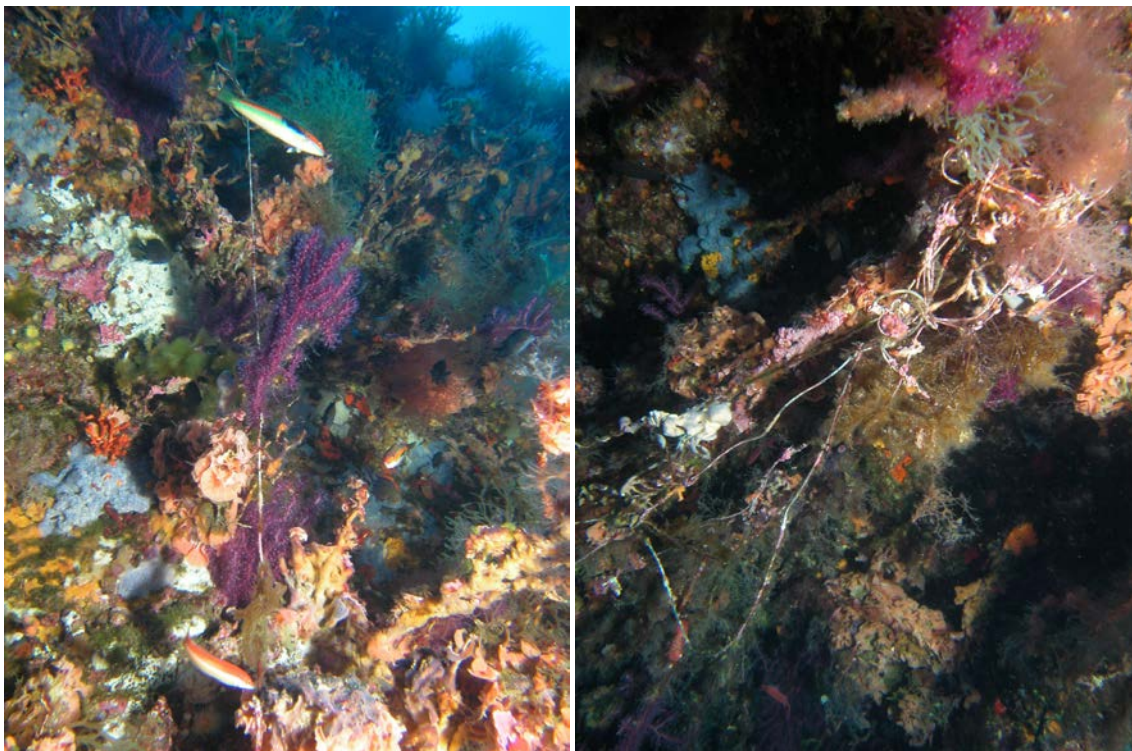


Figura 31. Colonias de *Paramuricea clavata* afectadas por restos derivados de la actividad pesquera.

3.4. CARACTERIZACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS POBLACIONES DE *Corallium rubrum*

3.4.1. Introducción

El coral rojo *Corallium rubrum* es, sin duda, una de las especies más emblemáticas del Mediterráneo. Se trata de una especie muy longeva y de crecimiento lento, características que lo convierten en una especie especialmente vulnerable a su explotación. Sin embargo, durante siglos se ha desarrollado en el Mediterráneo un comercio muy activo de esta especie, que ha conducido la sobreexplotación de los bancos de coral en la actualidad y la alarmante regresión de esta especie. Es por ello que esta especie está incluida en el Anexo III del convenio de Barcelona, de "Especies cuya explotación debe regularse". El conocimiento que se tiene hasta el momento de las poblaciones de coral rojo en el archipiélago es muy escaso, aparece por debajo de los 50 metros y no se conoce su estado de conservación.

3.4.2. Objetivos

El objetivo de este apartado es localizar poblaciones de *C.rubrum* en la zona de la Reserva Marina de las Islas Columbretes y los bajos adyacentes y evaluar su estado de conservación.

3.4.3. Metodología

La exploración se desarrollo con el ROV durante la campaña de septiembre 2011. A partir de las imágenes grabadas y con el objetivo de inferir el estado de conservación de las poblaciones, se cuantificó el número de colonias y se estimaron sus diámetros basales. El diámetro basal fue seleccionado como variable descriptiva del estado de conservación del coral rojo debido a que es el parámetro que determina la talla legal de pesca, que actualmente se sitúa en los 7 mm según la legislación española.

3.4.4. Resultados

Durante la campaña con ROV se encontraron poblaciones de coral rojo (*C.rubrum*) alrededor de los 50 metros de profundidad en tan solo dos de los bajos estudiados, uno situado dentro de los límites de la Reserva Marina (zona 5, Foradada) y otro fuera (zona 2, Casernes de Dins) (Figura 32 y 33).

Las población hallada en la zona de la Foradada presentó un gran número de colonias ($n > 50$), muchas de ellas de gran porte. En la zona de las Casernes se observó un número inferior de colonias ($n < 25$), y éstas eran, en su mayoría, colonias jóvenes de pequeño tamaño (Figura 34).

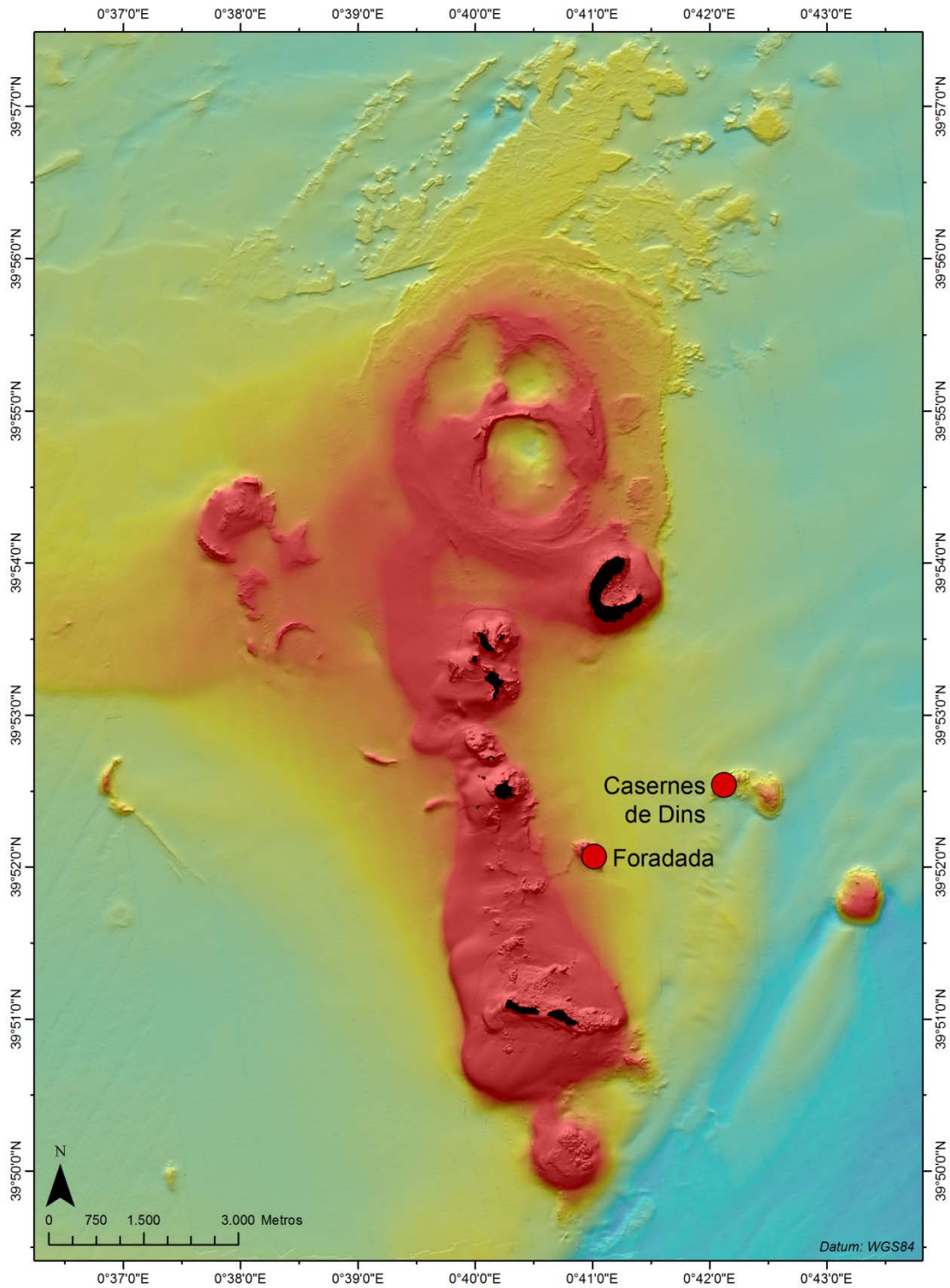


Figura 32. Localización de las 2 estaciones, Casernes de Dins y la Foradada, en las que se han encontrado poblaciones de coral rojo *Corallium rubrum* durante la exploración con ROV.

Mientras que los diámetros basales de las colonias situadas dentro de la Reserva muestran que la mayoría de las colonias tienen entre 7 y 13 mm de diámetro basal, las colonias encontradas fuera de la Reserva pero dentro de los límites del LIC muestran mayoritariamente unos diámetros situados entre 4 y 8 mm de diámetro basal (Figura 34).

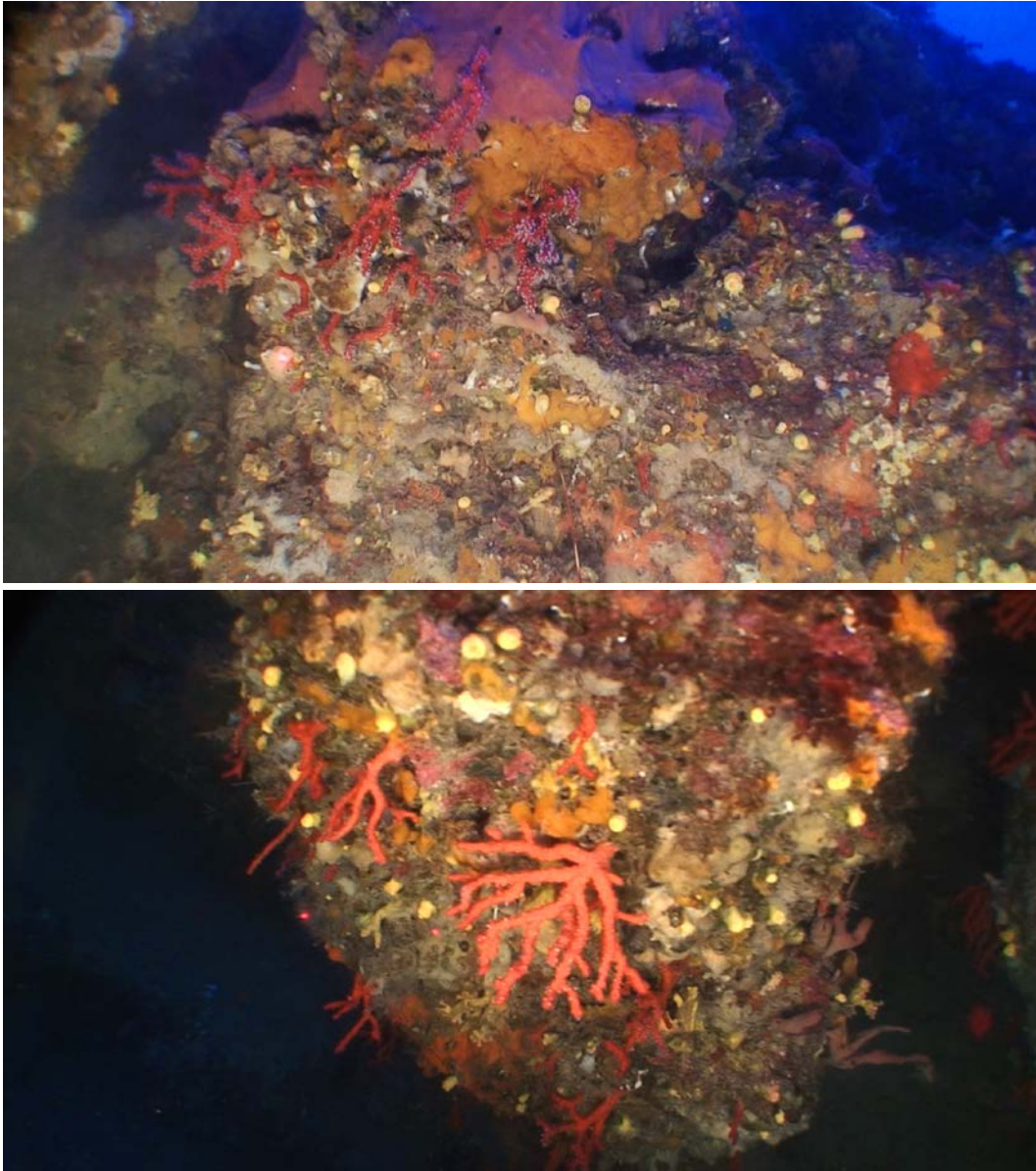


Figura 33. Colonias de coral rojo, *Corallium rubrum*, encontradas en el bajo de la Foradada durante la exploración con ROV.

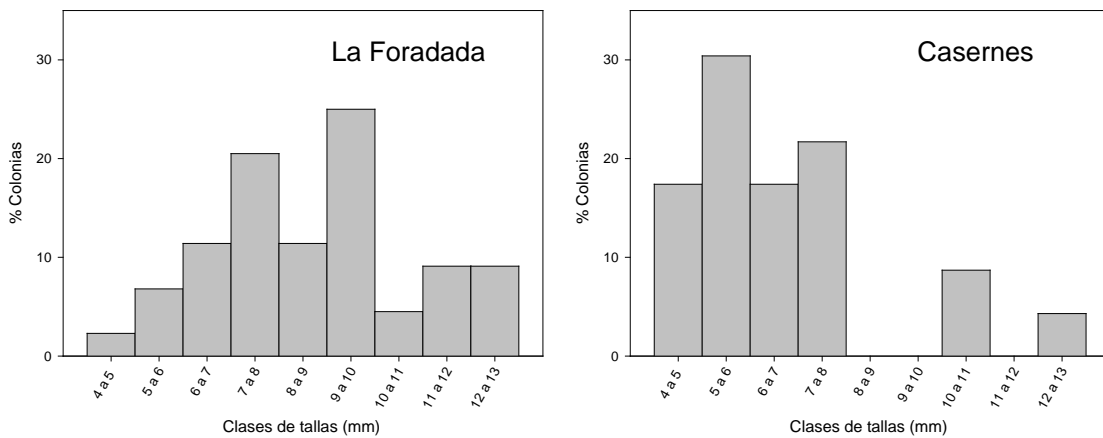


Figura 34. Distribución de las frecuencias de tallas de las colonias de *Corallium rubrum* de la Foradada (n= 51) y de Casernes (n=23).

Si se comparan estos resultados con los obtenidos en otras poblaciones de coral rojo del Mediterráneo, situados tanto dentro como fuera de Reservas Marinas, se puede comprobar cómo las tallas de las colonias situadas dentro de la Reserva de las Islas Columbretes son equivalentes a las obtenidas en otras reservas que han conseguido preservar en buen estado de conservación sus poblaciones de coral rojo, como las reservas de Scandola en Córcega o Banyuls y Carry-Le-Rouet en el sur de Francia (Tabla 6, Linares et al. 2010)

Tabla 6. Características demográficas de las poblaciones de coral rojo estudiadas hasta el momento en el litoral mediterráneo. En concreto, puede verse la talla media y los valores máximos tanto de diámetro (D) como de altura (H) y el porcentaje de colonias con diámetros superiores a 7 mm (talla legal de pesca) (Ref.: Linares et al. 2010).

Site	Country	Depth (m)	Harvest	Mean (mm)		Max. (mm)		Mean 30 largest colonies (mm)		% colonies		Source
				D	H	D	H	D	H	D > 7 mm	H > 100 mm	
Banyuls	France	23–25	No	5.9	66.7	16.9	166.3	9.8	117.1	30.3	18.9	Present study
Carry-le-Rouet	France	24–25	No	6.2	74.3	19.1	152.6	11.9	122.9	42.1	31.2	Present study
Scandola	France	19–22	No	8.9	67.2	29.7	168.5	18.6	130.5	54.2	24.5	Present study
Medes Islands	Spain	15–48	No	6.7	38.7	21	190	13.7	111.3	31.1	1.3	Tsounis et al. (2006)
Northern Cap de Creus	Spain	15–49	Yes	5.3	34.5	21	160	13.6	98.3	13.1	0.4	Tsounis et al. (2006)
Eastern Cap de Creus	Spain	7–40	Yes	4.4	33.8	32	130	13.1	89.6	4.8	0.2	Tsounis et al. (2006)
Southern Cap de Creus	Spain	11–45	Yes	5.2	27.9	20	200	11.6	89.6	10.4	0.2	Tsounis et al. (2006)
Coast Montgri	Spain	13–32	Yes	4.9	30.7	25	100	11.3	64.1	8.2	0	Tsounis et al. (2006)
Coast Begur	Spain	18–32	Yes	4.8	26.7	14	110	9.8	75.6	6.8	0.1	Tsounis et al. (2006)
Ile Maire, Grotte Corail, Marseille	France	15–18	Yes	3.5	26.5	7.3	64.5	5.4	44.4	0.4	0	Bianchimani (2005)
Ile Plane, Grotte Pérès, Marseille	France	13–15	Yes	3.9	20.4	21.2	51.8	7.5	38.5	2.8	0	Bianchimani (2005)
Ile Riou, Moyade, Marseille	France	20–25	Yes	–	37.8	–	100	–	70	–	0	Garrabou et al. (2001)
Sormiou, Figuier, Marseille	France	15–20	Yes	–	26.7	–	100	–	49	–	0	Garrabou et al. (2001)
Calafuria, Livorno	Italy	20–45	Yes	3.9	69.3	8–9	–	5.3	–	0.2	–	Santangelo et al. (2007)

3.5. COMUNIDADES PROFUNDAS DOMINADAS POR ALGAS FUCALES

3.5.1. Introducción

El género *Cystoseira* (Fucales, Phaeophyceae) comprende unas 50 especies, 30 de las cuales se encuentran en el Mediterráneo, presentando 24 endemismos (Oliveras & Gómez 1989, Ribera et al., 1992). Estas especies pueden dominar distintas comunidades que se distribuyen a lo largo de un amplio rango batimétrico, abarcando desde 0 hasta más de 50 metros de profundidad. Debido a su porte arbóreo y plurianual estas especies son formadoras de hábitat, siendo así una importante fuente de diversidad (Giaccone 1973). Otras especies de algas fucales, como las del género *Sargassum*, son también algas plurianuales formadoras de comunidad, representadas en el Mediterráneo por 6 especies, 3 de las cuales son endémicas (Giaccone & Bruni 1973).

Aunque la mayoría de las especies de fucales son fotófilas, dominantes en fondos someros bien iluminados, existe una marcada distribución de las distintas especies en profundidad, ya que algunas están adaptadas a unas condiciones ambientales muy específicas de baja irradiancia y expuestas a corrientes unidireccionales, limitando así su distribución a zonas determinadas. Las especies que se desarrollan en profundidad, debido a su escaso crecimiento (determinado por las bajas irradiancias) y a unas condiciones naturales de mucha estabilidad ambiental, estas algas son muy longevas y las comunidades que forman tienen una dinámica muy lenta (Ballesteros et al., 2009). Así, estas especies son muy sensibles a cambios provocados en los ecosistemas, como la introducción de especies invasoras, los efectos de artes de pesca o el anclaje de embarcaciones, la eutrofización o contaminación química del agua. De hecho, ya hay indicios de regresiones de comunidades extensas producidas por efectos antrópicos (Thibaut et al., 2005).

A pesar del elevado interés de estas especies a nivel patrimonial y como indicadoras del estado y conservación de los ecosistemas bentónicos litorales, el conocimiento que tenemos de su distribución es muy limitado, aunque probablemente pueden estar presentes de forma críptica en muchas zonas, como demuestra el hecho de que algunas poblaciones han sido descubiertas recientemente en zonas tradicionalmente muy estudiadas (Hereu et al., 2008).

Debido a su orografía y a las condiciones oceanográficas reinantes, las comunidades profundas de *Cystoseira* están probablemente muy bien representadas en las Islas Columbretes. De hecho, tenemos información de la presencia de comunidades formadas por varias especies de *Cystoseira* de profundidad (*C. zosteroides*, *C. spinosa*, *C. spinosa v. compressa*, *C. foeniculacea v. latiramosa*, *C. funkii* y *C. saugeauana*) y de *Sargassum* (*S. trichocarpum* y *S. acinarium*). Aunque la presencia de estas especies está documentada en las Columbretes, no hay un conocimiento exhaustivo de su distribución, y aún menos de las características biológicas y ecológicas de las poblaciones y de su estado de conservación.

3.5.2. Objetivos

Dentro del marco de este proyecto se ha propuesto caracterizar las poblaciones y comunidades formadas por algas fucales de profundidad, con los objetivos concretos de:

- Listar y describir las especies de fucales de distribución profunda y las comunidades que forman en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y su entorno.
- Estudiar la distribución de las principales poblaciones de algas fucales de profundidad.
- Caracterizar demográficamente las principales poblaciones.
- Evaluar el estado de conservación e impactos producidos sobre estas comunidades.

3.5.3. Metodología

Uno de los objetivos de la campaña de exploración con ROV (septiembre 2011) fue conocer la distribución de las poblaciones de fucales presentes en los bajos adyacentes. Sin embargo, debido a que la dificultad de identificar las especies a partir de las imágenes puede provocar una subestimación de la presencia de estas poblaciones, se procedió al muestreo con escafandra autónoma para alcanzar los objetivos planteados en este apartado.

Para determinar el listado de especies de *Cystoseira* y *Sargassum* presentes en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y en los bajos adyacentes de la zona LIC, en la campaña de noviembre 2011 se realizaron 22 inmersiones con escafandra autónoma repartidos en diferentes sectores de las Islas y su entorno. Cada inmersión, realizada por dos buceadores, tuvo una duración aproximada de unos 50 minutos, acumulándose en total 20 horas de inmersión. Los transectos se iniciaban en la línea de costa y se reseguía el fondo rocoso hasta encontrar comunidades de fondos arenosos o fangosos. Debido a que las comunidades bentónicas están distribuidas en bandas horizontales paralelas a la costa como resultado de la zonación en profundidad, los transectos se realizaron perpendiculares a la costa siguiendo la línea de máxima pendiente. Los transectos se escogieron en función de la orografía de la zona, centrados en zonas topográficamente idóneas para la presencia de estas especies de fucales.

Los escafandristas señalaban la presencia y extensión de cada uno de los hábitats presentes y anotaban los límites de profundidad y también el tipo de sustrato. También se anotaban todas las especies de *Cystoseira* y *Sargassum* presentes y se recogieron algunas muestras para su posterior identificación taxonómica en el laboratorio. El inicio y final de cada transecto se georeferenció mediante un GPS desde la embarcación.

Una vez, localizadas las principales poblaciones de *Cystoseira* spp., se escogieron 6 de estas poblaciones donde realizar la caracterización demográfica (campaña julio 2012). En cada

una de ellas se realizaron entre 20 y 50 cuadros al azar de 50x50 cm, dónde se anotó el número de individuos de las diferentes especies del género *Cystoseira* presentes (densidad), la altura de cada uno de ellos y el estado de conservación de las poblaciones (Figura 35).



Figura 35. Metodología empleada para el estudio poblacional de las algas del género *Cystoseira*.

3.5.4. Resultados

Distribución de las principales poblaciones de algas fucales de profundidad

De las imágenes obtenidas con el ROV, así como en la exploración realizada mediante buceo con escafandra autónoma, se reveló la presencia de una gran cantidad de poblaciones de *Cystoseira* spp., cosa que pone en evidencia la gran representación de estas especies tanto en la Reserva Marina como en los bajos adyacentes. Aparecen bien representadas diferentes especies de *Cystoseira* de profundidad, como *C. zosteroides*, *C. spinosa*, *C. spinosa v. compressa*, *C. foeniculacea v. latiramosa*, *C. funkii* y *C. sauvageauana* y de *Sargassum* (*S. trichocarpum* y *S. acinarium*). La que se encuentra con mayor frecuencia es *Cystoseira zosteroides*, que aparece formando comunidades extensas y densas, uniespecíficas o con otras especies de *Cystoseira* de profundidad (Figura 36).

Listado y distribución batimétrica de especies de Fucales (*Cystoseira* sp. y *Sargassum* sp.) presentes dentro de la Reserva Marina de las Islas Columbretes y en los bajos adyacentes dentro de la zona LIC

A continuación se presenta un listado de las especies del género *Cystoseira* y *Sargassum* que se han encontrado tanto en la zona infralitoral como la circalitoral de las Islas Columbretes. También se muestran los rangos de profundidad en los que se ha encontrado y el estado de protección de cada especie (Tabla 7).

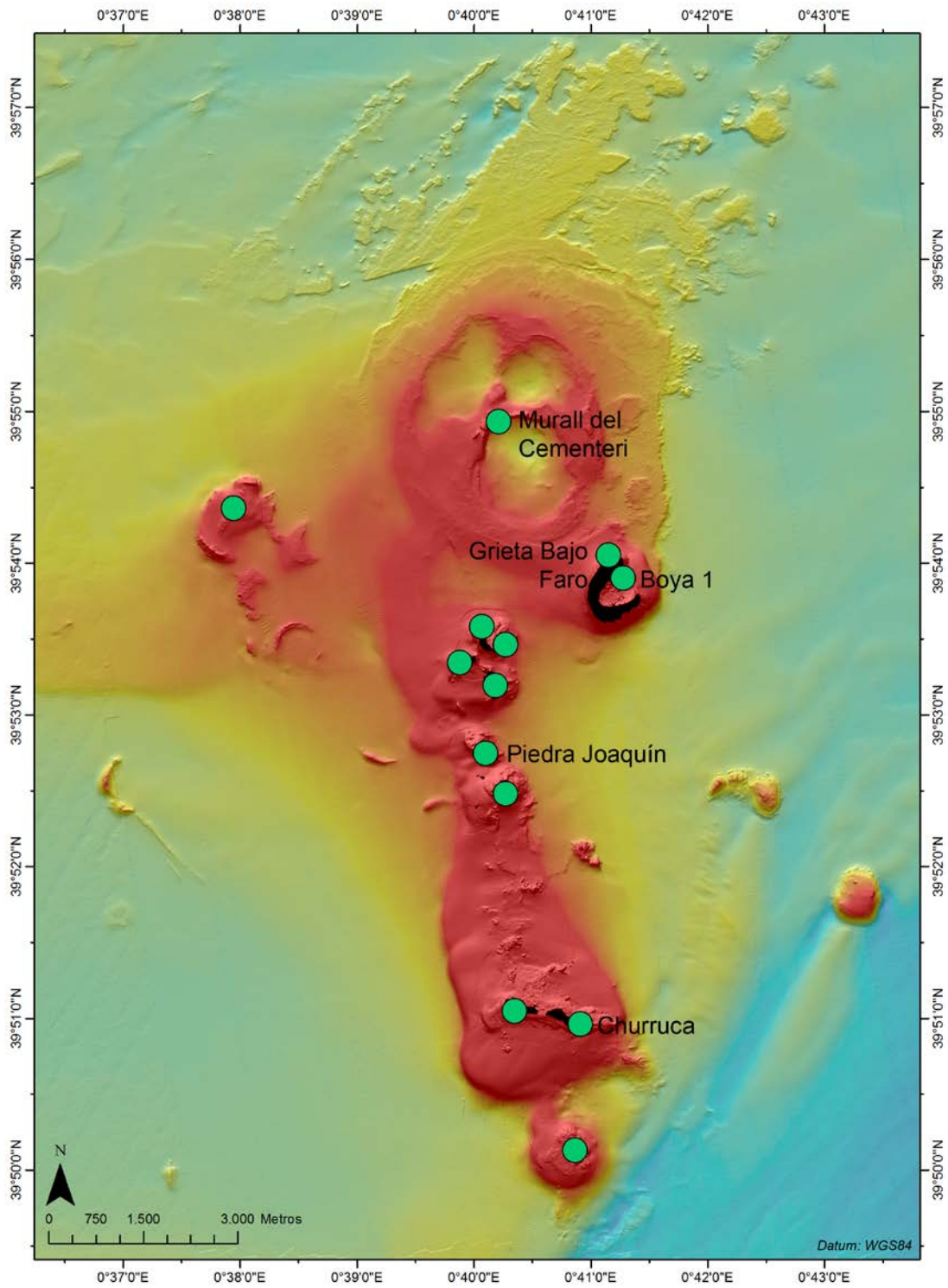


Figura 36. Mapa de distribución de las poblaciones de algas fucales de profundidad encontradas en la zona de la Reserva Marina de las Islas Columbretes. Las localizaciones con nombre corresponden a las poblaciones de *Cystoseira zosteroides* caracterizadas demográficamente.

Tabla 7. Listado especies de Fucales (género *Cystoseira* y *Sargassum*) y su rango batimétrico en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y en los bajos adyacentes dentro de la zona LIC, y el estado de protección de cada una.

Especie	Prof. (m)	Listado de protección
<i>Cystoseira cf. tamariscifolia</i>	0-4	Convenio de Barcelona, Anexo II
<i>Cystoseira balearica</i>	5-22	Convenio de Barcelona, Anexo II
<i>Cystoseira compressa</i> v. <i>compressa</i>	0-25	-----
<i>Cystoseira compressa</i> v. <i>pustulata</i>	17	Convenio de Barcelona, Anexo II
<i>Cystoseira mediterranea</i> *	4-21	Convenio de Barcelona, Anexo II
<i>Cystoseira sauvageauana</i>	8-29	Convenio de Barcelona, Anexo II
<i>Cystoseira funkii</i>	22-40	Convenio de Barcelona, Anexo II
<i>Cystoseira foeniculacea</i> v. <i>latimarosa</i>	25-40	Convenio de Barcelona, Anexo II
<i>Cystoseira spinosa</i>	23-42	Convenio de Barcelona, Anexo II
<i>Cystoseira spinosa</i> v. <i>compressa</i>	18-53	Convenio de Barcelona, Anexo II
<i>Cystoseira zosteroides</i>	18-40	Convenio de Barcelona, Anexo II
<i>Sargassum vulgare</i>	6-28	Convenio de Barcelona, Anexo II
<i>Sargassum acinarium</i>	15-40	Convenio de Barcelona, Anexo II
<i>Sargassum trichocarpum</i>	15-45	Convenio de Barcelona, Anexo II

* Esta especie es muy similar morfológicamente a *C. mediterranea* Sauvageau, pero se ha encontrado a profundidades mayores de lo que es habitual para dicha especie. Pendiente de identificar taxonómicamente.

Caracterización demográfica de las poblaciones estudiadas a partir de los datos de densidad y altura

Una vez conocida la presencia y distribución de las principales poblaciones de *Cystoseira* spp. de profundidad, se procedió a caracterizar aquellas que se encontraban a profundidades más asequibles para el buceo con escafandra autónoma. Se escogieron 6 poblaciones dominadas por *Cystoseira zosteroides* (Figura 36) situadas entre los 20 y los 30 metros. Las distribuciones de estructuras de talla agrupadas en clases de talla de 1 cm son unimodales para todas las localidades (Figura 37). Las poblaciones de *C. zosteroides* muestran una presencia casi nula de individuos pequeños en todas las poblaciones estudiadas, lo que indica una importante limitación del reclutamiento como se ha visto en otras poblaciones del Mediterráneo (Ballesteros et al., 2009; Navarro et al., 2011).

La Tabla 8 muestra los valores de densidad, talla media, desviación estándar y talla máxima y mínima para cada población; así como el porcentaje de individuos de otras especies de *Cystoseira* presentes en la comunidad. También se indica la profundidad y área total de muestreo para cada localidad. Mientras que la densidad de *C. zosteroides* es muy variable entre las localidades, la talla promedio, así como los valores mínimos y máximos, muestran una gran similitud en todas las poblaciones exploradas. Asimismo, las densidades de *C. spinosa*, *C. funkii* y *Sargassum* spp. son muy variables y solo se encuentran en algunas de las localidades exploradas. El Murall del Cementeri es donde se encuentran las tres especies de

Cystoseira, mientras que *Sargassum* muestra una gran abundancia en la localidad de Piedra Joaquin W (Tabla 8).

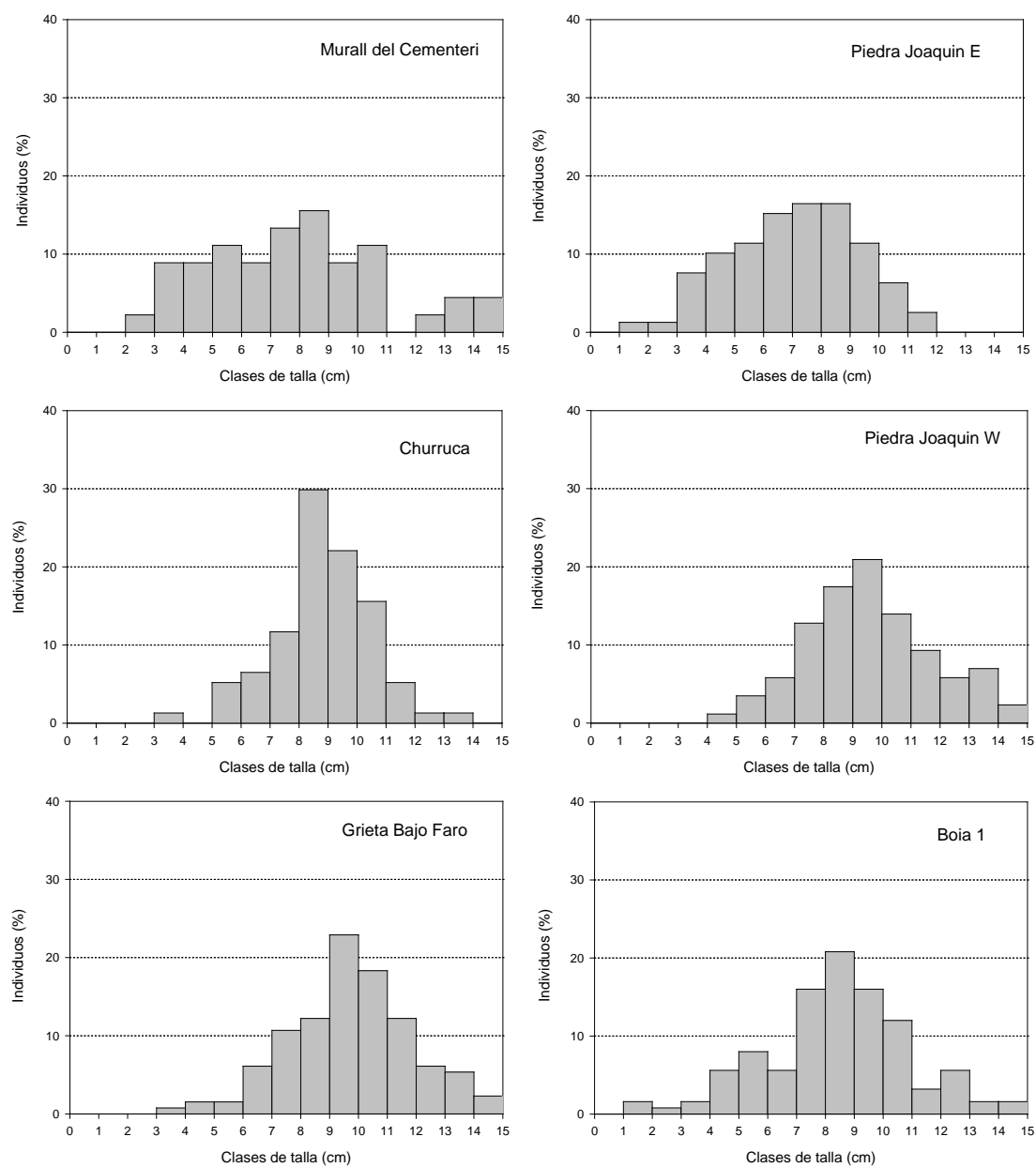


Figura 37. Distribución de las frecuencias de tallas de los individuos de *Cystoseira zosteroides* en las 6 localidades estudiadas.

Tabla 8. Parámetros demográficos de las poblaciones de *Cystoseira zosteroides* en las cuatro localidades estudiadas.

LOCALIDAD	prof (m)	m2	<i>Cystoseira zosteroides</i>						<i>C.spinosa</i>		<i>C.funkii</i>		<i>Sargassum</i>	
			n	q (ind/m ²)	H mean	H SD	H max	H min	n	%	n	%	n	%
Murall del Cementeri	28-30	15	45	3,00	7,11	3,12	14	3	19	42,22	2	4,44	0	0,00
Piedra Joaquin W	20-23	9,75	86	8,82	9,09	2,20	14	4	0	0,00	0	0,00	11	12,79
Piedra Joaquin E	21-25	5	79	15,80	6,56	2,23	11	1	0	0,00	2	2,53	0	0,00
Churruca E	20-23	7,5	77	10,27	8,34	1,71	13	3	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Grieta bajo faro	22-26	9	131	14,56	9,31	2,18	15	3	2	1,53	0	0,00	0	0,00
Boia 1	27-29	9	125	13,89	8,02	2,52	15	1	13	10,40	0	0,00	0	0,00

Caracterización del estado de conservación de las poblaciones estudiadas y diagnóstico de los principales impactos que afectan a estas poblaciones

Las poblaciones de fucales de profundidad en las Islas Columbretes se encuentran bien representadas y en un excelente estado de conservación. Este resultado es de gran importancia ya que en otros lugares el Mediterráneo estas comunidades se encuentran en declive (Thibaut et al, 2005). Sin embargo, y a pesar del excelente estado en el que se encuentran, se han detectado algunos impactos que afectan directamente a estas poblaciones: los derivados de la actividad pesquera como restos de artes de pesca, y el impacto de las especies invasoras como las algas *Lophocladia lallemandi* y *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*.

3.6. COMUNIDAD DE ALGAS LAMINARIAS ASOCIADAS A SURGENCIAS DE GASES

3.6.1. Introducción

Laminaria rodriguezii (comúnmente denominada “herba col”), la única especie de laminaria endémica del Mediterráneo, es una alga en regresión por toda la cuenca mediterránea, debido a que los fondos profundos de cascajo y coralígeno donde habita se han visto muy afectados por las pesquerías de arrastre que se realizan en la plataforma continental. Por esta razón, la especie *L. rodriguezii* está referenciada en el “Libro rojo de la vegetación y paisajes marinos mediterráneos” (Boudouresque et al. 1990) y considerada en el Anexo de las especies a proteger en el Convenio de Barcelona. Los fondos marinos adyacentes a las Islas Columbretes son una zona óptima para el desarrollo de poblaciones de esta especie, principalmente por debajo de los 70 metros de profundidad, tal y como ocurre en otras zonas del Mediterráneo Occidental (e.g. las Islas Baleares, Córcega y Cerdeña).

Gracias al trabajo de prospección realizado por el coordinador científico de la Reserva Marina, a los numerosos proyectos realizados con anterioridad en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y a la experiencia en la presente temática, nuestro grupo dispone de información previa sobre la presencia de poblaciones de *L. rodriguezii* que se sitúan, de manera excepcional, a profundidades próximas a los 40 m. Estas poblaciones se localizan en un bajo al SE del Carallot, siempre asociadas a surgencias de gas provenientes del fondo marino (Figura 38).



Figura 38. Comunidad dominada por *Laminaria rodriguezii* asociada a surgencias de gas fotografiada en el bajo del Carallot.

La relativamente escasa profundidad a la que se encuentran estas surgencias permite muestrear con escafandra autónoma dentro de los márgenes de seguridad adecuados para el buceo científico, posibilitando un estudio *in situ* de las poblaciones de *Laminaria*. Esto resulta de especial interés en cuanto a que:

- (a) No existen trabajos previos sobre la estructura de poblaciones de *L. rodriguezii*.
- (b) La asociación con las emisiones de gas permite relacionar las características hidrológicas y físico-químicas del agua circundante con las densidades de *Laminaria*, indicando los posibles factores que limitan la presencia de esta especie en aguas someras sin surgencias de este tipo.
- (c) Las zonas con surgencias de gas, caracterizadas por un descenso en el pH del agua, simulan en un tamaño de mesoescala la futura acidificación del agua marina asociada al aumento atmosférico de dióxido de carbono en un escenario de cambio climático.

3.6.2. Objetivos

Considerando la especificidad, particularidad y excepcionalidad de este ambiente y partiendo de la información obtenida durante la campaña con ROV (septiembre de 2011) sobre la distribución de las comunidades dominadas por *L. rodriguezii* y de las surgencias de gas en el bajo del Carallot (ver apartado 3.2), se procedió a realizar las siguientes campañas (noviembre 2011 y junio de 2012) con el fin de alcanzar los siguientes objetivos:

- 1) Determinar la composición química del gas emanado en las surgencias.
- 2) Evaluar la medida en que las surgencias de gas modifican la físico-química de las aguas circundantes.
- 3) Elaborar una metodología para estimar la densidad y biomasa de *L. rodriguezii* mediante diferentes métodos de muestreo como la inmersión con escafandra autónoma y ROV.
- 4) Caracterizar y comparar la comunidad algal dentro y fuera de la zona de surgencias.

3.6.3. Metodología

Composición química de los gases de las surgencias

Los muestreos de los gases de las surgencias se realizaron mediante buceo con escafandra autónoma. Durante el mes de noviembre de 2011 se recogieron varias muestras en viales de vidrio o “vacutainers” especialmente diseñados para el análisis de gases. Estas muestras fueron analizadas en los servicios científico-técnicos de la Universitat de Barcelona y el

Laboratorio de Biogeoquímica de Isótopos estables del Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC), mediante técnicas de cromatografía de gases y espectrometría de masas.

Características físico-químicas de la columna de agua

Las condiciones hidrográficas de la columna de agua se determinaron desde una embarcación, utilizando un CTD para realizar los perfiles verticales de temperatura y salinidad y botellas Niskin para la obtención de muestras de agua a tres profundidades: la superficial (5 m de profundidad), la intermedia (20 m) y la profunda (40 m). En total se muestrearon 9 estaciones, dispuestas en malla sobre la zona de las surgencias (Figura 39). Adicionalmente, se recogieron muestras justo sobre el fondo mediante inmersiones con escafandra autónoma en seis sitios: tres donde había presencia de surgencias (Z1, Z2 y Z4) y otros donde no (Z1, Z3 y Z5). En cada sitio se tomaron tres réplicas de agua, para posteriormente poder calcular los valores medios de las variables medidas.

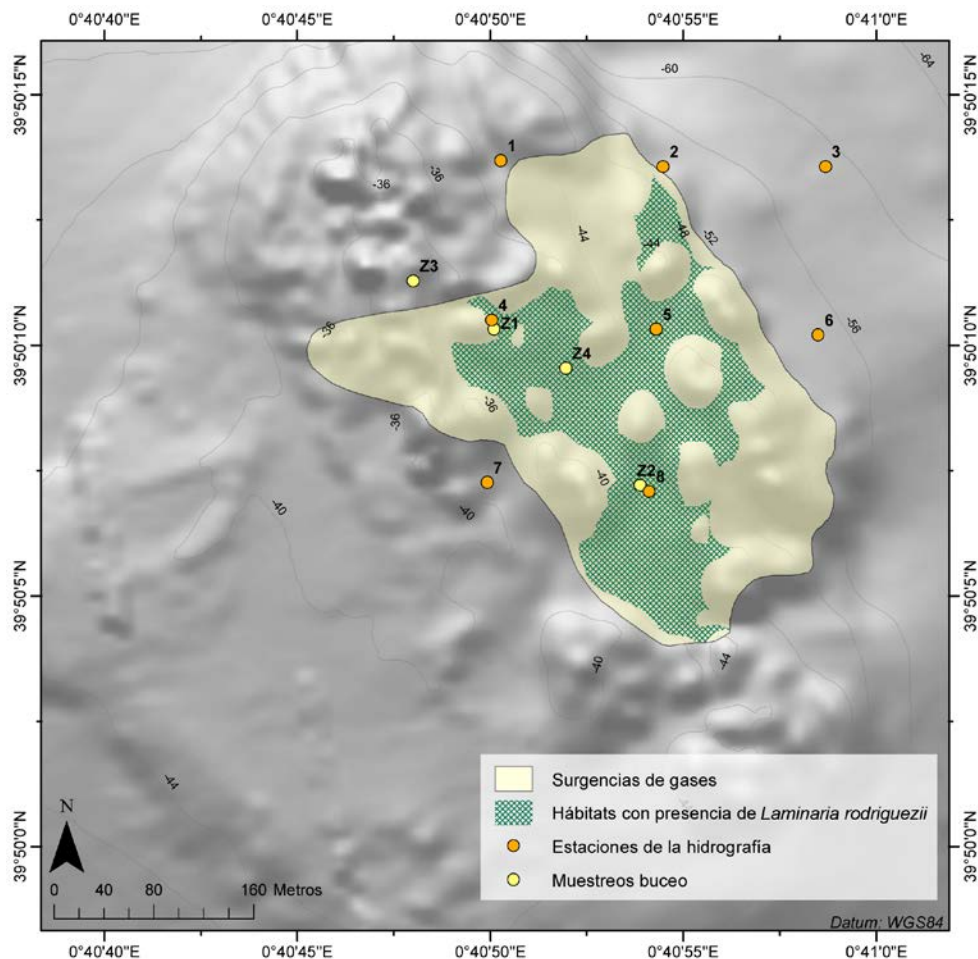


Figura 39. Mapa del bajo del Caralot donde se muestra una aproximación del área afectada por las surgencias de gases y la distribución de los hábitats dominados por *Laminaria rodriguezii*. También se muestra la disposición de las estaciones en la hidrografía realizada durante la campaña de junio de 2012.

Todas las muestras de agua fueron analizadas en el laboratorio a una temperatura entre 23 y 25°C. Para medir el pH (expresado en la escala total) se utilizó un electrodo combinado Aquatrade+ pt1000 con sensor de temperatura incorporado. Se prepararon tampones TRIS de salinidad 38 UPS para la calibración de los electrodos de pH, siguiendo las recomendaciones de Dickson et al. (2007). La alcalinidad se determinó con un titulador tirando mod. 888 de Metrohm mediante una titulación en célula abierta con ácido clorhídrico 0.1 M según el método de la función de Gran (Dickson et al. 2007). Se usaron referencias de pH y Alcalinidad certificadas por el laboratorio del Dr. A. G. Dickson del Scripps Institution of Oceanography.

A partir de los valores de pH y alcalinidad obtenidos, aplicando las constantes determinadas para el sistema carbónico-carbonato por Millero et al. (2006), se calcularon las concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) y carbonato (CO_3^{2-}) y los índices de saturación de las principales formas del carbonato cálcico: la calcita y el aragonito.

Estudio de las poblaciones de laminaria

Las poblaciones de *L. rodriguezii* del bajo del Carallot se caracterizaron mediante 12 cuadrados al azar de 50x50 cm, dentro de los cuales se contaron y midieron todas las frondes de esta especie. Las altas densidades de frondes halladas (>100 en cada cuadrado) y los cortos tiempos de inmersión impuestos por la profundidad, imposibilitaron por completo la toma de medidas *in situ*, por lo que se procedió a realizar raspados del fondo y a recolectar todas las frondes situadas dentro de los límites de los cuadrados, para su posterior medida en el laboratorio.

Una vez en el laboratorio, se midió la altura (en cm) de todas las *L. rodriguezii* recolectadas, y también la anchura (cm) y el peso húmedo (g) de un número significativo de frondes (n=486). A partir de las medidas de altura y anchura se calculó la superficie de cada fronde (en cm^2), asumiendo para ello una geometría elipsoidal. Después de ser secadas durante 24h en una estufa a 60°C se midió el peso seco (g) de un subgrupo de frondes de distintas clases de talla (n=112). Finalmente, se analizaron las relaciones biométricas entre diferentes variables (superficie, anchura y peso seco) y la altura, para establecer el valor predictor de esta última, la más sencilla de medir, con respecto al resto.

Comunidad de algas asociadas a *L. rodriguezii*

La caracterización de la comunidad de algas se realizó a partir de los mismos 12 cuadrados utilizados para el estudio de las poblaciones de *L. rodriguezii*. Una vez retiradas todas las frondes de laminaria, se recolectó todo el resto de algas ubicadas en los cuadrados, y se efectuó una estima visual de la cobertura (en cm^2) de las algas incrustantes. Las algas recogidas fueron identificadas en el laboratorio, donde también se determinó el peso húmedo y su recubrimiento (cm^2). Adicionalmente, se realizaron 6 cuadrados más al azar fuera del área de las surgencias, situados a profundidades similares y en los cuales se aplicó la misma metodología usada con los cuadrados anteriores.

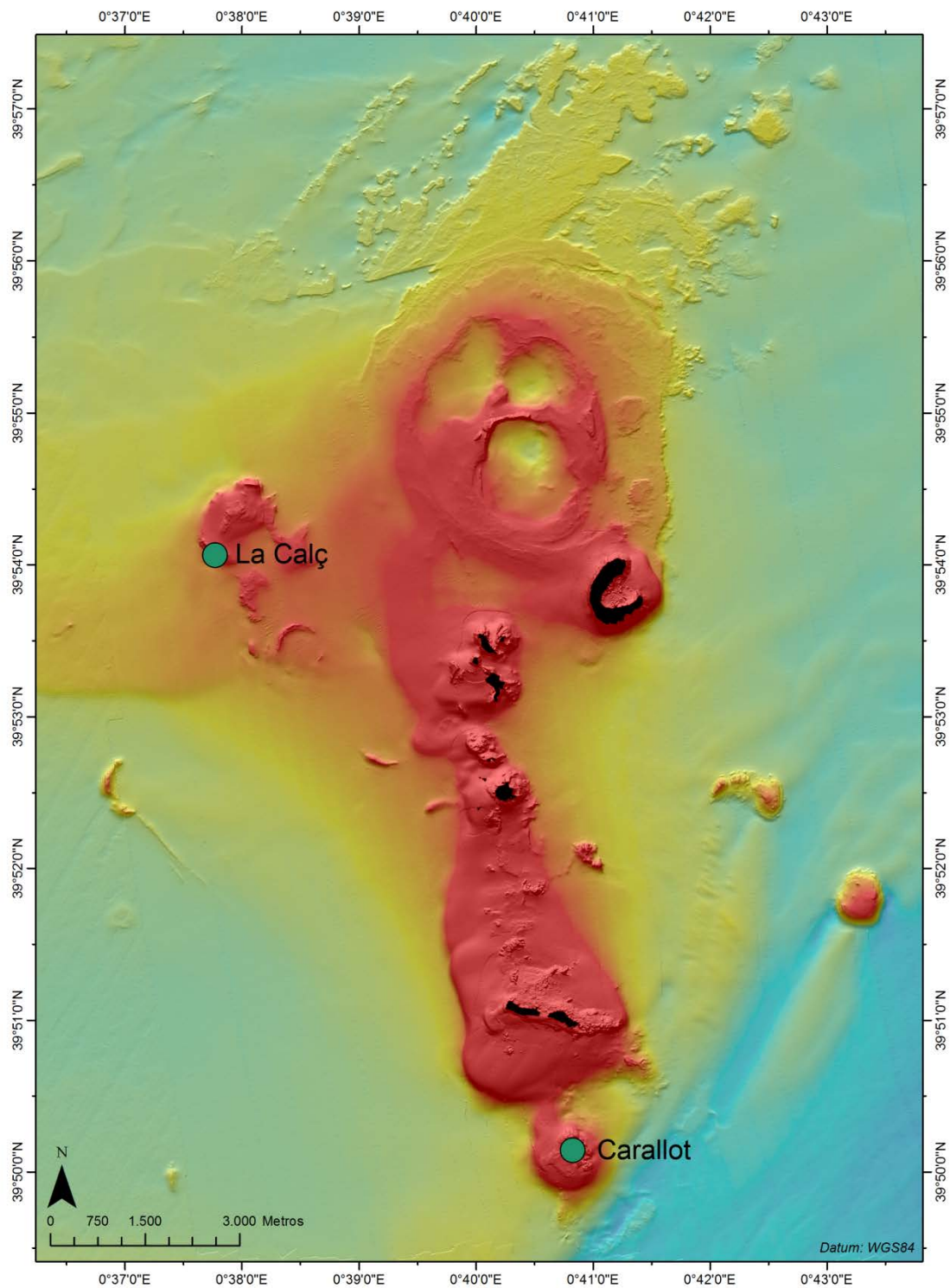


Figura 40. Mapa de distribución de las poblaciones de *Laminaria rodriguezii* encontradas en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y sus bajos adyacentes durante la exploración con ROV.

3.6.4. Resultados

Laminaria rodriguezii en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y los bajos adyacentes dentro de la zona LIC

Durante la campaña de exploración con ROV tan solo se encontraron poblaciones de *L. rodriguezii* en dos de los bajos explorados (Figura 40). En el bajo de la Calç aparecieron algunos ejemplares sobre sustrato rocoso en una zona de poca extensión y con baja densidad, entre 45 y 53 m de profundidad. En el bajo del Carallot, sin embargo, aparecieron poblaciones densas y bien estructuradas, a profundidades de alrededor de los 40 m (entre 37-53 m), siempre asociadas a la presencia de surgencias de gas provenientes del fondo. Estas surgencias eran dispersas, pudiendo ser más o menos abundantes según la zona, cubriendo un área aproximada de 5.1 ha (Figura 39).

Composición química de los gases de las surgencias

Los análisis de laboratorio revelaron que el gas estaba compuesto principalmente por dióxido de carbono (CO_2 , 90,03%), con la presencia de un porcentaje de N_2 y O_2 del 4,80% y 1,73%, respectivamente. Asimismo se encontró una pequeña concentración de metano (CH_4) del orden de 2 ppm.

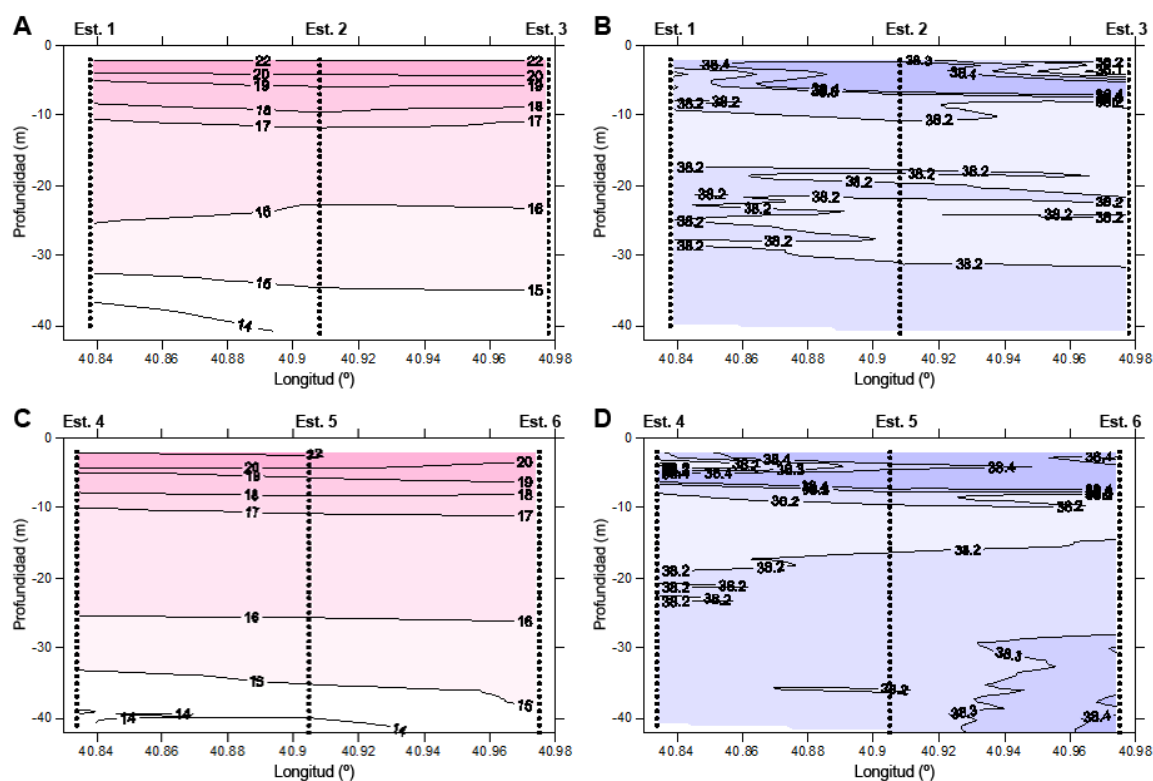


Figura 41. Secciones verticales de la distribución de la temperatura (A, C) y salinidad (B, D) en las estaciones de la hidrografía.

Características físico-químicas de la columna de agua

Los perfiles verticales de temperatura y salinidad mostraron la típica estructura que adquiere la columna de agua durante la época primaveral-estival. Las capas más superficiales de la columna (<10 m) se caracterizan por aguas cálidas y saladas, con valores de temperatura superiores a los 18°C y salinidades de hasta 38.4 psu (Figura 41). Las aguas profundas eran, por el contrario, más frías y menos saladas, alcanzando en el fondo temperaturas de 14°C y salinidades de 38.2 psu.

Las medidas de pH mostraron el efecto que tienen las surgencias en la acidificación de las aguas circundantes. Las aguas superficiales presentaron los valores de pH típicos del agua de mar (alrededor de 7.96 a $T = 25^{\circ}\text{C}$, medidos en la escala total). Estos valores descendían ligeramente a medida que aumentaba la profundidad, hasta llegar a 7.93 en las muestras profundas recogidas con botellas Niskin (Figura 42). Este descenso del pH era más evidente en las muestras del agua en contacto con las surgencias recogidas *in situ* (Figura 43). Estas muestras presentaron valores de pH más bajos, inferiores o cercanos a 7.80, pero con una variabilidad elevada. En las muestras recogidas del mismo modo en zonas sin surgencias, los valores de pH fueron similares a los de superficie, y con una menor variabilidad, tanto entre réplicas como entre zonas. La variación de los valores de pH de las zonas con surgencias sugiere que el efecto de éstas puede ser muy elevado a pequeña escala (se registraron cambios de décimas en muestras de la misma zona), efecto que se ve atenuado a mayor escala, donde se genera un ligero descenso del pH del orden de algunas milésimas que afecta a toda la masa de agua circundante.

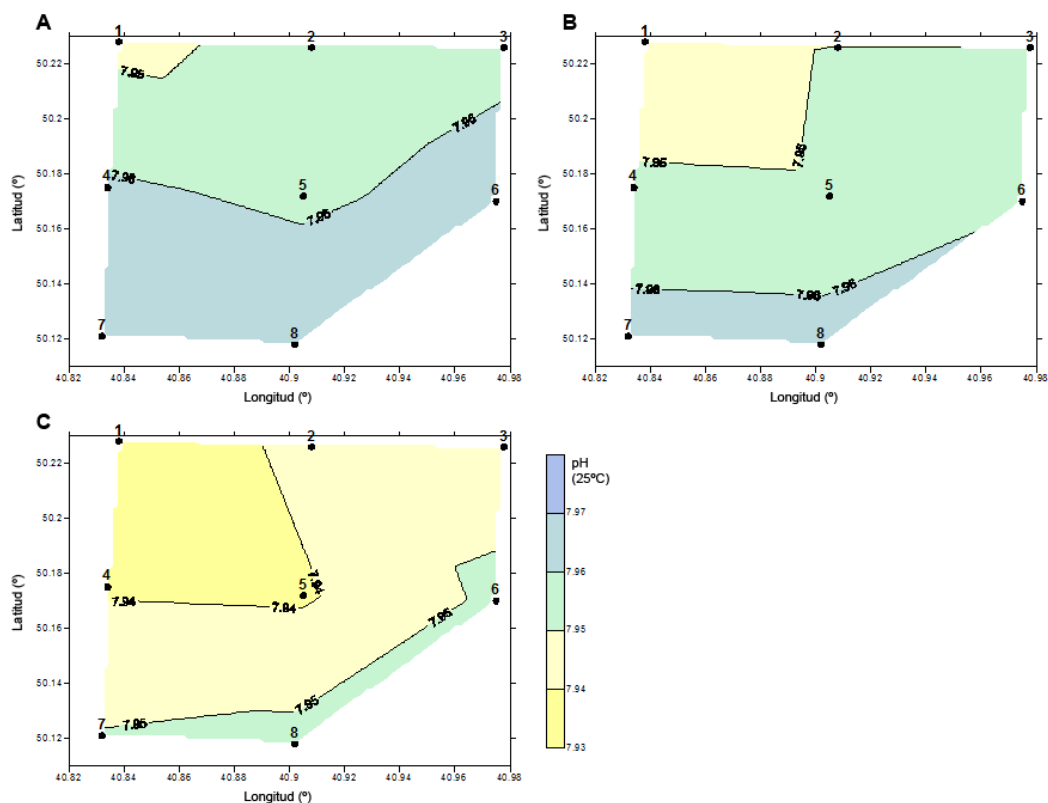


Figura 42. Secciones horizontales de los valores de pH obtenidos durante la hidrografía en superficie (A) y a profundidades de 20 m (B) y 40 m (C).

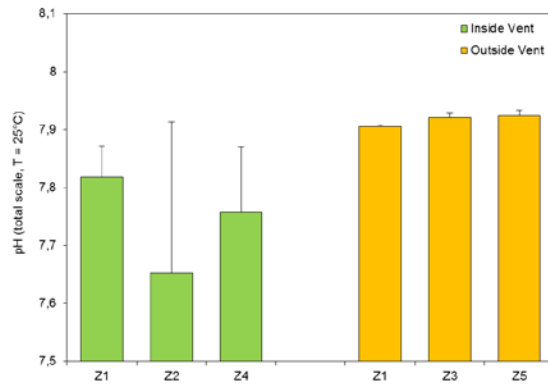


Figura 43. Valores de pH medios obtenidos en las muestras de agua en contacto con las surgencias de gas (verde) y en las recogidas fuera de la zona (naranja).

En las muestras recogidas *in situ*, los valores de concentración de CO_2 y carbonato mostraron un patrón similar al del pH, al mostrar una variabilidad muy elevada en la zona de las surgencias (Figura 44). Las concentraciones de CO_2 de la zona con surgencias fueron más elevadas que las de fuera, causada por la disolución del gas proveniente de las surgencias. Este aporte de CO_2 genera un desplazamiento del equilibrio del sistema carbónico carbonato, causando el descenso que se observó en las concentraciones del ion carbonato. Los índices de saturación de calcita y aragonito mostraron siempre valores correspondientes a la sobresaturación (>1), aunque algo más bajos en las muestras de las zonas con surgencias (Figura 45).

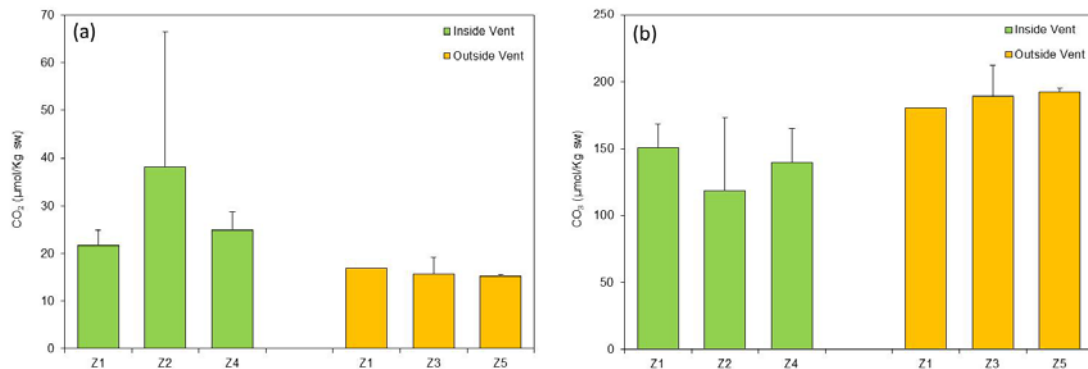


Figura 44. Concentraciones de CO_2 (a) y CO_3 (b) medias obtenidas en las muestras de agua en contacto con las surgencias de gas (verde) y en las recogidas fuera de la zona (naranja).

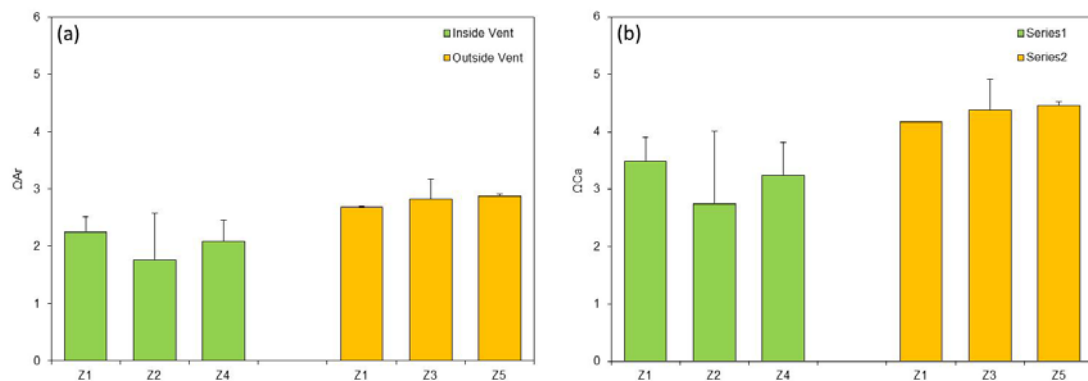


Figura 45. Índices de saturación de Aragonito (a) y Calcita (b) medios obtenidos en las muestras de agua en contacto con las surgencias de gas (verde) y en las recogidas fuera de la zona (naranja).

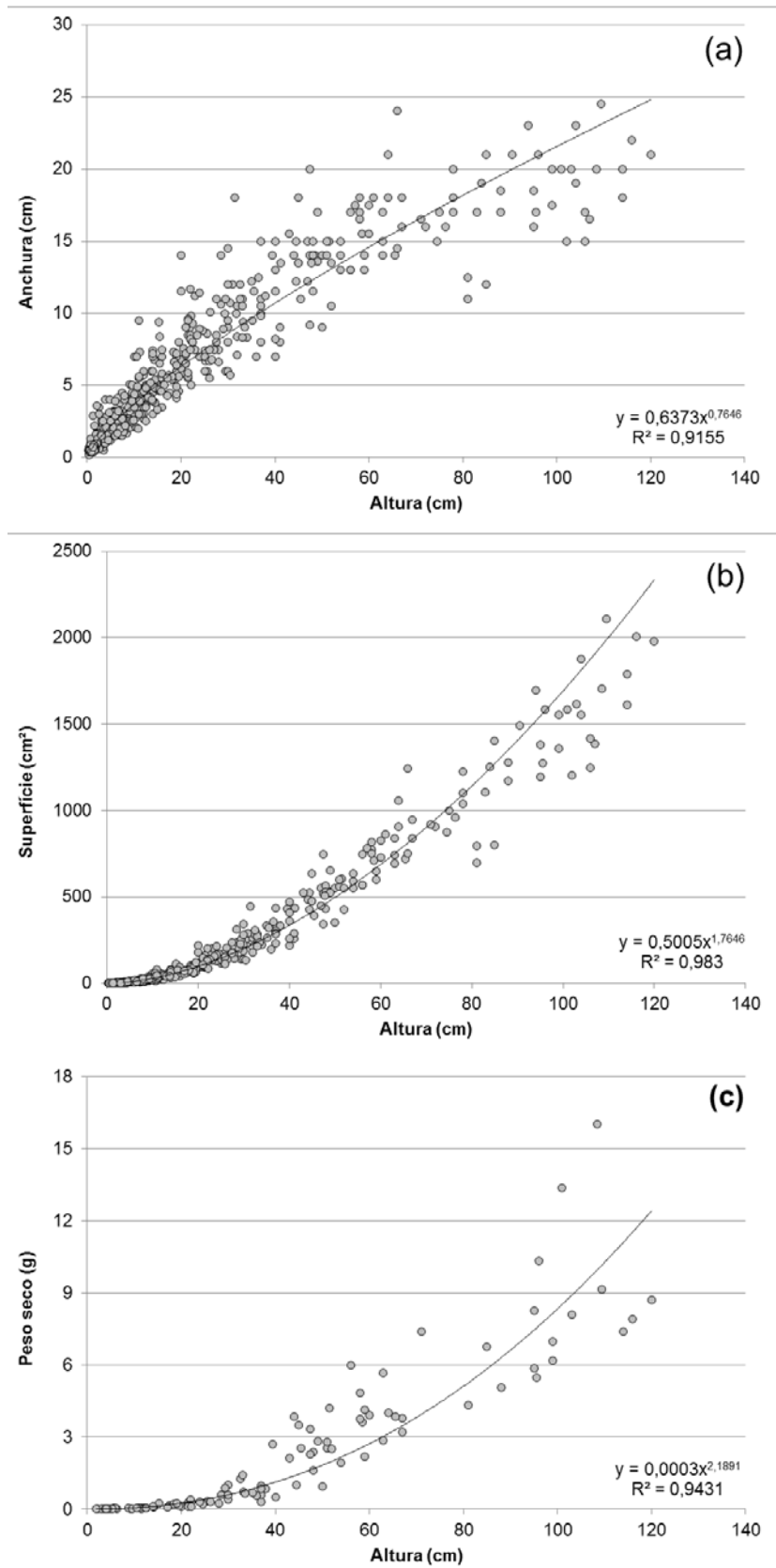


Figura 46. Relaciones entre las distintas variables biométricas de los frondes de *Laminaria rodriguezii*.

Elaboración de protocolo de trabajo para caracterizar la estructura de las poblaciones de *Laminaria rodriguezii*

Todos los parámetros biométricos de las frondes que se midieron se correlacionaron positiva y significativamente con la altura, tanto la superficie ($R^2=0.98$), como la anchura ($R^2=0.91$) y el peso seco ($R^2=0.94$), siguiendo en todos los casos dinámicas potenciales (Figura 46). Estas regresiones permiten establecer una serie de ecuaciones correlacionando la altura con las distintas variables. Se propone pues la altura de los frondes como parámetro óptimo para caracterizar la estructura de talla de las poblaciones de *L. rodriguezii*, tanto por ser él más fácil de medir como por presentar unas correlaciones altas con el resto de las variables, que pueden ser estimadas a partir de las ecuaciones.

Estructura de la población de *Laminaria rodriguezii* asociada a las surgencias

La Figura 47 presenta un histograma con las clases de tallas (alturas del fronde) correspondientes a las laminarias recolectadas en los 12 cuadrados muestreados. Los datos de densidad y biomasa para cada cuadrado y los datos medios para la población están señalados en la Tabla 9.

La distribución de las clases de tallas mostró una población dominada por las tallas más pequeñas, así como la presencia de ejemplares que podían llegar a los 110 cm de altura. Este resultado indica, por un lado, que se trata de una población muy dinámica con elevadas tasas de reclutamiento, y por otro, una población con escasos impactos que puede albergar ejemplares de tallas extraordinarias.

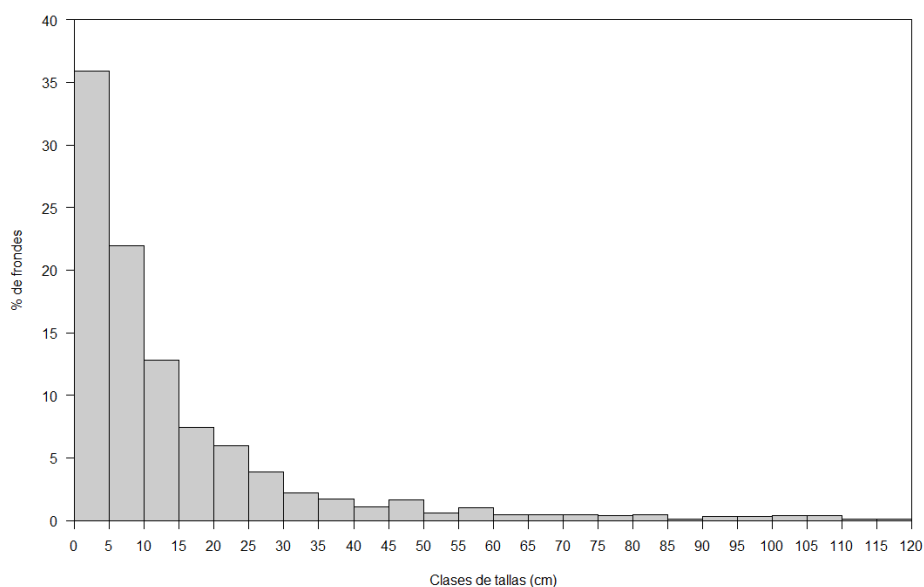


Figura 47. Distribución de las frecuencias de tallas de los ejemplares de *Laminaria rodriguezii* de la población estudiada en el bajo del Carallot.

Tabla 9. Densidades y biomásas (peso seco) de *Laminaria rodriguezii* obtenidas en cada muestra (cuadrado de 50x50 cm) en la población del Carallot.

Muestra	Densidad (frondes/2500 cm ²)	Biomasa (g/2500 cm ²)
1	57	22.1
2	55	45.1
3	210	116.5
4	139	82.9
5	123	63.1
6	150	71.6
7	101	59.7
8	126	70.6
9	197	105.2
10	147	63.4
11	65	109.5
12	72	54.0
Promedio	120 ± 52	72.0 ± 27.7

Caracterización de la comunidad de algas asociada a las surgencias

En total, en los 18 cuadrados muestreados tanto dentro como fuera del área de surgencias se identificaron más de 130 especies, entre algas, esponjas, cnidarios, briozoos y tunicados. La mayoría de estas especies se encontraron únicamente dentro o fuera de las surgencias, y sólo unas pocas, alrededor del 10%, se encontraron en las dos zonas. Dentro del área de las surgencias cabe destacar la ausencia de la mayoría de especies carbonatadas, como las algas *Amphiroa rubra*, *Lithophyllum stictaeforme*, *Lithothamnion coralloides*, *Lithothamnion valens*, *Mesophyllum expansum*, *Neogoniolithon mamillosum* y algunos briozoos como *Turbicellepora avicularis*, *Porella cervicornis* y *Pentapora fascialis*. El listado completo de las especies identificadas puede consultarse en el Anexo IV.

Con los datos de cobertura de las distintas especies en los distintos cuadrados, se realizó un escalado multidimensional no-métrico (nMDS) a partir de la matriz de distancias de Bray-Curtis (Figura 48). El primer eje de esta ordenación pone de manifiesto las diferencias existentes entre las comunidades dentro y fuera de las surgencias. Como conclusión, las características químicas de las aguas impuestas por la presencia de emanaciones de CO₂ en la zona del Carallot, generan un enorme cambio en las comunidades bentónicas. Así pues, en la zona más afectada por las surgencias desaparece casi por completo la comunidad del coralígeno y rodolitors-*maërl* típica en esas profundidades, apareciendo en su lugar la comunidad dominada por *L. rodriguezii*.

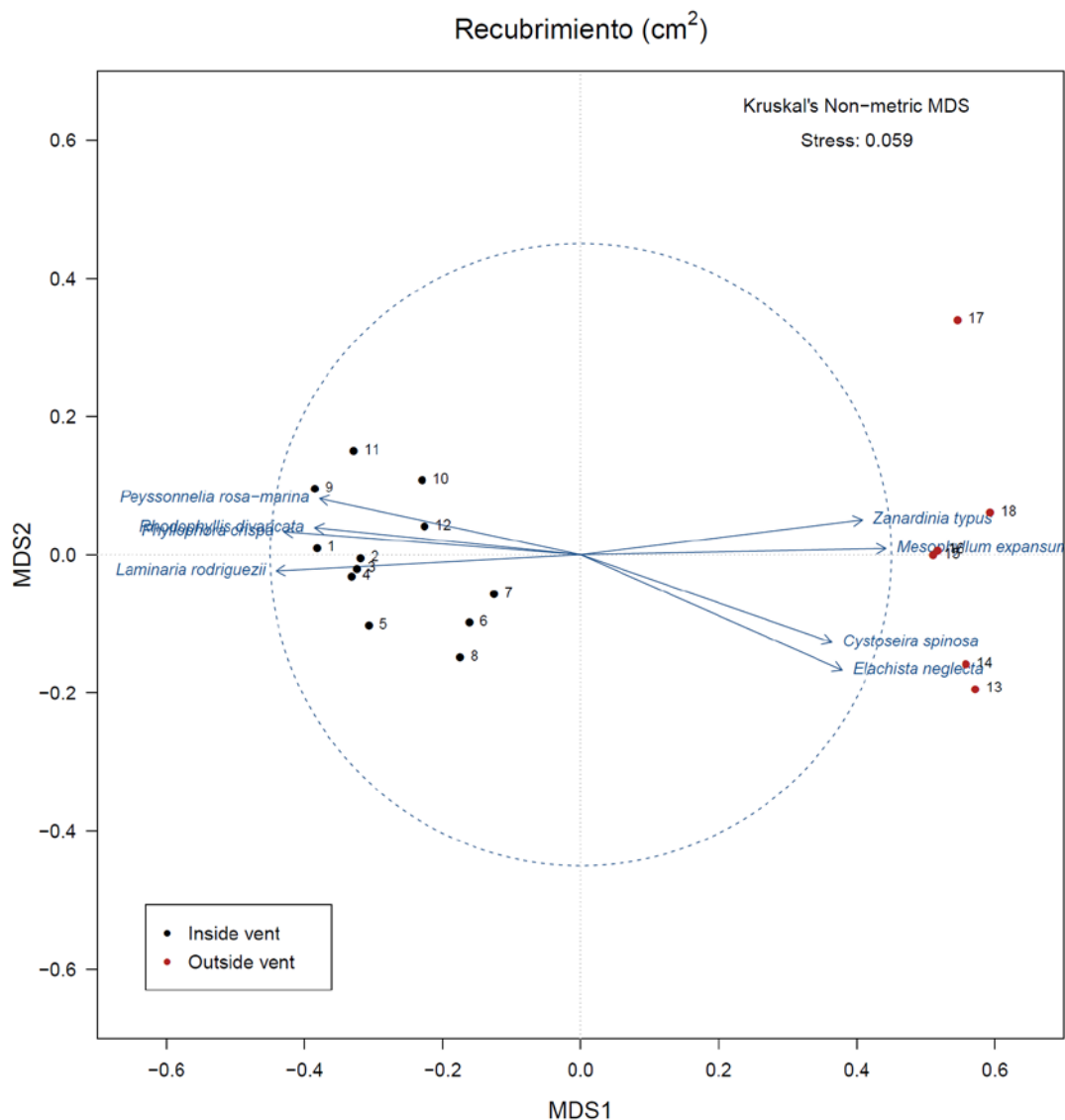


Figura 48. Ordenación NMDS de las comunidades algales de las muestras recogidas dentro y fuera del área afectada por las surgencias, utilizando el recubrimiento total de las distintas especies. Las flechas indican los valores de correlación de las especies respecto a los dos ejes de representación, indicando el círculo el valor de correlación máxima (=1). Únicamente se han representado las especies con valores de correlación superiores a 0.8.

Caracterización del estado de conservación de las poblaciones de *Laminaria rodriguezii* estudiadas y diagnosis de los principales impactos que afectan a estas poblaciones

Como la mayoría de especies de algas fucales y laminariales circalitorales, con un importante papel estructural, *L. rodriguezii* es una especie muy sensible a las perturbaciones. Esta especie precisa de aguas muy claras y con una elevada tasa de renovación continua. Por tanto el enturbiamiento del agua del mar Mediterráneo, por un lado, y la pesca de arrastre, por otro, son las principales amenazas para esta comunidad (Templado et al 2009). No es extraño pues que los bosques de *L. rodriguezii* se encuentren en fuerte regresión en todo el Mediterráneo.

Esta regresión pone de manifiesto el gran valor de las poblaciones de *L. rodriguezii* encontradas en las Islas Columbretes, principalmente la que se encuentra al Sur del Bajo del Carallot, tanto por el rango batimétrico en el que se sitúa como por su estructura demográfica. Estamos delante de una población que se encuentra en un hábitat excepcional, surgencias de CO₂ que acidifican el entorno, y que seguramente están favoreciendo a esta especie frente a otras más comunes en este rango de profundidad. Esta población además presenta una estructura poblacional muy dinámica por un lado, como muestra el elevado número de ejemplares de pequeña talla, y muy estable por otro como pone de manifiesto la presencia de ejemplares de tallas extraordinarias. Asimismo, los valores de densidad poblacional obtenidos en esta localidad son muy elevados, lo que seguramente es extraordinario para esta especie. Aunque no se poseen datos de otras poblaciones de *L. rodriguezii* con los que poder comparar, muy probablemente estamos delante de una población excepcional con un estado de conservación extraordinario, por lo que es de vital importancia conservarla.

Gracias a una ampliación previa de los límites de la Reserva Marina de las Islas Columbretes (Orden ARM/3841/2008), dicha población queda protegida dentro de la zona de Reserva Integral por lo que a priori no debería sufrir ningún tipo de impacto. Por ahora no se ha detectado ningún impacto importante durante este estudio, si bien se han observado restos de cabos o cables que bien podrían provenir de antes de la protección. No obstante, es necesario garantizar una vigilancia intensa en la zona con el objetivo de garantizar la preservación de esta población excepcional en toda la cuenca mediterránea.

4. INFLUENCIA ANTROPOGÉNICA EN LA ZONA

El archipiélago volcánico de las Islas Columbretes y su entorno marino es una zona protegida desde 1987 por la LEY 30/1987. En 1988, la zona terrestre fue declarada Parque Natural por la Comunidad Valenciana, y después catalogada como Reserva Natural en 1994. A esta figura se le añadieron las de Reserva Marina en 1990 y Zona Especialmente Protegida de Interés para el Mediterráneo (ZEPIM) en 2001. Asimismo, también está declarado Lugar de Interés Comunitario (LIC) y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA). No obstante, la Reserva Marina sólo abarca unos 55 kilómetros cuadrados, quedando fuera de esta zona algunos fondos de gran importancia.

Las áreas que quedan fuera de la Reserva Marina de las Islas Columbretes son utilizadas por diferentes usuarios, incluyendo pescadores profesionales y deportivos entre otros. Así los problemas detectados en la zona son el vertido de basuras, el abandono o pérdida de artes de pesca, el fondeo sobre fondos sensibles y la utilización de arrastre de fondo.

Los pescadores artesanales faenan habitualmente en estos bajos y hemos encontrado diferentes sedales, cabos y redes de trasmallo abandonadas, sobre todo en Casernes de Fora y en el Murall de la Dent. La pesca recreativa se centra principalmente en el Murall de la Dent i en la Calç. De forma esporádica, la pesca submarina también es practicada, pudiendo disminuir la presencia de especies ícticas de gran tamaño o gran valor en aquellas zonas con más presión. Aunque las profundidades a las que se encuentran la mayoría de los hábitats objeto de estudio en los bajos adyacentes a la Reserva Marina hacen que éste no sea un impacto destacable. Sin embargo, en los bajos situados dentro de la Reserva sí que uno de los principales problemas son los pescadores submarinos furtivos que entran ocasionalmente en la Reserva Marina. Por otra parte, es muy alarmante el aumento de las actividades furtivas realizadas por pescadores profesionales en el interior de las reservas integrales de Columbretes.

Las filmaciones con ROV nos confirman que en los bajos adyacentes a la Reserva Marina, se han encontrado restos de artes de pesca, cabos y plásticos que, aunque no son muy abundantes, sí están presentes en la mayoría de los transectos realizados.

En algunos casos los restos de artes de pesca se encuentran sobre las comunidades bentónicas, en fondos rocosos y coralígenos, deteriorando los organismos sésiles bentónicos como gorgonias, briozoos y algas del género *Cystoseira*, todos ellos de gran valor ecológico. Además, los restos de redes enrocadas actúan como redes fantasmas capturando, aun estando abandonadas, gran cantidad de organismos dejándoles morir atrapados. Cabe destacar que se detecta una clara diferencia entre los bajos explorados dentro y fuera de la reserva en cuanto a la influencia antropogénica sobre las comunidades bentónicas (Tabla 10).

Probablemente, existen en los bajos localizados dentro de la zona LIC otros impactos humanos que en la campaña realizada con ROV no han sido detectados ya que se

exploraron profundidades fuera de la influencia de éstos. Entre ellos cabe destacar los rezones utilizados en la pesca deportiva, para anclarse a los lugares que consideran más interesantes para las capturas de sus presas; este fondeo puede dañar a especies sésiles, como gorgonias, esponjas o briozoos.

También se han encontrado basuras en diferentes zonas del área explorada. Entre ellas destaca especialmente la presencia de plásticos, latas y neumáticos, junto a otros objetos no identificados.

Por último el buceo recreativo puede dañar a algunas comunidades frágiles, como el coralígeno, pero no tiene un impacto importante ya que las comunidades objeto de estudio se encuentran en profundidades no frecuentadas por el buceo recreativo. En Columbretes y su entorno la actividad de buceo con escafandra autónoma se concentra en el interior de la Reserva Marina y por normativa las inmersiones se realizan desde las boyas existentes, todas situadas a suficiente distancia de las comunidades objeto de estudio.

No hay que olvidar que amenazas globales, como el cambio climático, con el incremento de temperaturas del agua y la proliferación de algas mucilaginosas, también están afectando a esta zona. De hecho, en los últimos años nuestro grupo de investigación ha publicado distintos trabajos científicos que evidencian episodios de mortalidades masivas en gorgonias y madréporas. De momento, parece que estos impactos, se centran en las comunidades más superficiales situadas por encima de los 40 metros de profundidad.

Tabla 10. Restos de artes de pesca (en número) encontrados en las zonas exploradas. Se especifica si la zona está dentro (RM) o fuera (-) de la Reserva Marina

Zona	Protección	Cabos/ Cables	Redes de trasmallo	Líneas de pesca
1. Carallot	RM	6	-	-
2a. Casernes de Fora	-	-	6	-
2b. Casernes de Dins	-	7	1	-
3. Murall de la Dent	-	7	8	1
4. La Calç	-	2	1	3
5. La Foradada	RM	-	-	-
6. Murall del Cementeri	RM	1	-	1
7. Colada de lava N	-	4	1	-
TOTAL		27	17	5

5. CONCLUSIONES Y VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. CRITERIOS DE DESIGNACIÓN COMO ESPACIO DE LA RED NATURA 2000

El presente estudio se ha realizado en las Islas Columbretes y bajos adyacentes, donde la mayor parte del área en la que se ha centrado el estudio está o bien dentro de los límites de la Reserva Marina o bien dentro de la zona LIC, por lo que el principal objetivo del estudio ha sido evaluar la necesidad o no de ampliar los límites actuales que determinan el LIC. No obstante, los trabajos realizados durante este proyecto también han permitido avanzar en el conocimiento de los principales hábitats profundos que se encuentran en la zona así como evaluar su estado de conservación, permitiendo pues realizar un primer diagnóstico sobre las medidas de gestión necesarias para asegurar la conservación de esta localidad. Es necesario remarcar que hasta el momento había un gran desconocimiento del estado de estos hábitats así como de las especies que dominan estos fondos.

A modo de resumen, cabe poner de manifiesto el indudable valor ecológico de la zona. Si bien en relación a las especies que se encuentran contempladas dentro de la Directiva Hábitats, únicamente encontramos el coral rojo *Corallium rubrum* dentro del anexo V, en la zona de estudio son muy representativas especies como *Paramuricea clavata*, *Corallium rubrum*, *Cystoseira zosteroides*, *Laminaria rodriguezii*, *Axinella polypoides* y *Palinurus elephas*, entre otras, que se encuentran bajo diferentes estatus de protección dentro del Convenio de Berna, el Convenio de Barcelona, la Lista roja de la IUCN y el LESPE (“Listado de especies en régimen de protección especial de la normativa española”)(ver Tabla 4). Respecto a los hábitats profundos, destacan extraordinarias comunidades dominadas por especies longevas y estructurales como gorgonias (*Paramuricea clavata*, *Eunicella singularis*, *E. cavolinii*), algas fucales del género *Cystoseira* y *Sargassum* así como algas laminariales como *L. rodriguezii* y *Phylliaropsis brevipes*, extensas y bien representadas y catalogadas de especial interés. Todas estas comunidades se encuentran dentro del hábitat de Arrecifes (1170) del anexo I de la Directiva hábitats como hábitat de interés comunitario. Asimismo cabe destacar la presencia de surgencias de CO₂, donde se desarrolla una comunidad extraordinaria de *L. rodriguezii*, que se encontraría dentro del hábitat 1180 (estructuras submarinas causadas por emisiones de gases) del mismo anexo I, a pesar de que en este caso las emisiones de gases no dan lugar a verdaderas estructuras submarinas sino a un cambio en la distribución de las comunidades asociadas a estas debido al cambio de las condiciones ambientales que se producen. La mayoría de estas especies y hábitats, como se comenta anteriormente, se encuentran dentro de alguna figura de protección, si bien se ha encontrado alguno de los bajos fuera de los límites (concretamente el Bajo del Murall de la Dent, al Oeste de los límites del LIC) que sería necesario incluir en la zona LIC por albergar los hábitats y especies anteriormente descritos.

A continuación se exponen detalladamente las conclusiones a las que se ha llegado a partir de la información obtenida en el marco del proyecto INDEMARES y los conocimientos previos del grupo de investigación:

- En la zona Norte de la Reserva Marina (Colada de lava N) no se ha observado ningún tipo de hábitat que merezca especial protección, básicamente dominan la zona fondos circalitorales rocosos colmatados por sedimentos y arenas fangosas. La elevada sedimentación de la zona parece imposibilitar el desarrollo de hábitats de especial interés como los que se encuentran en el resto de áreas estudiadas.
- En la zona Este de la Reserva Marina (Casernes) se observa un gradiente en el estado de conservación de las comunidades observadas. Siendo el bajo de las “Casernes de Dins” la que presenta un mejor estado de conservación, con hábitats de elevado interés ecológico y patrimonial como los fondos de coralígeno dominados por invertebrados como las gorgonias *Paramuricea clavata* y *E. cavolinii* y los fondos de rodolitos y cascajo así como una elevada abundancia de langostas. Por el contrario, el bajo de las “Casernes de Fora”, se encuentran comunidades en un estado más degradado donde dominan fondos de rodolitos y cascajo dominados por invertebrados así como cascajo con *Arthrocladia villosa* y *Sporochnus pedunculatus* y se han observado restos e impactos de actividades pesqueras.
- En la zona oeste de la Reserva Marina se encuentran comunidades de gran valor patrimonial, como bosques de gorgonias (*Paramuricea clavata*, *E. singularis*, *E. cavolinii*) y laminariales (*L. rodriguezii*) y tilopteridales (*Phyllariopsis brevipes*). En concreto, en el bajo del Murall de la Dent se encuentran fondos de coralígeno y circalitorales dominados por gorgonias y esponjas, mientras que en el bajo de la Calç dominan coralígeno con algas y fondos circalitorales con fucas como *Cystosira zosteroides* y *C. spinosa*, y se encuentran fondos detríticos con *L. rodriguezii* por debajo de los 55 metros. En ambas zonas hay una elevada presencia de pescadores recreativos, aunque no se detecta un impacto notable de actividades pesqueras.
- La zona del Murall de la Dent, actualmente fuera de los límites del LIC, por los hábitats y las especies que alberga debería quedar dentro de esta zona por lo que se pretende proponer una ampliación de los límites del LIC hacia el oeste. Hay que añadir que aunque no hemos podido detectar un impacto muy significativo de las actividades pesqueras, es la zona donde se han observado un mayor número de artes de pesca en el fondo.
- El coral rojo *Corallium rubrum*, especie catalogada en el anexo V de la Directiva Hábitats, se ha observado únicamente en dos de los bajos explorados: la Foradada y las Casernes, entre 60-70 m de profundidad, siendo las colonias de la Foradada (dentro de los límites de la Reserva Marina) más grandes y abundantes que en Casernas. La pesca de coral rojo debería quedar totalmente prohibida en la zona del LIC, pues sólo la presencia de las colonias de coral rojo encontradas en esta zona indicia el potencial de esta zona para albergar poblaciones más abundantes de esta especie que ha sido explotada desde la antigüedad.
- Sólo se han detectado surgencias de gases en la zona del Carallot, dentro de los límites de la Reserva Marina, y únicamente en la zona más somera, en un rango batimétrico entre los 37 y 53 m de profundidad.

- Estas surgencias determinan una población de elevada densidad de *L. rodriguezii* muy interesantes que se encuentran a profundidades más someras de lo habitual, alrededor de los 40 metros de profundidad mientras que habitualmente se encuentran por debajo de los 60-70 metros.
- Se trata de surgencias de CO₂ que determinan unas condiciones físico-químicas únicas, con un significativo grado de acidificación de las aguas, sobretudo en las zonas más cercanas a las surgencias, pero que también tienen un efecto sobre toda la columna de agua en la zona circundante.
- Asociadas a estas surgencias, a parte de una población extraordinaria de *L. rodriguezii*, se encuentra una asociación de especies muy diferente a la que encontramos en la zona donde no hay surgencias, favoreciendo principalmente el desarrollo de especies no carbonatadas frente a especies con carbonato cálcico que son abundantes fuera de las surgencias.
- Los impactos detectados en la zona a las profundidades exploradas hasta el momento son los producidos por la actividad pesquera, ya sea por el abandono o pérdida de artes de pesca, el fondeo sobre fondos sensibles o la utilización de arrastre de fondo. Las prácticas de pesca destructiva como las documentadas en la zona no sólo causan un daño físico sobre el hábitat, también afectan de forma indirecta a la estructura de la comunidad provocando un descenso en la abundancia de especies y el tamaño de las mismas como podemos ver en la zona de las Casernes de Fora. Otro de los impactos detectados es el vertido de basuras. En casi todas las zonas exploradas se han observado restos de basuras de diferente origen: plásticos, botellas de vidrio, envases, latas, neumáticos, además de los restos de la actividad pesquera.
- Las poblaciones de *Paramuricea clavata* se encuentran en un buen estado de conservación en casi todos los bajos explorados, o presentando un bajo porcentaje de epibiosis o mortalidad, lo que indica que estas poblaciones no están sometidas de momento a impactos importantes. Dado el preocupante estado de conservación de las poblaciones más someras debido a impactos como las anomalías térmicas y el desarrollo de mucilagos, es vital conservar estas poblaciones más profundas.
- Es importante tener en cuenta que se han encontrado combinaciones de hábitats que no se recogen en el borrador de hábitats marinos de referencia del estado español. Estos hábitats sobretudo comprenden asociaciones de especies que no han sido tenidas en cuenta como los bosques mixtos de gorgonias y laminarias, gorgonias y fucales, o el coralígeno dominado por otras especies de gorgonias como *E. cavolinii* y *E. singularis*, además de la propuesta dominancia de *P. clavata* (ver Anexo I).

6. PROPUESTAS DE ZONIFICACIÓN Y MEDIDAS DE GESTIÓN

Propuesta de ampliación de la zona LIC Islas Columbretes (código ES0000061 de la Red Natura 2000)

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican la necesidad de ampliar los límites actuales del LIC hacia el Oeste con el fin de abarcar el bajo del Murall de la Dent.

En este bajo se encuentran fondos de coralígeno y circalitorales dominados por gorgonias y esponjas, básicamente gorgonias como *Paramuricea clavata*, *Eunicella cavolinii* y *E. singularis* y esponjas del género *Haliclona* y *Axinella* entre otros. Por tanto estos hábitats corresponderían al hábitat de interés comunitario 1170 (Arrecifes) del anexo I de la Directiva Hábitats. Además, como se ha mencionado anteriormente, este bajo es uno de los más impactados por la actividad humana, en este caso por la pesca recreativa.

En la propuesta de ampliación podrían considerarse dos opciones, la ampliación de todo el LIC hacia el Oeste (Figura 49) o una ampliación que abarcase únicamente el bajo en cuestión (Figura 50), debido a que el resto de fondos encontrados al Oeste son fondos detríticos sin especial interés (ver informe Juan Goutayer). Adoptar la primera opción aumentaría la superficie del LIC en un 14.6% con respecto a la actual, abarcando un área total de 14105 ha. La segunda opción, en cambio, sólo supondría un aumento del 1.4 %, con un área total de 12480 ha.

Por razones logísticas y de gestión de la zona, se considera la primera opción como la más apropiada pues facilita la identificación de la zona mediante cuatro coordenadas, mientras que la segunda opción claramente muestra una limitación más compleja (Tabla 11).

Tabla 11. Coordenadas delimitadoras para la ampliación de la zona LIC de las Islas Columbretes según las dos propuestas.

PROPUESTA 1			
39° 56.413' N		39° 56.176' N	
0° 36.776' E		0° 44.239' E	
39° 49.266' N		39° 49.031' N	
0° 36.401' E		0° 43.850' E	
PROPUESTA 2			
		39° 56.383' N	39° 56.176' N
		0° 37.728' E	0° 44.239' E
39° 52.907' N	39° 52.878' N		
0° 36,592' E	0° 37.542' E		
39° 52.215' N	39° 52.185' N		
0° 36.555' E	0° 37.506' E		
		39° 49.237' N	39° 49.031' N
		0° 37.351' E	0° 43.850' E

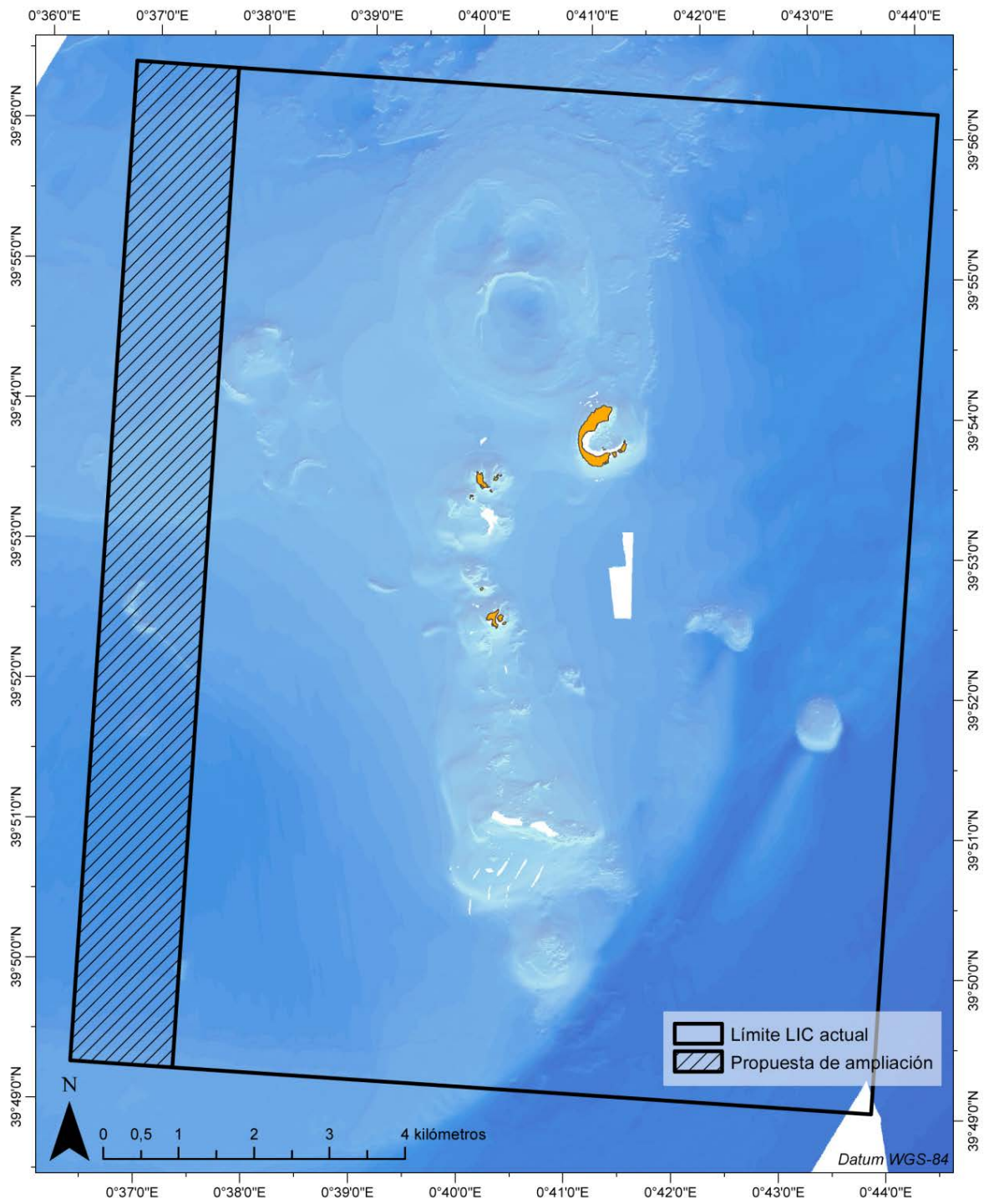


Figura 49. Propuesta de ampliación de todo el límite actual de la zona LIC hacia el oeste.

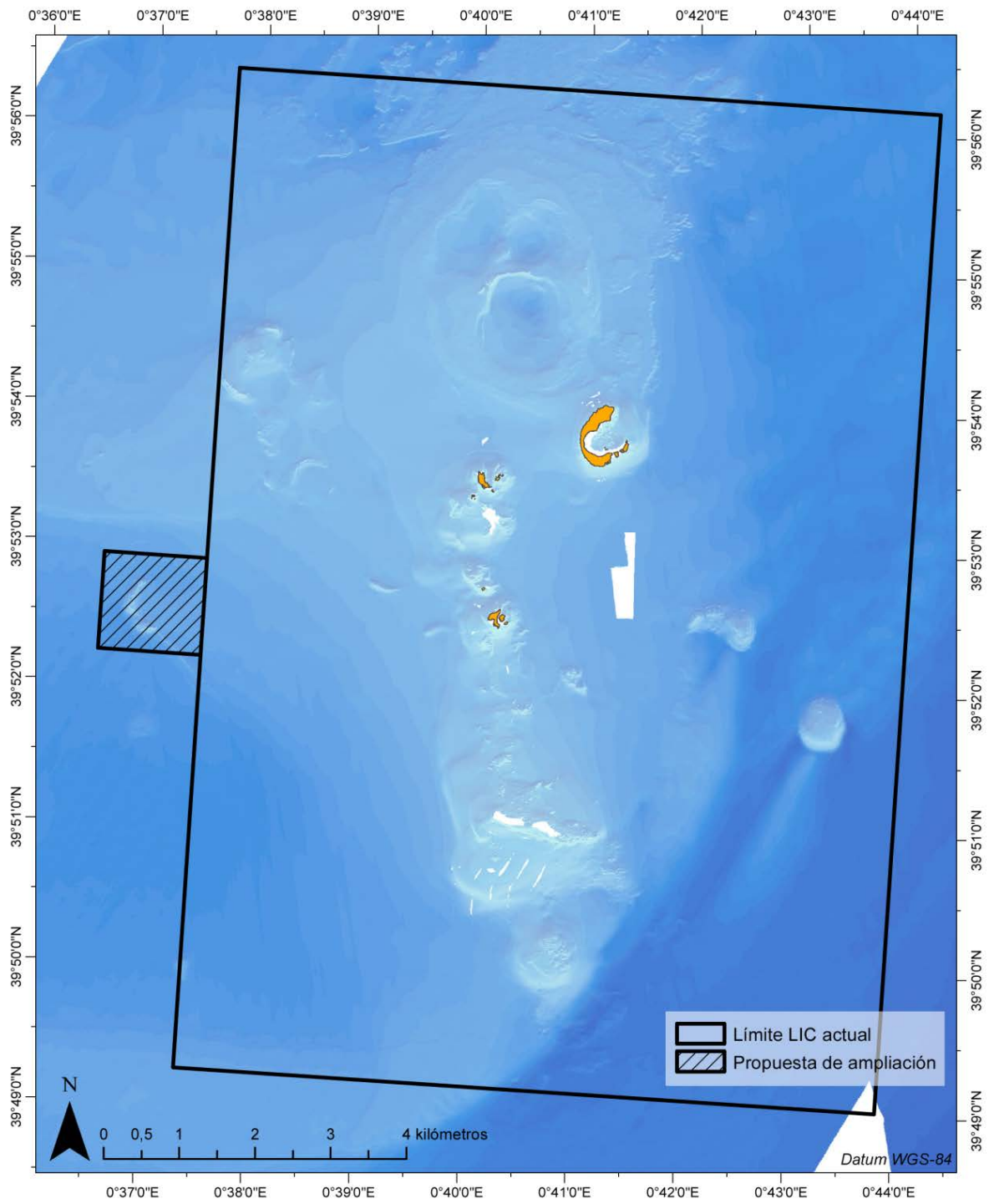


Figura 50. Propuesta de ampliación de la zona LIC que únicamente abarca el bajo del Murall de la Dent.

Propuesta de medidas de gestión

La importancia de la existencia de las comunidades profundas dominadas por especies longevas como *P. clavata*, *Cystoseira zosteroides* y *Laminaria rodriguezii*, radica principalmente en que estas poblaciones están desapareciendo en otras zonas mediterráneas debido, entre otros, a los efectos de la pesca de arrastre. Estas comunidades son de elevado valor tanto ecológico, como especies estructurales, como patrimonial pues la mayoría de estas especies son endémicas del Mediterráneo. Por tanto, para evitar su desaparición en aguas de las Islas Columbretes, se deberían tomar medidas urgentes de gestión.

Como se pone en relevancia en el apartado anterior, la zona delimitada por el LIC actualmente es utilizada por diferentes usuarios, incluyendo pescadores profesionales y deportivos entre otros. Así los problemas detectados en la zona son el vertido de basuras, el abandono o pérdida de artes de pesca, el fondeo sobre fondos sensibles y la utilización de arrastre de fondo.

Pesca profesional

Los pescadores profesionales (trasmalleros y palangreros) faenan habitualmente en estos bajos y hemos encontrado diferentes sedales, cabos y redes de trasmallo abandonadas, sobretodo en Casernes de Fora y en el Murall de la Dent.

Se debería asegurar una adecuada regularización de la pesca profesional con el objetivo de evitar daños a las comunidades dominadas por especies estructurales y algas. Dado su alto poder destructivo, la pesca de arrastre no debería permitirse en la zona LIC. Aunque la pesca de langosta mediante trasmallo parece ser sostenible en la zona dado la gran abundancia de langostas encontradas, puede ocasionar graves daños en las comunidades mencionadas por enganches del arte de pesca en la roca, por lo que este tipo de pesca junto con el palangre, también deberían ser reguladas. Con el fin de garantizar la posible recuperación del coral rojo en la zona, su extracción debería estar prohibida en toda la zona LIC.

Pesca recreativa

La pesca recreativa se centra principalmente en el Murall de la Dent i en la Calç. El elevado número de embarcaciones de recreo que se encuentran en el lugar habitualmente debería ser limitado. Aunque no se hayan podido detectar importantes impactos sobre los fondos, la fragilidad y singularidad de las comunidades que se encuentran en esta zona pone de manifiesto la necesidad del principio de prudencia en este caso y por tanto establecer un número de visitas limitadas en la zona.

Otros posibles impactos

Otro impacto potencial sería la pesca submarina, pudiendo disminuir la presencia de especies ícticas de gran tamaño o gran valor en aquellas zonas con más presión. A pesar

que se han detectado pescadores furtivos dentro de los límites de la Reserva marina, las profundidades a las que se encuentran la mayoría de los hábitats de especial interés encontrados en la zona LIC hacen que éste no sea un impacto destacable.

Del mismo modo, el buceo recreativo que puede tener un impacto negativo en algunas comunidades frágiles, como el coralígeno, pero no tiene un impacto importante en la zona de estudio ya que los fondos se encuentran en profundidades no frecuentadas por el buceo recreativo.

Finalmente se quiere remarcar la necesidad urgente de asegurar la conservación de especies y hábitats de especial interés, tanto a nivel nacional como internacional, de la zona sobre todo frente la amenaza actual que representan actividades como las perforaciones petrolíferas o el desarrollo de molinos de vientos que se prevén actualmente cerca de la zona de estudio. En este sentido, y teniendo en cuenta el régimen general de corrientes en la zona (Norte-Sur), son especialmente preocupantes las noticias sobre las prospecciones planeadas al norte de la Reserva Marina.

Es importante mencionar, que en el presente estudio no se pudo incluir el bajo conocido como el “Placer de la Barra alta” y que tiene el mismo origen y características que las Islas Columbretes y los bajos explorados en este proyecto. Aunque no estamos de acuerdo en esta exclusión, entendemos que el motivo principal fue la elevada distancia de los límites del actual LIC, unas 4,5 millas al oeste de la Reserva Marina de Columbretes. A pesar de esto, esta zona debería incluirse en un futuro dentro de la zona LIC por albergar comunidades muy similares a las que se encuentran en el área explorada en este estudio, especialmente fondos de coralígeno y rodolitos. La protección de este bajo permitiría la recuperación de estas comunidades en mal estado de conservación debido al impacto de la pesca profesional, especialmente la pesca de arrastre.

Puesto que la Reserva Marina sólo abarca unos 55 kilómetros cuadrados, quedando fuera de esta zona algunos fondos de gran importancia, un objetivo más ambicioso, siempre que se pueda disponer de todos los recursos tanto humanos como materiales necesarios, sería proponer la ampliación de la Reserva Marina y sus medidas de protección y vigilancia hasta los límites del LIC (incluyendo la ampliación hacia el Murall de la Dent). Esta propuesta se apoya en el elevado número de hábitats vulnerables de elevado interés patrimonial que están desapareciendo en la mayoría de localidades mediterráneas o bien que no se encuentran representadas en otras zonas como los fondos mixtos de gorgonias y laminariales que son frecuentes en estas aguas. En este aspecto, sería necesario evaluar con especial atención el impacto de esta posible ampliación con la pesca artesanal. Además, la eficacia que ha mostrado la Reserva Marina en la protección del entorno marino de este archipiélago sería una garantía de conservación para toda la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, R., García, S. & Ubero, J., 2010. Distribution of deep-sea Laminarians around three Spanish Marine Protected Areas. 4th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation. Yasmine-Hammamet (Tunisia). Poster.
- Aparicio & García, 1995. El volcanismo de las Islas Columbretes (Mediterráneo Occidental). *Quimismo y mineralogía. Boletín Geológico y Minero*.106-5, 468-488.
- Aparicio, A., Araña, V., Garcia, R. & Grachev, A., 1994. The origin of the Columbretes Islands basanitic and phonolitic magmas (Western Mediterranean). *Mineralogical Magazine*, 58A, 21-22.
- Appeltans, W., Bouchet, P., Boxshall, G. A., Fauchald, K., Gordon, D. P., Hoeksema, B. W., Poore, G. C. B., Van Soest, R. W. M., Stöhr, S., Walter, T. C. & Costello, M. J.(eds) (2011). *World Register of Marine Species*. Accessed at <http://www.marinespecies.org>.
- Ballesteros, E., Garrabou, J., Hereu, B., Zabala, M. , Cebrian, E. & Sala, E., 2009. Community structure and growth of a deep water stand of *Cystoseira zosteroides* (Phaeophyta) in the Northwestern Mediterranean. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 82: 477-484.
- BOE. 2011. Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.
- Boisset & García-Carrascosa, 1987. El fitobentos de las Islas Columbretes: Flora y comunidades vegetales. Pp. 269-302 en: *Islas Columbretes. Contribución al Estudio de su Medio Natural* (Matilla et al.) C.O.P.U.T., Generalitat Valenciana, Valencia.
- Boudouresque, C.F., Meinesz, A., Ballesteros, E., Ben Maiz, N., Boisset, F., Cinelli, F., Cirik, S., Cormaci, M., Jeudy de Grissac, A., Laborel, J., Lanfranco, E., Lundberg, B., Mayhoub, H., Panayotidis, P., Semroud, R., Sinnasamy, J.M. & Span, A., 1990. Livre Rouge “Gérard Vuignier” des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée. MAP Technical Report Series 43. UNEP/IUCN/GIS Posidonie, Athens.
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Lasram, F.B.R., Aguzzi, J., Ballesteros, E., Bianchi, C. N., Corbera, J., Dailianis, T., Danovaro, R., Estrada, M., Froggia, C., Galil, B.S., Gasol, J.M., Gertwagen, R., Gil, J., Guilhaumon, F., Kesner-Reyes, K., Kitsos, M.S., Koukouras, A., Lampadariou, N., Laxamana, E., López-Fé de la Cuadra, C.M., Lotze, H.K., Martin, D., Mouillot, D., Oro, D., Raicevich, S., Rius-Barile, J., Saiz-Salinas, J.I., Vicente, C.S., Somot, S., Templado, J., Turon, X., Vafidis, D., Villanueva, R. & Voultziadou, E., 2010. The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns and threats. *PLoS One* 5(8): e11842. doi:10.1371/journal.pone.0011842.
- Coma, R., Pola, E., Ribes, M. & Zabala, M., 2004. Long-term assessment of the patterns of mortality of a temperate octocoral in protected and unprotected

- areas: a contribution to conservation and management needs. *Ecological Applications* 14: 1466-1478.
- Convenio sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), Washington, 3 de marzo de 1973. Instrumento de 9. Bibliografía 193 adhesión de España de 16 de mayo de 1986 (BOE de 30 de julio de 1986 y 10 de agosto de 1991). Apéndices I, II y III en vigor a partir del 22 de mayo de 2009. <http://www.cites.org/esp/index.shtml>.
- Dickson, A.G., Sabine, C.L. & Christian, J.R. (Eds.), 2007. Guide to best practices for ocean CO₂ measurements. PICES Special Publication 3, 191 pp.
- Flemming, B.W., 2012. Comment on "Large-scale bedforms along a tideless outer shelf setting in the western Mediterranean" by Lo Iacono et al. (2010) in *Cont. Shelf Res.* 30, pp. 1802–1813.
- Froese, R. & D. Pauly. Editors. 2010. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org.
- García-Carrascosa, 1987. El bentos de los alrededores de las Islas Columbretes. Elementos para su cartografía bionómica. Pp. 466-499 en: Islas Columbretes. Contribución al Estudio de su Medio Natural (Matilla et al.) C.O.P.U.T., Generalitat Valenciana, Valencia.
- Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Chevaldonné, P., Cigliano, C., Diaz, D, Harmelin, J.G, Gambi, M.C., Graille, R, Kersting D. K., Lejeusne, C, Linares, C, Marschal, C., Perez, T., Ribes, M, Romano J.C, Torrents, O, Zabala, M, Zuberer & Cerrano, C., 2009. A new large scale mass mortality event in the NW Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global change biology* 15: 1090-1103.
- Giaccone, G. & Bruni, A., 1973. Le cistoseire e la vegetazione sommersa del Mediterraneo. *Atti Istituto Veneto Scienze, Lettere e Arti* 131, 59–103.
- Giaccone, G., 1973. Écologie et chorologie des *Cystoseira* de Méditerranée. *Rapports Communications internationales Mer Méditerranéenne* 22: 49–50.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2012. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>.
- Harmelin, J.G. & Marinopoulos, J., 1994. Population structure and partial mortality of the gorgonian *Paramuricea clavata* (Risso) in the North-Western Mediterranean (France, Port-Cros Island). *Marine Life* 4: 5-13.
- Hereu, B., Mangalajo, L., Ballesteros, E. & Thibaut, T., 2008. On the occurrence, structure and distribution of deep-water *Cystoseira* populations in the Port-Cros National Park (Northwestern Mediterranean). *European Journal of Phycology* 43(3): 263-273.
- Hernández-Pacheco, F. & Asensio Amor, I., 1966. Datos fisiográfico-sedimentológicos de la Columbrete Grande. *Bol. Real Soc. Española Hist. Nat (Geol)*, 64 (1966), 179–198.
- IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. <http://www.iucnredlist.org>.
- Kersting D. & Ballesteros, E., 2010. *Gobius kolombatovici*, primera cita en las costas ibéricas, Islas Columbretes (Mediterráneo noroccidental). XVI Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Alicante (España). Poster

- Kersting D., & Linares, C., 2006. Mortandad de *Paramuricea clavata* asociada a un evento de macroagregados mucilaginosos “Ilepó” durante el verano de 2004 en las Islas Columbretes. XIV Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Barcelona (España). Poster.
- Linares C., Kersting, D., Díaz, D., Hereu, B. & Zabala, M., 2010. Impactos recurrentes asociados al cambio climático afectan a la gorgonia *Paramuricea clavata* en las Islas Columbretes. XVI Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Alicante (España). Póster.
- Linares C., Kersting, D., Hereu, B., Díaz, D., 2009. Evaluación del estado de la población de gorgonia roja *Paramuricea clavata* en el Bajo del Murall del Cementeri, Islas Columbretes. Informe técnico para la Secretaría General de Pesca Marítima.
- Linares, C., Bianchimani, O., Torrents, O., Marschal, C., Drap P. & Garrabou, J., 2010. Marine Protected Areas and the conservation of long-lived marine invertebrates: the Mediterranean red coral. *Mar Ecol Prog Ser.* 402: 69 - 79.
- Linares, C., Coma, R., Diaz, D., Zabala, M., Hereu, B. & Dantart, L., 2005. Immediate and delayed effects of a mass mortality event on gorgonian population dynamics and benthic community structure in the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 305: 127-137.
- Linares, C., Coma, R., Garrabou, J., Diaz, D. & Zabala, M., 2008. Size distribution, density and disturbance in two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. *Journal of Applied Ecology*, 45: 688-699.
- Lo Iacono, C., Guillen, J., Puig, P., Ribo, M., Ballesteros, M. Palanques, A., Farran, M. li, & Acosta, J., 2010. Large scale bedforms along a tideless outer shelf setting in the western Mediterranean. *Cont. Shelf Res.* 30, 1802–1813.
- Martí, J., Mitjavila, J., Roca, E. & Aparicio, A., 1992. Cenozoic magmatism of the Valencia Trough (western Mediterranean): relationship between structural evolution and volcanism. *Tectonophysics* 203, 145–165.
- Millero, F.J., Graham, T.B., Huang, F., Bustos-Serrano, H., Pierrot, D., 2006. Dissociation constants of carbonic acid in seawater as a function of salinity and temperature. *Marine Chemistry* 100: 80-94.
- Mistri M. & Ceccherelli VU., (1996) Effects of a mucilage event on the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. I- Short term impacts at the population and colony levels. *Ital J Zool* 63: 221-230
- Muñoz, A., Lastras, G.M., Ballesteros, M., Canals, M., Acosta, J. & Uchupi, E., 2005. Sea floor morphology of the Ebro Shelf in the region of the Columbretes Islands, Western Mediterranean *Geomorphology*, 72, 1–18.
- Navarro L., Ballesteros, E., Linares, C. & Hereu, B. 2011. Spatial and temporal variability of deep-water algal assemblages in the Northwestern Mediterranean: The effects of an exceptional storm. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1-7.
- Oceana, 2008. Propuesta de áreas marinas de importancia ecológica: Atlántico sur y Mediterráneo Español. Informe.
- Oliveras, M.A. & Gómez Garreta, A., 1989. Corología del género *Cystoseira* C. Agardb (Phaeophyceae, Fucales). *Anales Jardín Botánico Madrid* 46: 89-97.

- OSPAR Commission. 2008. Case Reports for the OSPAR List of Threatened and/or Declining Species and Habitats.
- Ribera, M.A., Gómez-Garreta, A., Gallardo, T., Cormaci, M., Furnari, G. & Giaccone, G., 1992. Check-list of Mediterranean Seaweeds. I. Fucophyceae (Warming 1884). *Botanica Marina* 35: 109-130.
- Sánchez-Arcilla, A., González-Marco, D. & Bolaños, R., 2008. A review of wave climate and prediction along the Spanish Mediterranean coast. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8, 1217–1228.
- Templado, J, Capa, M., Guallart, J. & Luque, A., 2009. 1170 Arrecifes. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 142 p
- Templado, J. & Calvo, M., 2002. Flora y Fauna de la Reserva Marina de las Islas Columbretes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Thibaut, T., Pinedo, S., Torras, X. & Ballesteros, E., 2005. Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin* 50: 1472–1489.
- Zabala, M., Díaz, D., Hereu, B., Linares, C., 2001. Informe sobre el estudio de las poblaciones de *Paramuricea clavata* en la Reserva Marina de las Islas Columbretes. Informe técnico para la Secretaría General de Pesca Marítima.

ANEXO I

Listado de los hábitats según la Lista Patrón de Referencia Estatal de Hábitats Marinos

Tabla de equivalencias entre los hábitats encontrados en los bajos adyacentes de la Reserva Marina de las Islas Columbretes explorados con ROV descritos en el presente informe, los catalogados en la *Lista Patrón de Referencia Estatal de Hábitats Marinos* y los clasificados en el sistema EUNIS.

HABITATS INFORME	LPRE	CÓDIGO	EUNIS	
1. Fondo infralitoral rocoso	Piso infralitoral rocoso y otros sustratos duros	0301	A3 – Infralittoral rock and other hard substrata	
	Roca infralitoral inferior	030104		
– Fondos rocosos infralitorales medianamente iluminados, con Fucales	Roca infralitoral medianamente iluminada, con fucales	03010413	A3.2 – Atlantic and Mediterranean moderate energy infralittoral rock A3.23 – Mediterranean communities of infralittoral algae moderately exposed to wave action	
– Fondos rocosos infralitorales medianamente iluminados, sin Fucales	Roca infralitoral medianamente iluminada, sin fucales	03010414	A3.3 – Atlantic and Mediterranean low energy infralittoral rock A3.33 – Mediterranean submerged furoids, green or red seaweeds on full salinity infralittoral rock	
2. Fondo circalitoral rocoso	Piso circalitoral rocoso y otros sustratos duros	0302	A4 – Circalittoral rock and other hard substrata	
2.1. Fondos circalitorales rocosos dominados por Fucales	Roca circalitoral dominada por algas	030201	A4.2 – Atlantic and Mediterranean moderate energy circalittoral rock A4.26 – Mediterranean coralligenous communities moderately exposed to hydrodynamic action A4.261 – Association with <i>Cystoseira zosteroides</i>	
	Roca circalitoral dominada por fucales	03020101		
– con <i>Cystoseira zosteroides</i> / <i>Cystoseira spinosa</i> v. <i>compressa</i> + con <i>C. zosteroides</i> / <i>C. spinosa</i> v. <i>compressa</i> y <i>E. singularis</i>	Roca circalitoral dominada por fucales con <i>Cystoseira zosteroides</i> / <i>Cystoseira spinosa</i> v. <i>compressa</i>	0302010101		
2.2. Fondos circalitorales rocosos dominados por Laminariales	Roca circalitoral dominada por laminariales	03020102		
	– con <i>Laminaria rodriguezii</i> + <i>Laminaria rodriguezii</i> y <i>Eunicella singularis</i>	Roca circalitoral dominada por laminariales con <i>Laminaria rodriguezii</i>		0302010201
– con <i>Phyllariopsis brevipes</i> / <i>Phyllariopsis purpurascens</i>	Roca circalitoral dominada por laminariales con <i>Phyllariopsis brevipes</i> / <i>Phyllariopsis purpurascens</i>	0302010202		
2.3. Fondos circalitorales rocosos no concrecionados dominados por invertebrados	Roca circalitoral dominada por invertebrados	030202		
	Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados	03020223		
– con <i>Paramuricea clavata</i> + con <i>Paramuricea clavata</i> y <i>E. cavolini</i>	Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con <i>Paramuricea clavata</i>	0302022302		A4.2 – Atlantic and Mediterranean moderate energy circalittoral rock A4.27 – Faunal communities on deep moderate energy circalittoral rock
– con <i>Eunicella singularis</i>	Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con <i>Eunicella singularis</i>	0302022303		
– con <i>Eunicella cavolinii</i>	Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con <i>Eunicella cavolinii</i>	0302022307		
– con <i>Corallium rubrum</i>	Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con <i>Corallium rubrum</i>	0302022309	A4.7 – Features of circalittoral rock A4.71 – Communities of circalittoral caves and over hangs A4.713 – Caves and overhangs with <i>Corallium rubrum</i>	

2.4. Fondos circalitorales rocosos colmatados por sedimentos	Roca circalitoral colmatada por sedimentos	03020224	A4.2 – Atlantic and Mediterranean moderate energy circalittoral rock A4.27 – Faunal communities on deep moderate energy circalittoral rock
– con esponjas (<i>Axinella</i> spp., principalmente)	Roca circalitoral colmatada por sedimentos con esponjas (<i>Axinella</i> spp., principalmente)	0302022402	
3. Coralígeno	Coralígeno con dominancia de invertebrados	03020225	A4 – Circalittoral rock and other hard substrata A4.2 - Atlantic and Mediterranean moderate energy circalittoral rock A4.26 – Mediterranean coralligenous communities moderately exposed to hydrodynamic action
3.1. Coralígeno con dominancia de invertebrados con gorgonias			
– con <i>Eunicella cavolinii</i>			A4.269 – Facies with <i>Eunicella cavolinii</i>
– con <i>Eunicella singularis</i> + con <i>Eunicella cavolinii</i> y <i>E. singularis</i>			A4.26A – Facies with <i>Eunicella singularis</i>
– con <i>Paramuricea clavata</i> + con <i>Paramuricea clavata</i> y <i>Eunicella cavolini</i> + con <i>Paramuricea clavata</i> y <i>Eunicella singularis</i> + con <i>Paramuricea clavata</i> , <i>Eunicella cavolini</i> y <i>E. singularis</i> + con <i>Paramuricea clavata</i> y <i>Phyllariopsis brevipes</i> + con <i>Paramuricea clavata</i> , <i>Eunicella cavolini</i> y <i>Phyllariopsis brevipes</i> + con <i>Paramuricea clavata</i> , <i>Eunicella singularis</i> y <i>Phyllariopsis brevipes</i>	Coralígeno con <i>Paramuricea clavata</i>	0302022501	A4.26B – Facies with <i>Paramuricea clavata</i>
3.2. Coralígeno con dominancia de invertebrados sin gorgonias	Coralígeno con dominancia de invertebrados	03020225	
3.3. Coralígeno con dominancia de algas	Roca circalitoral dominada por algas	030201	
– con <i>Eunicella singularis</i>	Coralígeno con dominancia de algas, sin fucales ni laminariales	03020104	
– con <i>Phyllariopsis brevipes</i>			
– con <i>Halimeda tuna</i> / <i>Mesophyllum alternans</i> + con <i>Halimeda tuna</i> / <i>Mesophyllum alternans</i> y <i>Eunicella singularis</i> + con <i>Halimeda tuna</i> / <i>Mesophyllum alternans</i> y <i>Phyllariopsis brevipes</i>	Coralígeno con dominancia de algas, sin fucales ni laminariales con <i>Halimeda tuna</i> / <i>Mesophyllum alternans</i>	0302010401	A4.267 – Algal bioconcretion with <i>Lithophyllum frondosum</i> and <i>Halimeda tuna</i>

4. Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales	Pisos infralitoral y circalitoral sedimentarios	0304	A5 – Sublittoral sediment
	Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales	030402	A5.2 – Sublittoral sand A5.3 – Sublittoral mud
5. Fondos detríticos (Biogénicos)	Fondos detríticos biogénicos infralitorales y circalitorales	030405	A5 – Sublittoral sediment A5.1 – Sublittoral coarse sediment A5.14 – Circallitoral coarse sediment
5.1. Fondos de maërl/rodolitos – con <i>Phyllariopsis brevipes</i>	Fondos de maërl/rodolitos	03040506	A5.5 – Sublittoral macrophyte-dominated sediment A5.51 – Maerl beds
5.2. Fondos de cascajo biogénico (conchas de moluscos)	Fondos de cascajo biógenos (conchas de moluscos) infralitorales y circalitorales	03040511	A5.1 – Sublittoral coarse sediment A5.14 – Circallitoral coarse sediment
– con rodolitos			A5.5 – Sublittoral macrophyte-dominated sediment A5.51 – Maerl beds A5.515 – Association with rhodolithes in coarse sands and fine gravels under the influence of bottom currents
– con <i>Arthrocladia villosa</i> y <i>Sporochnus pedunculatus</i> + con <i>Arthrocladia villosa</i> y <i>Sporochnus pedunculatus</i> y rodolitos			A5.52 – Kelp and seaweed communities on sublittoral sediment A5.52I – Association with <i>Arthrocladia villosa</i>
5.3. Fondos de rodolitos y cascajo dominados por invertebrados – con <i>Eunicella singularis</i>	Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados	03040513	A5.1 – Sublittoral coarse sediment A5.14 – Circallitoral coarse sediment
– con dominancia de antozoos (<i>Epizoanthus</i> sp., <i>Paralcyonium spinulosum</i> , <i>Poliplumaria</i> sp.)	Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados con dominancia de antozoos (<i>Vereillum cynomorium</i> , <i>Sarcodictyon catenatum</i> , <i>Epizoanthus arenaceus</i> , <i>Paralcyonium spinulosum</i>)	0304051307	
5.4. Fondos detríticos con <i>Laminaria rodriguezii</i> – con rodolitos	Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales con <i>Laminaria rodriguezii</i>	03040508	A5.52 – Kelp and seaweed communities on sublittoral sediment A5.52L – Association with <i>Laminaria rodriguezii</i>
6. Fondos con surgencias de gases			A5.7 – Features of sublittoral sediments A5.71 – Seeps and vents in sublittoral sediments A5.716 – Vents in sublittoral sediments

ANEXO II

Listado de las especies identificadas durante la campaña realizada con ROV

Tabla con todas las especies identificadas a partir de las imágenes obtenidas mediante el ROV en los bajos adyacentes a la Reserva Marina de las Islas Columbretes, especificando el tipo de hábitat en las que fueron observadas.

Taxa		Rocoso	Coralígeno	Detrítico biogénico	Detrítico fangoso	Surgencias de gases
ALGAE						
Chlorophyta	<i>Codium bursa</i>	x	x			
	<i>Flabellia petiolata</i>	x	x			
	<i>Halimeda tuna</i>	x	x			
	<i>Palmophyllum crassum</i>		x			
Phaeophyceae	<i>Arthrocladia villosa</i>	x	x	x		x
	<i>Cystoseira foeniculacea</i> var. <i>latiramosa</i>	x				
	<i>Cystoseira spinosa</i> var. <i>compressa</i>	x				
	<i>Cystoseira zosteroides</i>	x				
	<i>Dictyopteria polypodioides</i>	x				
	<i>Laminaria rodriguezii</i>	x		x		x
	<i>Phyllariopsis brevipes</i>	x	x	x		
	<i>Sargassum acinarium</i>	x				
	<i>Sargassum trichocarpum</i>	x				
	<i>Sporocchnus pedunculatus</i>	x	x	x		x
Rhodophyta	<i>Lithophyllum stictaeforme</i>	x	x			
	<i>Mesophyllum alternans</i>	x	x			
	<i>Mesophyllum expansum</i>					
	<i>Peyssonnelia</i> sp.	x	x			
PORIFERA						
	<i>Aaptos aaptos</i> *	x	x			
	<i>Aphysina aerophoba</i>		x			
	<i>Aphysina cavernicola</i>		x			
	<i>Aphysina</i> sp.	x	x			
	<i>Axinella damicornis</i>	x	x			
	<i>Axinella polypoides</i>	x	x			
	<i>Axinella verrucosa</i>	x	x			
	<i>Chondrosia reniformis</i>		x			
	<i>Crambe crambe</i>		x			
	<i>Crella pulvinar</i>	x				
	<i>Dendroxea lenis</i>	x	x			
	<i>Dictyonella</i> sp.		x			
	<i>Diplastrella bistellata</i>		x			
	<i>Geodia</i> sp.	x				
	<i>Haliclona fulva</i>		x			
	<i>Haliclona mediterranea</i>	x	x			
	<i>Haliclona mucosa</i>		x			
	<i>Haliclona</i> sp.	x	x			
	<i>Hexadella racovitzi</i>		x			
	<i>Oscarella lobularis</i>		x			
	<i>Phakellia ventralabrum</i> *	x			x	
	<i>Phorbas tenacior</i>		x			
	<i>Raspaciona aculeata</i>		x			
	<i>Spirastrella cunctatrix</i>		x			
	<i>Spongia agaricina</i>		x			

Taxa		Rocoso	Coralígeno	Detrítico biogénico	Detrítico fangoso	Surgencias de gases
CNIDARIA						
Anthozoa	<i>Balanophyllia sp.</i>		x			
	<i>Cerianthus membranaceus</i>				x	
	<i>Corallium rubrum</i>	x	x			
	<i>Parazoanthus sp.*</i>			x		
	<i>Eunicella cavolinii</i>	x	x	x		
	<i>Eunicella singularis</i>	x	x	x		
	<i>Eunicella singularis</i>				x	
	<i>Leptopsammia pruvoti</i>		x			
	<i>Paralyonium spinulosum</i>	x	x	x		
	<i>Paramuricea clavata</i>	x	x			
	<i>Parazoanthus axinellae</i>	x				
	<i>Pennatulula sp.</i>			x	x	
	<i>Veretillum cynomorium*</i>			x	x	
	<i>Polyplumaria flabellata</i>			x		
	<i>Funiculina quadrangularis</i>				x	
ECHIURA						
	<i>Bonellia viridis</i>			x	x	
ANNELIDA						
Polychaeta	<i>Sabella spallanzanii</i>	x				
	<i>Salmacina dysteri</i>		x			
CRUSTACEA						
Malacostraca	<i>Calappa granulata</i>			x		
	<i>Palinurus elephas</i>	x	x			
	<i>Munida intermedia</i>	x		x	x	
BRYOZOA						
	<i>Myriapora truncata</i>		x			
ECHINODERMATA						
Asteroidea	<i>Echinaster sepositus</i>	x	x	x		
	<i>Hacelia attenuata</i>	x				
	<i>Marthasterias glacialis</i>	x	x			
Echinoidea	<i>Echinus sp.</i>	x	x			
	<i>Sphaerechinus granularis</i>		x			
Holothuroidea	<i>Holothuria forskali</i>	x	x	x		
	<i>Holothuria tubulosa</i>				x	
	<i>Parastichopus regalis</i>				x	
Ophiuroidea	<i>Astrospartus mediterraneus</i>		x			
	<i>Ophiuroidea indet.</i>					
TUNICATA						
Ascidacea	<i>Aplidium conicum</i>		x			
	<i>Cystodytes dellechiaiei</i>		x			
	<i>Halocynthia papillosa</i>	x	x			
PISCES						
Chondrichthyes	<i>Scyliorhinus canicula</i>				x	
Osteichthyes	<i>Anthia antias</i>	x	x			
	<i>Boops boops</i>					
	<i>Chromis chromis</i>		x			
	<i>Coris julis</i>	x	x			
	<i>Dentex dentex</i>					
	<i>Diplodus vulgaris</i>	x	x			
	<i>Epinephelus caninus</i>		x			
	<i>Epinephelus marginatus</i>	x	x			
	<i>Gymnammodytes cicerellus</i>					
	<i>Gobius kolombatovici</i>		x			
	<i>Labrus mixtus</i>	x	x			

Taxa	Rocoso	Coralígeno	Detrítico biogénico	Detrítico fangoso	Surgencias de gases
<i>Mola mola</i>		x			
<i>Mullus surmuletus</i>			x		
<i>Muraena belena</i>	x	x			
<i>Sciaena umbra</i>	x	x			
<i>Scorpaena scrofa</i>	x	x			
<i>Seriola dumerili</i>					
<i>Serranus cabrilla</i>	x	x			
<i>Sphyaena sphyraena</i>			x		
<i>Spicara maena</i>					
<i>Spondylosoma cantharus</i>	x	x			
<i>Symphodus sp.</i>					
<i>Trisopterus minutus</i>					
<i>Zeus faber</i>	x	x			

Esta tabla no representa una lista exhaustiva de todas las especies que hay en la zona sino las más representativas y que han podido ser identificadas mediante el análisis de imágenes por video. Algunas de las especies no han podido ser identificadas después de ser examinadas por diferentes especialistas (algunas de ellas aparecen en la lista con un asterisco). Será necesaria la recolección de diversos individuos para garantizar su correcta identificación. Algunos ejemplos de especies pendientes de identificar son las siguientes:



Parazoanthus sp.



Aiptos aiptos



Esponja sin identificar

ANEXO III

Mapas de distribución de los hábitats marinos descritos en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y los bajos adyacentes

A continuación se presentan los mapas con la estimación de la distribución de los hábitats marinos observados durante la campaña con ROV, realizados a partir de la extrapolación de las observaciones realizadas en los distintos transectos que cruzaban los diferentes bajos.

Mapa 1. El Carallot

Mapa 2. Casernes de Fora

Mapa 3. Casernes de Dins

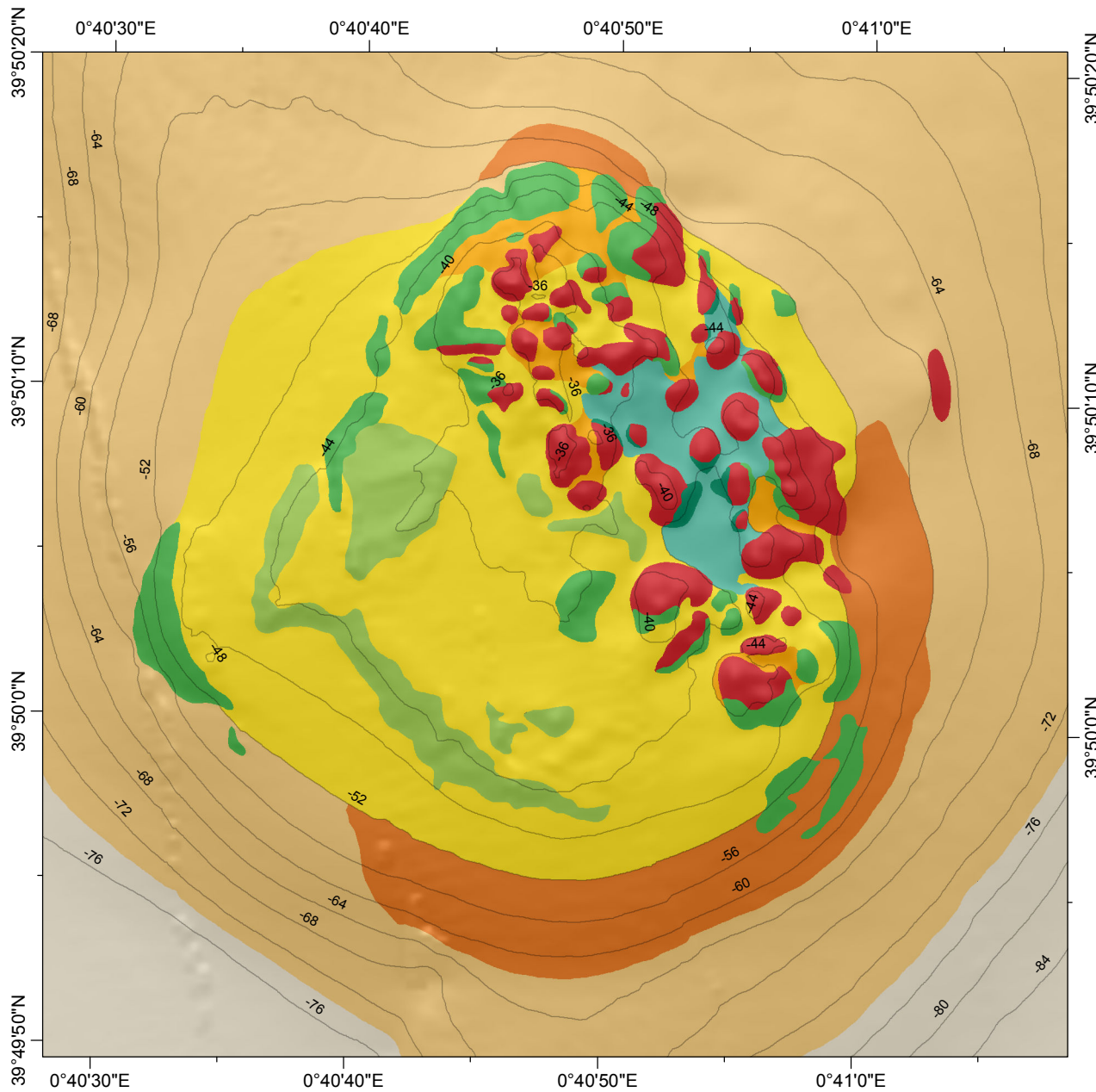
Mapa 4. Murall de la Dent

Mapa 5. La Calç

Mapa 6. La Foradada

Mapa 7. Murall del Cementeri

Mapa 8. Colada de Lava Norte



RESERVA MARINA DE LAS ISLAS COLUMBRETES

DISTRIBUCIÓN DE HÁBITATS MARINOS

Zona: El Carallot

Hàbitats

- Roca circalitoral dominada por fucales
- Roca circalitoral dominada por laminariales
- Coralígeno con dominancia de algas
- Coralígeno con dominancia de invertebrados
- Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales
- Fondos de cascajo biógenos
- Fondos de maèrl/rodolitos
- Fondos de rodolitos y cascajo dominados por invertebrados
- Fondos de cascajo con *Arthrocladia villosa* y *Sporochnus pedunculatus*
- Fondos detríticos biógenos con *Laminaria rodriguezii*

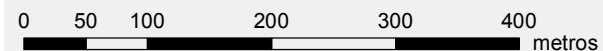
LIFE+ INDEMARES LIFE07/NAT/E/000732

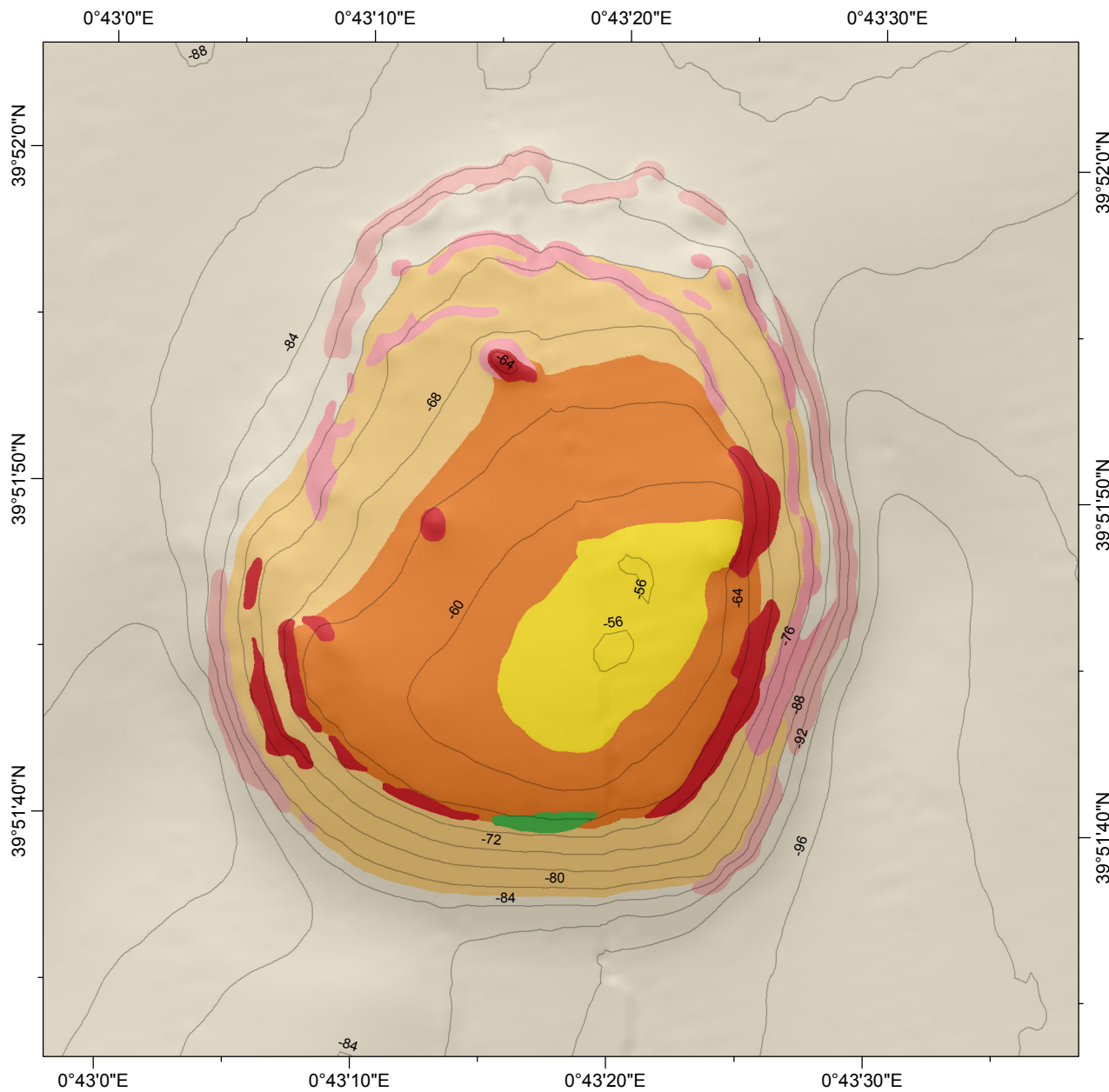
Batimetría: Secretaría General del Mar

UTM 31N - WGS-84

Proyección Transversal de Mercator

Datum WGS-84





RESERVA MARINA DE LAS ISLAS COLUMBRETES

DISTRIBUCIÓN DE HÁBITATS MARINOS

Zona: Casernes de Fora

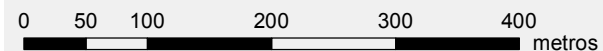
Hábitats

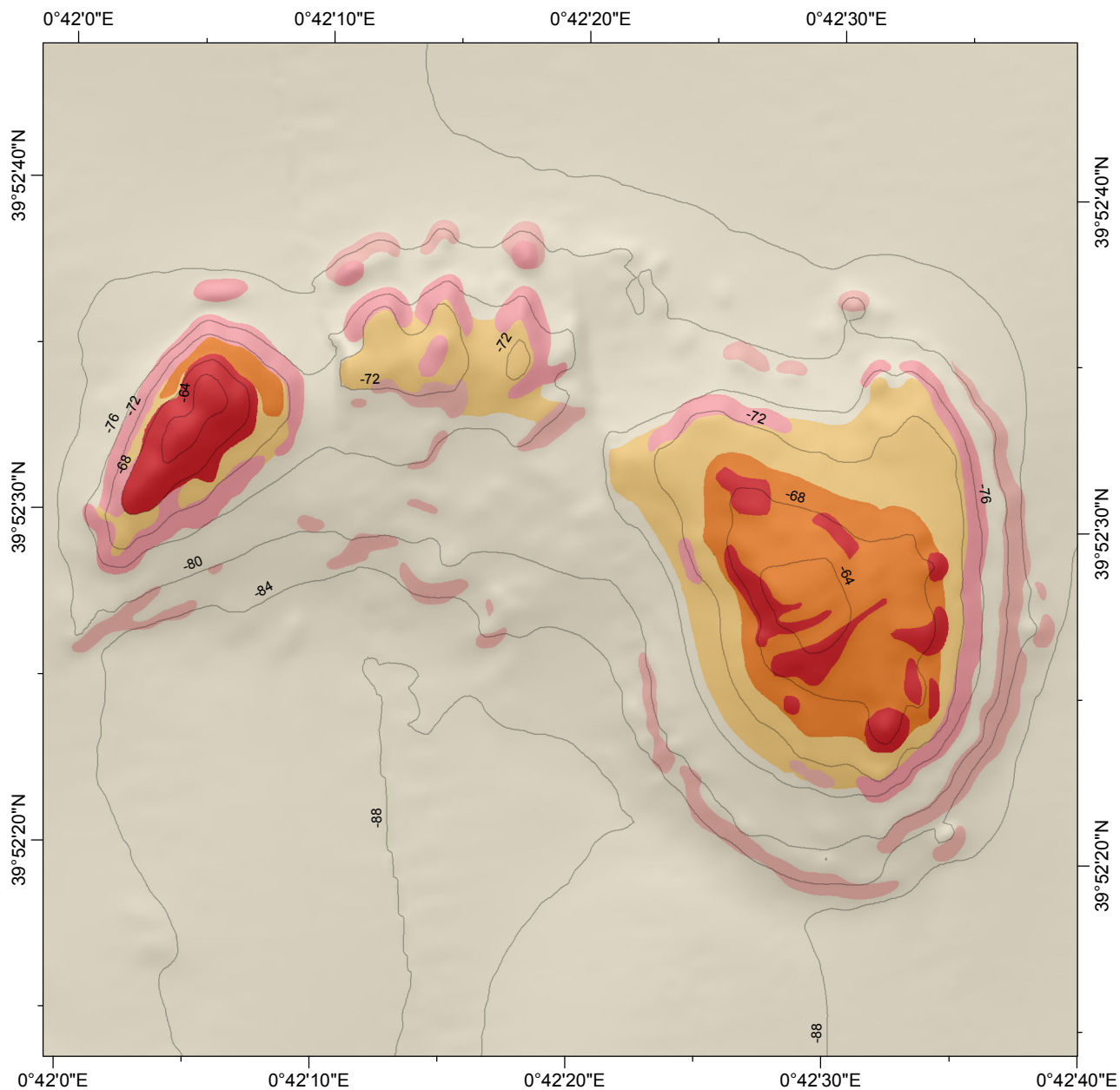
- Coralígeno con dominancia de algas
- Coralígeno con dominancia de invertebrados
- Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados
- Roca circalitoral colmatada por sedimentos
- Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales
- Fondos de cascajo biógenos
- Fondos de rodolitos y cascajo dominados por invertebrados
- Fondos de cascajo con *Arthrocladia villosa* y *Sporochnus pedunculatus*

LIFE+ INDEMARES LIFE07/NAT/E/000732

Batimetría: Secretaría General del Mar

UTM 31N - WGS-84
Proyección Transversal de Mercator
Datum WGS-84





RESERVA MARINA DE LAS ISLAS COLUMBRETES

DISTRIBUCIÓN DE HÁBITATS MARINOS

Zona: Casernes de Dins

Hábitats

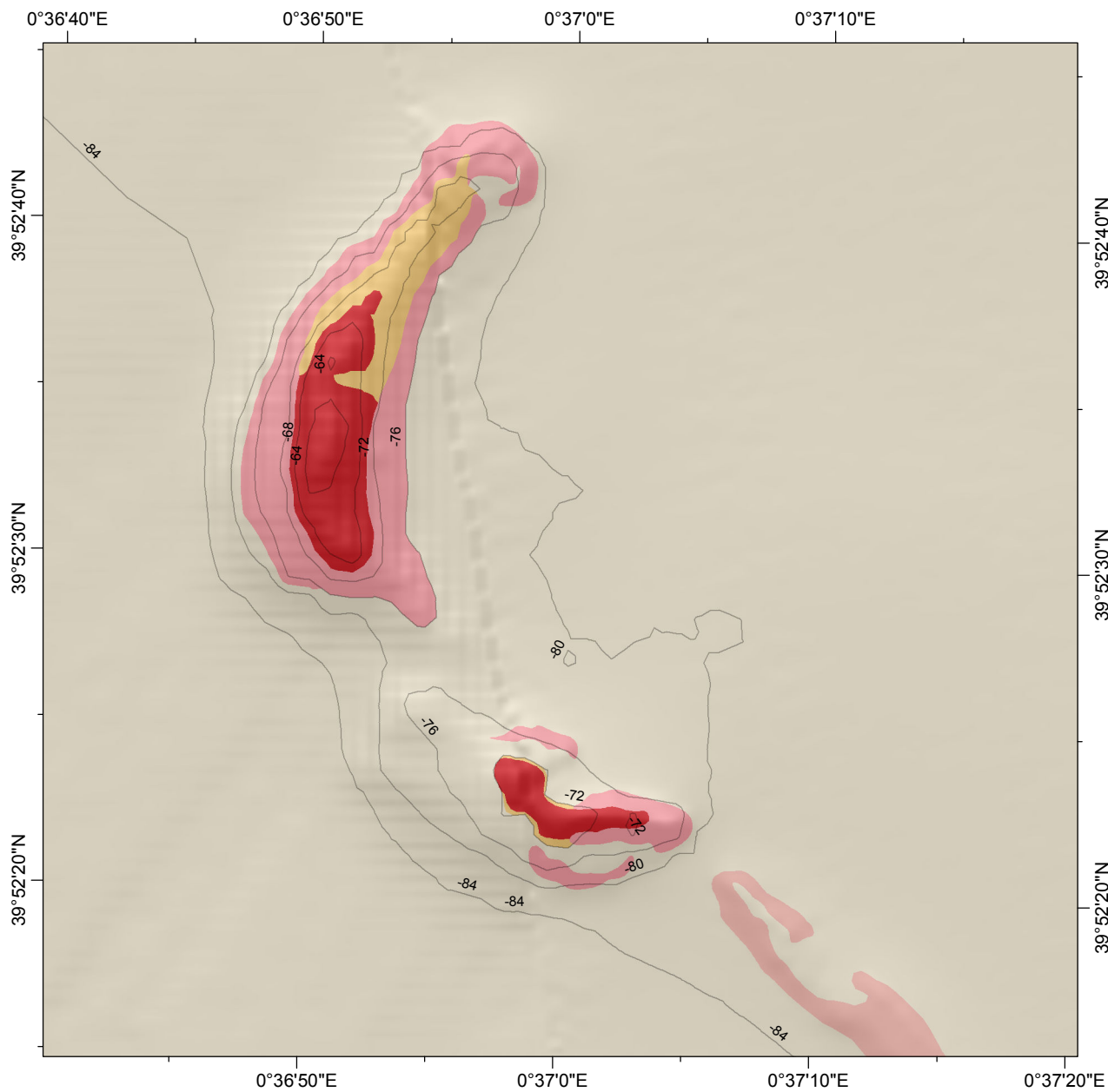
- Coralígeno con dominancia de invertebrados
- Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados
- Roca circalitoral colmatada por sedimentos
- Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales
- Fondos de cascajo biógenos
- Fondos de rodolitos y cascajo dominados por invertebrados

LIFE+ INDEMARES LIFE07/NAT/E/000732

Batimetría: Secretaría General del Mar

UTM 31N - WGS-84
Proyección Transversal de Mercator
Datum WGS-84





RESERVA MARINA DE LAS ISLAS COLUMBRETES

DISTRIBUCIÓN DE HÁBITATS MARINOS

Zona: Murall de la Dent

Hàbitats

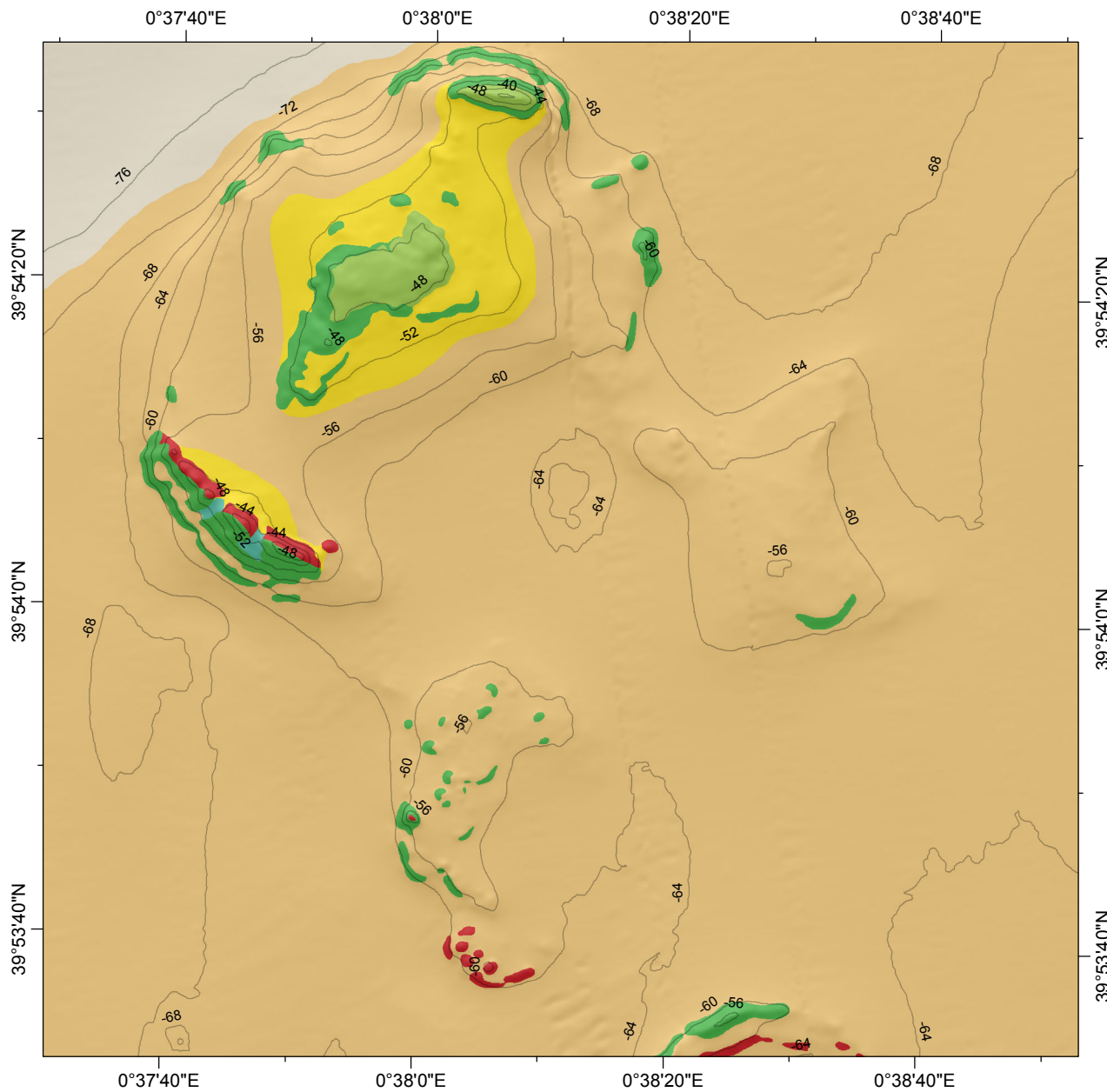
- Coralígeno con dominancia de invertebrados
- Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados
- Roca circalitoral colmatada por sedimentos
- Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales
- Fondos de cascajo biógenos

LIFE+ INDEMARES LIFE07/NAT/E/000732
 Batimetría: Secretaría General del Mar

UTM 31N - WGS-84
 Proyección Transversal de Mercator
 Datum WGS-84

N

0 50 100 200 300 400 metros



RESERVA MARINA DE LAS ISLAS COLUMBRETES

DISTRIBUCIÓN DE HÁBITATS MARINOS

Zona: La Calç

Hábitats

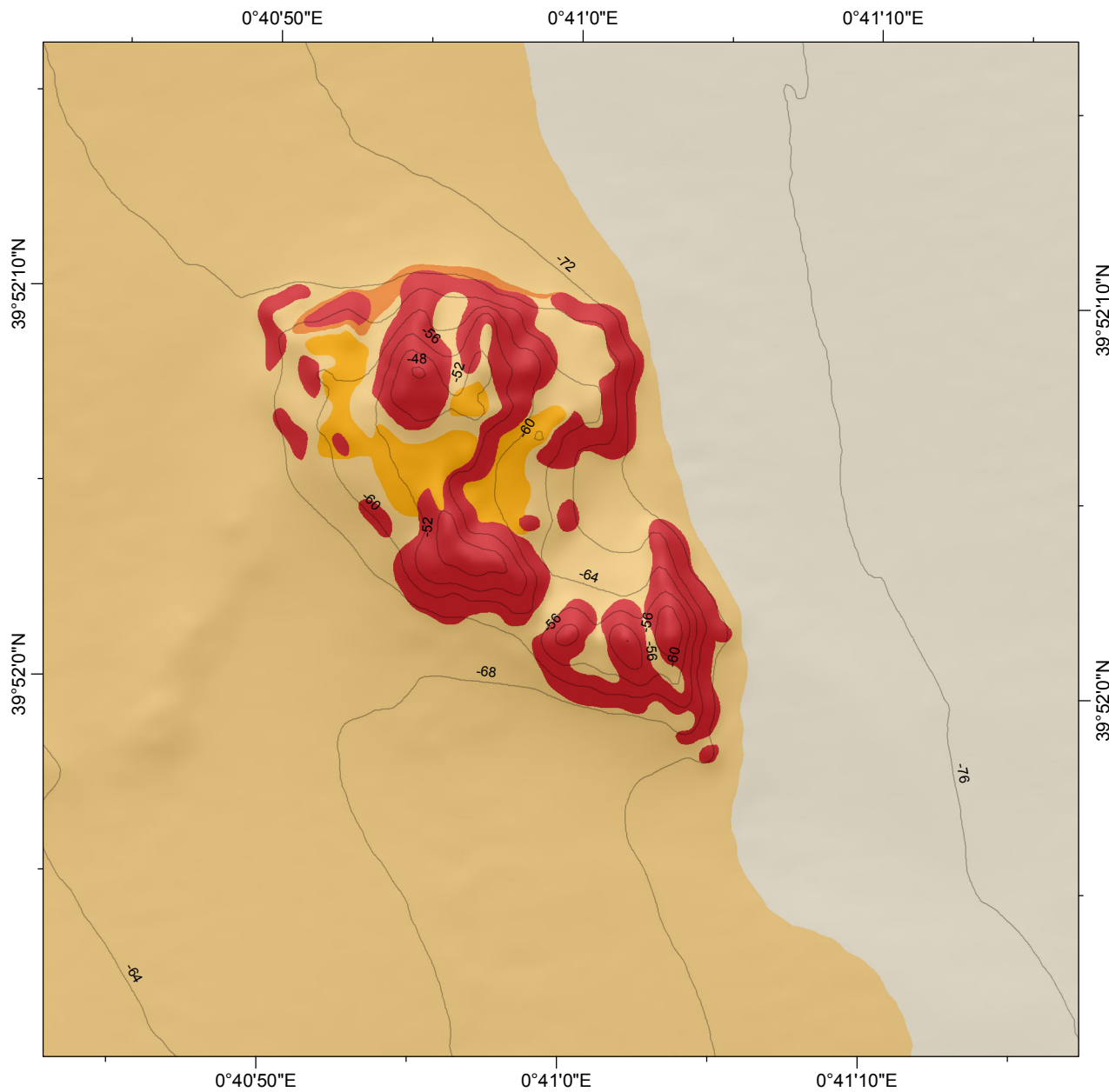
- Roca circalitoral dominada por fucales
- Coralígeno con dominancia de algas
- Coralígeno con dominancia de invertebrados
- Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales
- Fondos de cascajo biógenos
- Fondos de cascajo con *Arthrocladia villosa* y *Sporochnus pedunculatus*
- Fondos detríticos biógenos con *Laminaria rodriguezii*

LIFE+ INDEMARES LIFE07/NAT/E/000732
 Batimetría: Secretaría General del Mar

UTM 31N - WGS-84
 Proyección Transversal de Mercator
 Datum WGS-84

N

0 100 200 400 600 800 metros



RESERVA MARINA DE LAS ISLAS COLUMBRETES

DISTRIBUCIÓN DE HÁBITATS MARINOS

Zona: La Foradada

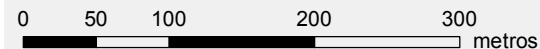
Hábitats

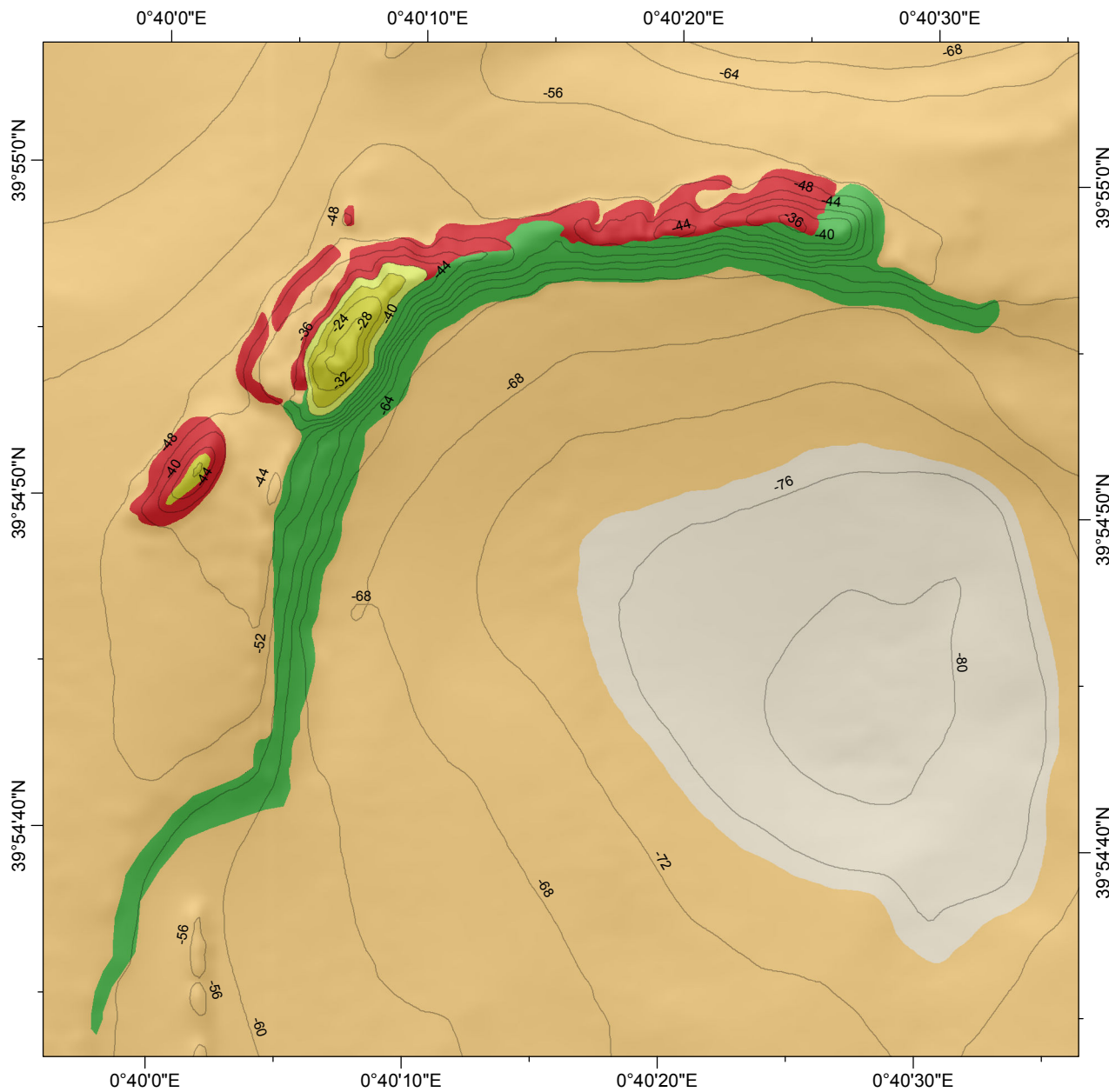
- Coralígeno con dominancia de invertebrados
- Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales
- Fondos de cascajo biógenos
- Fondos de maerl/rodolitos
- Fondos de rodolitos y cascajo dominados por invertebrados

LIFE+ INDEMARES LIFE07/NAT/E/000732

Batimetría: Secretaría General del Mar

UTM 31N - WGS-84
Proyección Transversal de Mercator
Datum WGS-84





RESERVA MARINA DE LAS ISLAS COLUMBRETES

DISTRIBUCIÓN DE HÁBITATS MARINOS

Zona: Murall del Cementeri

Hàbitats

- Roca infralitoral medianamente iluminada, con fucales
- Roca infralitoral medianamente iluminada, sin fucales
- Coralígeno con dominancia de algas
- Coralígeno con dominancia de invertebrados
- Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales
- Fondos de cascajo biógenos

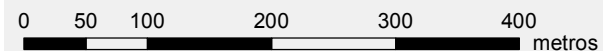
LIFE+ INDEMARES LIFE07/NAT/E/000732

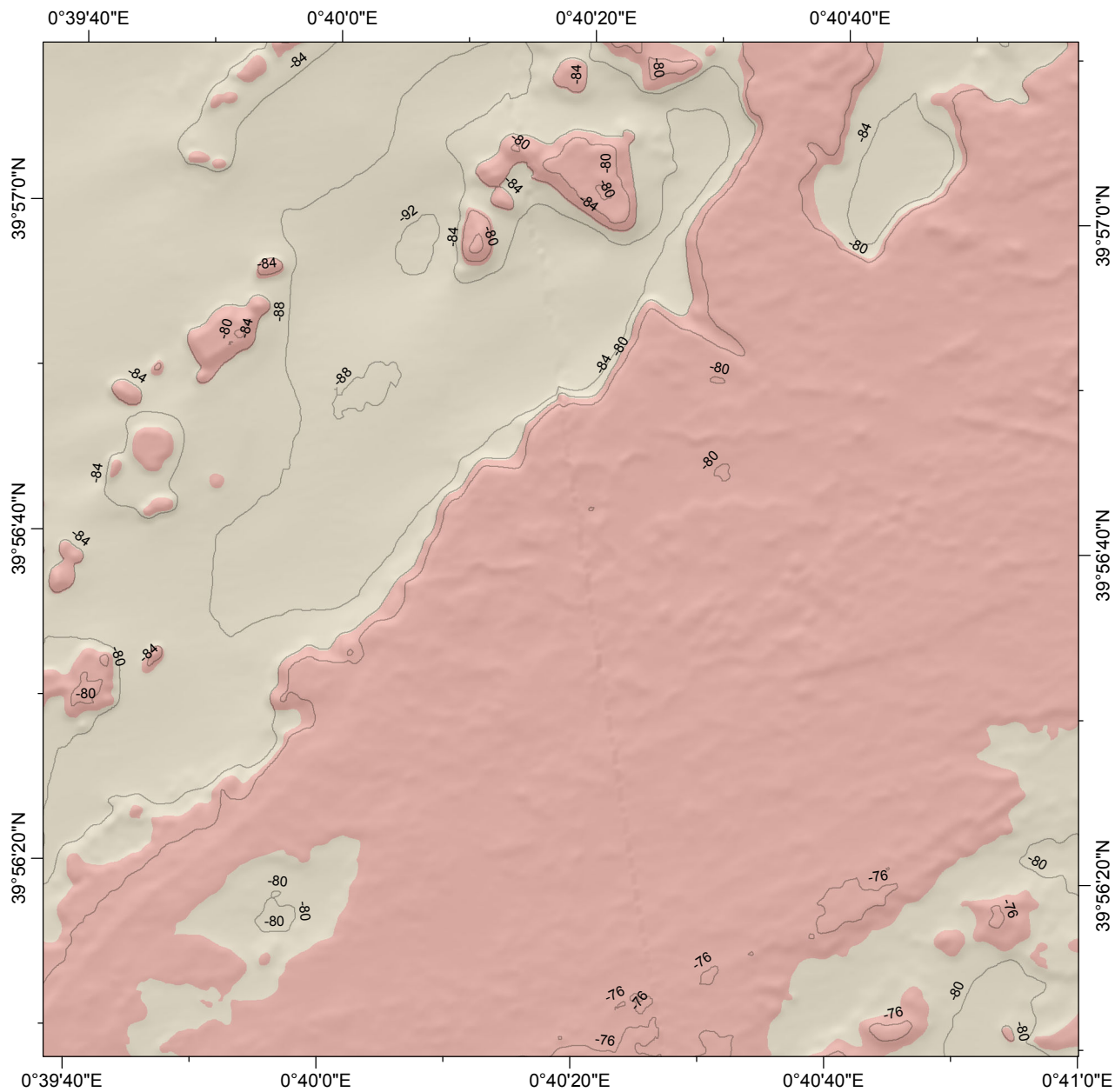
Batimetría: Secretaría General del Mar

UTM 31N - WGS-84

Proyección Transversal de Mercator

Datum WGS-84






RESERVA MARINA DE LAS ISLAS COLUMBRETES

DISTRIBUCIÓN DE HÁBITATS MARINOS

Zona: Colada de Lava Norte

Hábitats

- Roca circalitoral colmatada por sedimentos
- Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales

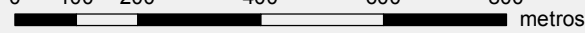


N

LIFE+ INDEMARES LIFE07/NAT/E/000732
 Batimetría: Secretaría General del Mar

UTM 31N - WGS-84
 Proyección Transversal de Mercator
 Datum WGS-84

0 100 200 400 600 800 metros



ANEXO IV

Listado de especies identificadas en las comunidades asociadas y no asociadas a surgencias de gas en el bajo del Carallot

Tabla con el listado de especies identificadas en las muestras tomadas tanto en la zona bajo la influencia de surgencias de gases como en la zona exterior durante la campaña de junio de 2012. Mediante una cruz se expresa la presencia de cada especie en cada uno de los dos ambientes.

Abreviaciones: C: clorofícea; Cc: clorofícea calcárea; P: feofícea; R: rodofícea; Rc: rodofícea calcárea; TUN: tunicado; POR: porífero; BRY: briozoo; BRYc: briozoo calcáreo; CNI: cnidario.

Grupo	Especie	Con surgencias	Sin surgencias
P	<i>Acinetospora crinita</i>	x	x
R	<i>Acrosorium ciliolatum</i>	x	
R	<i>Aglaothamnion byssoides</i>	x	
Rc	<i>Amphiroa rubra</i>		x
R	<i>Apoglossum ruscifolium</i>	x	
P	<i>Arthrocladia villosa</i>	x	
P	<i>Asperococcus ensiformis</i>	x	
POR	<i>Axinella damicornis</i>	x	
R	<i>Balliella cladoderma</i>	x	
R	<i>Bonnemaisonia clavata</i>	x	
R	<i>Botryocladia chiajeana</i>	x	
R	<i>Botryocladia madagascariensis</i>	x	
BRYc	Bryozoa unidentified		x
BRY	<i>Bugula</i> sp.		x
BRYc	<i>Caberea boryi</i>		x
POR	<i>Cacospongia mollior</i>		x
R	<i>Calliblepharis jubata</i>	x	
R	<i>Callophyllis laciniata</i>	x	
P	<i>Carpomitra costata</i>	x	
BRYc	<i>Cellaria salicornioides</i>		x
R	Ceramiaceae unidentified	x	
R	<i>Ceramium bertholdii</i>	x	
POR	<i>Chondrosia reniformis</i>		x
R	<i>Chrysmenia ventricosa</i>	x	x
R	<i>Chylocladia verticillata</i>	x	
C	<i>Cladophora butchinsiae</i>	x	
C	<i>Cladophora pellucida</i>	x	
C	<i>Codium bursa</i>		x
C	<i>Codium decortcatum</i>	x	
POR	<i>Crambe crambe</i>		x
POR	<i>Crambe taillezii</i>		x
POR	<i>Crella</i> sp.	x	
BRY	<i>Crisia</i> sp.		x
R	<i>Cryptonemia lomation</i>	x	
R	<i>Cryptonemia tunaeformis</i>	x	
P	<i>Cutleria chilosa</i> (<i>Aglaozonia</i> -stadio)	x	x
P	<i>Cutleria monoica</i>	x	x
P	<i>Cystoseira spinosa</i>	x	x
P	<i>Cystoseira zosteroides</i>	x	x
C	Derbesiales unidentified	x	

Grupo	Especie	Con surgencias	Sin surgencias
P	<i>Dictyota</i> sp.	x	x
R	<i>Dudrenaya verticillata</i>		x
P	<i>Elachista neglecta</i>		x
CNI	<i>Eunicella singularis</i>		x
C	<i>Flabellia petiolata</i>	x	x
R	<i>Gloiocladia furcata</i>	x	
R	<i>Gloiocladia microspora</i>	x	
R	<i>Griffithsia genovefae</i>	x	
R	<i>Griffithsia opuntioides</i>	x	
R	<i>Griffithsia</i> sp.	x	
R	<i>Haematocelis rubens?</i>	x	
C	<i>Halicystis parvula</i>	x	
Cc	<i>Halimeda tuna</i>		x
P	<i>Halopteris filicina</i>	x	x
R	<i>Halymenia elongata</i>	x	
R	<i>Haraldia lenormandii</i>	x	
POR	<i>Hemimyscale columella</i>	x	x
POR	<i>Hexadella racovitzai</i>		x
P	<i>Hincksia</i> sp. (cf. <i>mitchelliae</i>)	x	
POR	<i>Ircinia oros</i>	x	
POR	<i>Ircinia variabilis</i>	x	x
R	<i>Irvinea boergesenii</i>	x	
R	<i>Kallymenia feldmanni</i>	x	
R	<i>Kallymenia patens</i>	x	x
R	<i>Kallymenia requienii</i>	x	
R	<i>Kallymenia spatulata</i>	x	
P	<i>Laminaria rodriguezii</i>	x	
R	<i>Laurencia</i> sp.	x	
P	<i>Leathesia mucosa</i>		x
R	<i>Leptofanchoa coralligena</i>	x	
Rc	<i>Lithophyllum stictaeforme</i>		x
Rc	<i>Lithothamnion coralloides</i>		x
Rc	<i>Lithothamnion valens</i>		x
R	<i>Lomentaria</i> cf. <i>subdichotoma</i>	x	
R	<i>Lomentaria chylodactella</i>	x	
R	<i>Lomentaria ercegovicii</i>	x	
R	<i>Meredithia microphylla</i>	x	
Rc	<i>Mesophyllum alternans</i>	x	x
Rc	<i>Mesophyllum expansum</i>		x
BRY	<i>Mimosella gracilis</i>	x	
BRY	<i>Mimosella verticillata</i>	x	
P	<i>Myriactula</i> cf. <i>adriatica</i>		x
BRYc	<i>Myriapora truncata</i>	x	x
R	<i>Myriogramme tristromatica</i>	x	
P	<i>Myriotrichia adriatica</i>		x
Rc	<i>Neogoniolithon mammosum</i>		x
R	<i>Neomonospora pedicellata tenuis</i>	x	
R	<i>Neurocaulon foliosum</i>	x	
R	<i>Nitbophyllum flabellatum</i>	x	
R	<i>Nitbophyllum punctatum</i>	x	
R	<i>Osmundea pelagosae</i>	x	
CNI	<i>Paraerythropodium coralloides</i>	x	
CNI	<i>Parazoanthus axinellae</i>	x	
BRYc	<i>Pentapora fascialis</i>		x
R	<i>Peyssonnelia</i> cf. <i>dubyi</i>		x
R	<i>Peyssonnelia crispata</i>	x	x
R	<i>Peyssonnelia harveyana</i>		x
R	<i>Peyssonnelia inamoena</i>		x

Grupo	Especie	Con surgencias	Sin surgencias
Rc	<i>Peyssonnelia rosa marina</i>	x	x
R	<i>Peyssonnelia squamaria</i>	x	
BRY	<i>Pherusella tubulosa</i>	x	
P	<i>Phyllariopsis brevipes</i>		x
R	<i>Phyllophora crispa</i>	x	
Rc	<i>Phymatolithon calcareum</i>		x
R	<i>Plocamium cartilagineum</i>	x	
R	<i>Polysiphonia elongella</i>	x	
R	<i>Polysiphonia flocculosa</i>	x	
R	<i>Polysiphonia subulifera</i>	x	
BRYc	<i>Porella cervicornis</i>		x
POR	Porifera unidentified	x	x
C	<i>Pseudochlorodesmis furcellata</i>		x
R	<i>Pterothamnion crispum</i>	x	
TUN	<i>Pycnoclavella</i> sp. (orange)	x	
BRYc	<i>Reteporella</i> sp.	x	x
R	<i>Rhodophyllis divaricata</i>	x	
R	<i>Rhodophyllis strafforelloi</i>	x	
R	<i>Rhodymenia</i> sp. tesi Kike?	x	
R	<i>Rodriguezella pinnata</i>	x	
BRY	<i>Savigniella lafontii</i>	x	
R	<i>Sebdenia rodrigueziana</i>		x
P	<i>Spermatochmus paradoxus</i>	x	x
R	<i>Spermothamnion</i> cf. <i>flabellatum-jobannis</i>	x	x
P	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	x	
P	<i>Sphacelaria plumula</i>	x	
R	<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	x	
POR	<i>Spirastrella cunctatrix</i>	x	
POR	<i>Spongia virgulosa</i>	x	
Rc	<i>Spongites fruticulosa</i>		x
P	<i>Stictyosiphon adriaticus</i>	x	
TUN	Tunicata 2	x	
TUN	Tunicata 1	x	
BRYc	<i>Turbicellepora avicularis</i>		x
C	<i>Valonia macrophysa</i>	x	x
P	<i>Zanardinia typus</i>	x	x

ANEXO V

Propuesta de ampliación de la zona LIC Islas Columbretes

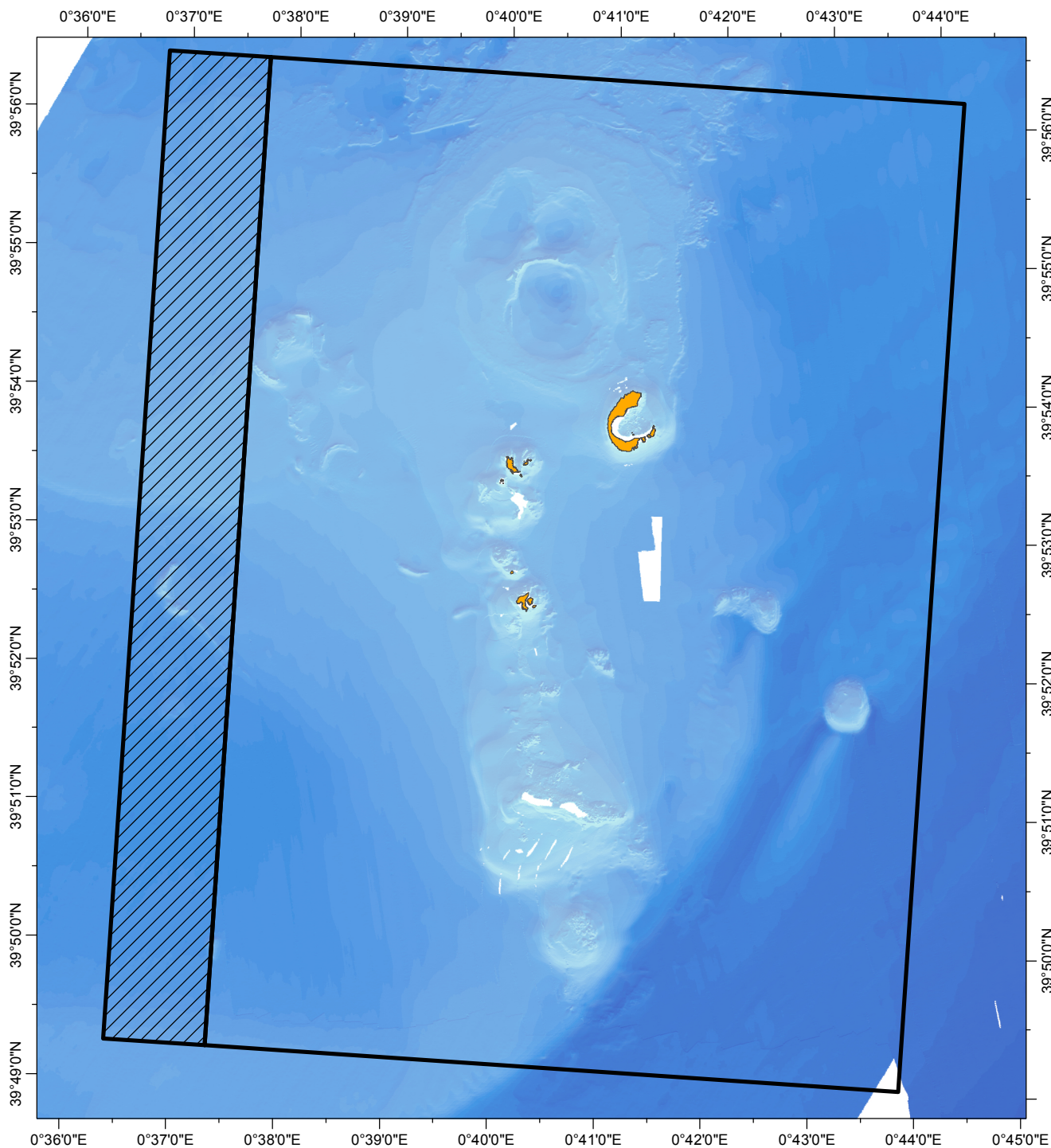
A continuación se presentan los mapas con las propuestas del grupo investigador para la ampliación de la zona LIC de las Islas Columbretes (código ES0000061 de la Red Natura 2000).

Mapa 1. Propuesta 1. Ampliación de todo el límite actual de la zona lic hacia el oeste.



Mapa 2. Propuesta 2. Ampliación de la zona LIC abarcando únicamente el bajo del Murall de la Dent

RESERVA MARINA DE LAS ISLAS COLUMBRETES

PROPUESTA DE AMPLIACIÓN 1 ZONA LIC COLUMBRETES (ES0000061)



Leyenda

-  Límite LIC actual
-  Propuesta de ampliación



LIFE+ INDEMARES LIFE07/NAT/E/000732

Batimetría: Secretaría General del Mar

UTM 31N - WGS-84

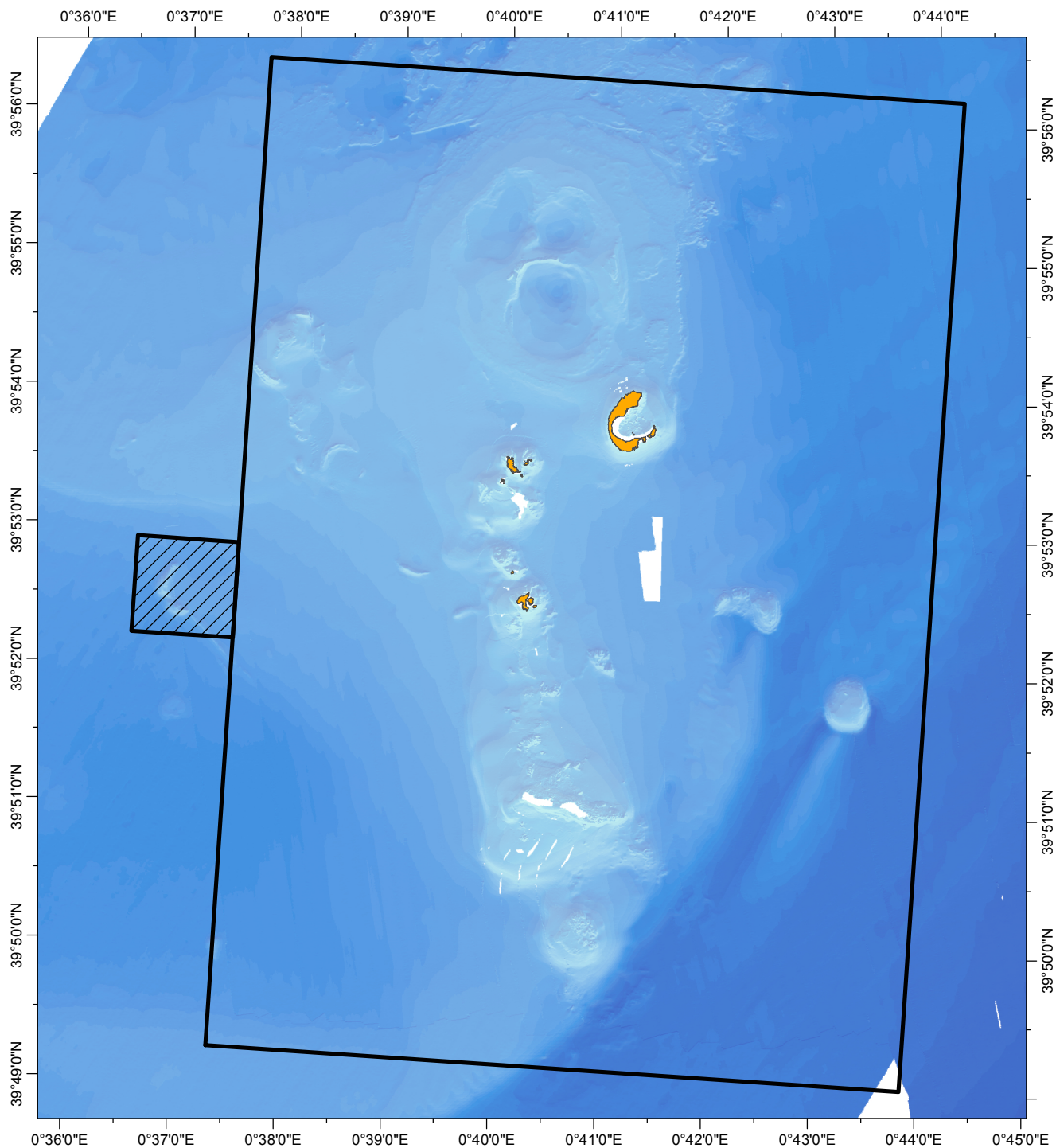
Proyección Transversal de Mercator

Datum WGS-84



0 500 1.000 2.000 3.000 4.000 5.000 metros

RESERVA MARINA DE LAS ISLAS COLUMBRETES

PROPUESTA DE AMPLIACIÓN 2 ZONA LIC COLUMBRETES (ES0000061)



Leyenda

-  Límite LIC actual
-  Propuesta de ampliación



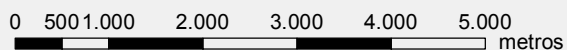
LIFE+ INDEMARES LIFE07/NAT/E/000732

Batimetría: Secretaría General del Mar

UTM 31N - WGS-84

Proyección Transversal de Mercator

Datum WGS-84



ANEXO VI

Publicaciones científicas y de divulgación realizadas en el marco de INDEMARES

Laura Navarro, Eneko Aspillaga, Diego K. Kersting, Bernat Hereu, Núria Teixidó, Enric Ballesteros, Emma Cebrián, Joaquim Garrabou, David Díaz, David Amblàs, Miquel Canals, Cristina Linares. *Characterization and diagnosis of the conservation status of deep communities dominated by long-lived and structural species in the Columbretes Marine Reserve Islands and its surroundings*. SIEBM, Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina, Donostia, España, 11-14 septiembre 2012.

