

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Departamento de Biología de Organismos y Sistemas

Programa de Doctorado: “Recursos Biológicos y Biodiversidad”

**“Corales de aguas frías: Estudio taxonómico y ecológico  
en Ecosistemas  
Marinos Vulnerables (EMVs) del Atlántico  
sudoccidental”.**

**“ Cold-water corals: Taxonomic and ecological study on  
Vulnerable Marine Ecosystems (VMEs) in the  
Southwestern Atlantic.”**

**TESIS DOCTORAL**

Virginia Polonio Povedano

Oviedo 2014

## RESUMEN (en Inglés)

In this thesis the species of macroinvertebrates in the Southwestern Atlantic are studied. The samples were obtained from the project ATLANTIS during the expeditions carried out in the Patagonian region; expeditions called Atlantis and Patagonia were realized. The first method used on the expedition was Lofoten trawl and the second one rock dredge.

The macroinvertebrates specimens were studied until the lowest possible taxonomic level, the abundance and distribution of these species were estimated, more specifically studied three groups of coral known as " framework -forming corals "; Order Scleractinia, Primnoidae family and Stylasteridae family.

The structure of the benthic community and the state of these communities were studied, in order to propose future measures to protect Vulnerable Marine Ecosystems (EMVs) present in the area of study following the OSPAR and NAFO criteria.

Closely to 2000 specimens were identified including 13 new coral species for science, 4 species of Scleractinia were described; *S. australis*, *F. cinctutum*, *J. cristata* and *C. Coronula*; 5 species of Primnoidae ; *T. pulchra* , *T. patagonica* , *T. cairnsi* , *T. nacaseri* and *T. anatinus*; and 4 species of Stylasteridae; *Adelopora n.sp* , *Errina n.sp* , *Inferiolabiata n.sp* and *Lepidotheca n.sp*.

Several new biogeographical and bathymetric records were described.

Behaviour of these corals was studied in the study area and their distribution patterns were described, revealing the role of *B. candida* as framework-forming coral, not considered until now due to the few knowledge of the existence of this coral in the area.

The differences by bathymetric ranges of these groups of corals were analysed, showing preference for the deepest ranges, between 700-1200 m of depth. The taxonomic composition between shallowest and deepest ranges showed significant

differences.

The depths between 1000-1500 m were the areas that showed higher levels of diversity and abundance.

Furthermore, the distribution of these bioconstructors corals over 7 canyons existing in the study area was studied. The results showed that the areas of canyons were more diverse than the areas that were located outside of these canyons.

The Atlantis expeditions made with Lofoten trawl were studied to the taxonomic level of family, A total of 11104 specimens were identified including 204 families, but only 54 families showed presence of at least 10% of the total trawls carried out (341). Expedition conducted during 2008 and 2009 showed differences in taxonomic composition regarding the expedition realized in 2010.

Surveys carried in funds with predominantly sandy sediments showed taxonomic differences in regard to the samplings on hard bottoms.

Studies to determine Vulnerable Marine Ecosystems (VMEs) determined that there are, at least, seven areas to be protected because the presence of these organisms exceeded the amounts established by NAFO and OSPAR criteria for declaring an ecosystem as vulnerable. These areas were distributed throughout the study area but were concentrated mostly in the middle slope, which was also presenting the greatest abundance and diversity of cold-water corals.

**SR. DIRECTOR DE DEPARTAMENTO DE \_\_\_\_\_/SR.  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN**

\_\_\_\_\_

## INDICE

|   |     |
|---|-----|
| Agradecimientos   | I   |
| Resumen   | I   |
| Abstract  | III |
| Capítulo 1. Introducción  | 1   |
| 1.1. Filogenia y Sistemática. Características generales del Filo Cnidaria   | 1   |
| 1.2. Características anatómicas de los Ordenes Scleractinia y Alcyonacea (Cnidaria, Anthozoa) y Familia Sylasteridae (Cnidaria, Hidrozoa) | 6   |
| 1.2.1. Scleractinia Bourne, 1900  | 6   |
| 1.2.2. Alcyonacea: Familia Primnoidae Milde Edwards, 1857   | 7   |
| 1.2.3. Hidrozoa: Familia Stylasteridae Gray, 1847   | 7   |
| Capítulo 2. Antecedentes y estado actual  | 9   |
| Capítulo 3. Objetivos y problemas planteados  | 12  |
| 3.1. Definición de Ecosistemas Marinos Vulnerables  | 12  |
| 3.2. Estudio de los EMVs e interacciones con las actividades pesqueras  | 16  |
| 3.3. Objetivos de las campañas de investigación   | 17  |
| 3.4. Objetivos de la presente memoria   | 20  |
| Capítulo 4. Área de estudio   | 22  |
| 4.1. Características ecológicas de la zona de estudio   | 22  |
| 4.2. Geología y Geomorfología   | 23  |
| 4.3. Hidrografía  | 25  |
| 4.4. Zonas de pesca   | 29  |
| 4.5. Especies objetivo  | 31  |
| 4.6. Huella de la pesquería   | 32  |
| Capítulo 5. Material y Métodos  | 34  |
| 5.1. Material   | 34  |
| 5.2. Métodos  | 35  |
| 5.2.1. Geomorfología  | 35  |
| 5.2.1.1 Sistema de Navegación y Posicionamiento   | 35  |
| 5.2.1.2 Posicionamiento Dinámico SDP10  | 36  |
| 5.2.1.3 Sistema de integración de datos   | 37  |
| 5.2.1.4 Ecosonda Monohaz EA 600   | 37  |
| 5.2.1.5 Ecosonda Multihaz EM-302  | 38  |
| 5.2.1.6 Sistema de ecosonda paramétrica TOPAS PS 18   | 39  |
| 5.2.1.7 Unidad de sincronización acústica   | 40  |
| 5.2.1.8 Sensor de Velocidad de Sonido SV Plus   | 40  |
| 5.2.2. Bentos   | 41  |
| 5.2.2.1 Draga Megabox Corer   | 41  |
| 5.2.2.2 Draga de Roca   | 45  |

|                        |  |     |
|------------------------|--|-----|
| 5.2.2.3                | Unidad de Inspección Remota Submarina (ROV)  | 48  |
| 5.2.2.4                | Cámara digital submarina   | 51  |
| 5.2.3.                 | Pesca  | 54  |
| 5.2.3.1.               | Arte de arrastre LOFOTEN   | 55  |
| 5.2.4.                 | Variables ambientales  | 61  |
| 5.2.4.1.               | CTD  | 61  |
| 5.2.4.2.               | Colector de sedimentos   | 63  |
| 5.2.5.                 | Metodología para la realización de los mapas EMVs  | 63  |
| 5.2.6.                 | Métodos de laboratorio   | 65  |
| 5.2.6.1                | Técnicas taxonómicas   | 65  |
| 5.2.6.1.1              | Scleractinia   | 66  |
| 5.2.6.1.2.             | Primnoidae   | 67  |
| 5.2.6.1.3.             | Stylasteridae  | 68  |
| 5.2.7.                 | Análisis estadísticos  | 69  |
| Capítulo 6. Resultados |  | 73  |
| 6.1.                   | Estudio Sistemático  | 73  |
| 6.1.1.                 | Introducción   | 73  |
| 6.1.2.                 | Estudio taxonómico del orden Scleractinia y patrones generales de distribución   | 74  |
| 6.1.3.                 | Estudio taxonómico de la familia Primnoidae y patrones generales de distribución   | 78  |
| 6.1.4.                 | Estudio taxonómico de la familia Stylasteridae y patrones generales de distribución  | 83  |
| 6.1.5.                 | Discusión  | 88  |
| 6.2.                   | Estudio ecológico de las comunidades de corales bioconstructores "framework-forming corals"                                    | 89  |
| 6.2.1.                 | Distribución de las especies de corales duros (Scleractinia) por rangos batimétricos y dominios fisiográficos                  | 89  |
| 6.2.1.1                | Índices de diversidad  | 95  |
| 6.2.2.                 | Distribución de las especies de corales blandos (Primnoidae) por rangos batimétricos y dominios fisiográficos                  | 97  |
| 6.2.2.1                | Índices de diversidad  | 105 |
| 6.2.3.                 | Distribución de las especies de hidrocorales (Stylasteridae) por rangos batimétricos y dominios fisiográficos                  | 106 |
| 6.2.3.1                | Índices de diversidad  | 114 |
| 6.2.4.                 | Discusión  | 115 |
| 6.3                    | Características geomorfológicas de los cañones presentes en el área de estudio   | 123 |
| 6.3.1.                 | Distribución de las tres especies de corales formadores de arrecifes en los diferentes cañones presentes en el área de estudio | 125 |

|   |     |
|---|-----|
| 6.3.2. Diversidad de los corales en el área de estudio:<br>Cañón versus no cañón                              | 129 |
| 6.3.3. Discusión  | 131 |
| 6.4. Estudio de las comunidades macrobentónicas y las posibles<br>interacciones con las actividades pesqueras | 133 |
| 6.4.1. Campañas ATLANTIS  | 133 |
| 6.4.2. Distribuciones y diversidad de los principales grupos<br>de bentos durante las campañas ATLANTIS       | 136 |
| 6.4.3. Determinación de EMVs según valores de los<br>principales grupos de bentos considerados indicadores    | 139 |
| 6.4.4. Discusión  | 150 |
| 6.5. Propuesta de Áreas Marinas Protegidas  | 141 |
| Capítulo 7. Conclusiones  | 154 |
| Capítulo 8. Bibliografía  | 159 |
| ANEXOS  | 171 |
| A.I. Tabla de resultados del análisis SIMPER (Scleractinia)   | 171 |
| A.II. Tabla de resultados del análisis SIMPER (Primnoidae)  | 173 |
| A.III. Tabla de resultados del análisis SIMPER (Stylasteridae)  | 176 |



## Agradecimientos

Quiero comenzar estos agradecimientos diciendo que siempre me gustó mucho la propiedad conmutativa por lo que el orden de los factores no altera el producto...*el producto* el cual es, el estar muy agradecida a todos los que nombraré y a todos los que por saturación o estrés hoy olvide citarlos y consideren que les debo un *gracias!*.

Voy a empezar dando las gracias a mi director de tesis, Javier Cristobo, quien un día confió en mi para darme esta beca y el que siempre ha depositado gran confianza en mis decisiones a la hora de llevar a cabo esta tesis. Gracias al Instituto Español de Oceanografía por concederme esta beca FPI, esta tesis doctoral se ha financiado mediante las ayudas predoctorales que se concedieron en 2009. Agradecer a todas las personas que han formado parte del proyecto Atlantis bajo el cual he realizado mi tesis y en especial a José Luis del Río que siempre estuvo disponible a la hora de ayudarme a recopilar la inmensa cantidad de datos del proyecto. Aunque fueron muchas personas las que participaron en este proyecto y a todas les tengo que dar las gracias, tengo que dar una mención especial a Araceli Muñoz que me ayudó en todo momento con la parte geológica y la elaboración de los numerosos mapas que están en esta memoria.

En la elaboración y resultados de esta tesis fueron fundamentales las colaboraciones que realicé en diferentes organizaciones; por eso estoy agradecida a: M<sup>a</sup> Eugenia Manjón-Cabeza, por ella sé distinguir todas las estrellas de mar de la Patagonia.

Narissa Bax por su ayuda con los Stylasteridos.

A Stephen D. Cairns, por recibirme en el Smithsonian de Washington DC y colaborar conmigo hasta hoy, con él aprendí muchísimo de corales y además me abrió las puertas de otras muchas colaboraciones.

A Francisco Barros que me recibió en la Universidad Federal de Salvador de Bahia y se dejó muchas tardes intentando dar formas a bases kilométricas de datos de Atlantis, muy agradecida no sólo a él sino a todo el personal

del LEB y en especial a Marcos que me enseñó todo lo que sé sobre el mangui.

A Michelle Taylor, Alex Rogers y todo el personal que trabajaba con ellos, por permitirme trabajar en la Universidad de Oxford y además integrarme y hacerme sentir una compi más.

En estos 4 años tengo mucho que agradecer a todos mis compañeros del Centro Oceanográfico de Gijón, los que formaron parte de él y los que aún siguen, pero no puedo dejar de mencionar a Dani por estar siempre disponible a buscar y buscar en cualquier caja una muestra perdida; a Roberto por gestionar y pelear todo lo que se terciara con becas; A Mikel, Renate y Rafa por los numerosos almuerzos y los mil temas que sacábamos en ellos; a Angel Urrutia por esas clases "subconscientes de R"!; a Floren por estar siempre disponible a hacerme las fotos de todos los bichos que le pidiese! A Pili por apoyarnos y animarnos...y en general a todos ...Gracias por estos cuatro años!

No puedo dejar de mencionar y estar agradecida con el personal del Centro Oceanográfico de Cádiz, en él empecé mis andadas en esto del mar y fue allí donde se me despertó el gusanillo de la ciencia, gracias a Juan Gil que siempre me animaba a seguir y hacer la tesis, a Marian Torres por sus mensajes de ánimo. Una mención especial se llevan Papi y Tere García del IEO de Málaga, primero por enseñarme muchas cosas en mis primeras campañas, esa paciencia que tenía la Tere para que me aprendiera los nombres de los peces...esas risas que nos echábamos y esas tantas llamadas que me hacían ya cuando estaba aquí en Gijón pa ver como estaba y decirme " killa animo que tú eso lo sacas!"

Quiero agradecer a lo que ha sido un gran cacho de mi alegría en Gijón, a mi sala VIPS, la de los comienzos porque eso no se me olvidará, Martuki, el Ale, Sofia, Juan, Leti, Juan y Eva P. que días!!! que bien lo pasamos y que felices eran mis días en Gijón, ni madrugar pa currar me importaba!!!Con Martuki aprendí el significado bueno de "Folixa", con mi Ale aprendí...asturiano y maldades!!Que vacío dejasteis!Pero no puedo negar

que to lo que llegó fue muy bueno, Tamara, Nestó, Lucie a la cual también tengo que agradecerle aguantarme en los últimos días de tesis que no es poco...Lara, Ana Mari, Sdena, la gente de prácticas...Paqui...a mi Paqui...tengo que agradecerle el hacerme sentir más cerca de casa, el que no importara cuantas "eses" me comiera porque ella me entendía...y su falamenkito apaleo! Que arte tienes "shiquilla"! A todos os llevo dentro! Sois los mejores compañeros y colegas!

Y la sala VIPS tenía sus extensiones ni que decir tiene que Floren, Alejandra, Eva Velasco, Pili, Eneko y Mayte alegraban las mañanas de café y las actividades extraescolares entre otras cosas. Gracias!

Bueno...mis niñas del pueblin...Leti por todos esos Jueves de vinos, por ser más que una compi de curro...y mis compañeras, vecinas y grandes amigas...Laura Alonso y Sarina...ufff a vosotras os debería escribir sólo una página pero quedaría feo! ;) Guapas gracias por poder contar con vosotras siempre!!!!:)

A mi gente de Gijón, a ellos les debo miles de días de diversión!!!El hacerme dudar de si no es que viviría mejor aquí que en ningún lao, que Gijón ye mundial! Rosa y Laustín, sin más, sois los más de Asturias! Monica, Víctor, Ferrerín y a todo mi grupo EGIE, que buenos momentos hemos pasado juntos! Ni los nublaos me han molestado con vosotros al lao!

A Nuri por todos esos paseos por la playa!

No podría dejar de mencionar al Mubarak, o sea, a Joselín y Pipe, por darme muy buenas noches de música y me hicieron pensar que además de investigadora podía ser DJ! A Elías y Javi, por ser compañeros de farra muchas noches!

A Marcos Llope, por compartir fans...el Penas y el Crudo! ;)

De mi estancia en DC recuerdo muchísimas cosas, todos muy buenas, pero en especial fueron insustituibles en aquellos días Anna, Pablo, Martín, Camila, Ximo, Sandra, Lorian, Lucky y Luisa, que pena que no nos veamos más!

Mis malaguitas...ufff yo no sería quien soy sin ellos!!!No sé ni por donde empezar porque con lo envidiosos y liantes que sois la voy a tener seguro, jeje! Empezaré por Eva y Diego que me adoptaron en Gijon, me ubicaron y me dejaron...la llegada de Iker, sus primeras tardes de cuesta...y luego Zoel Ali, Javi, Lore y el Cuñao, Sofia y Antonio, mi madrileña más malaguita Desi y su Antonio, Carlos y Antonio, M<sup>a</sup> José y Manolo y después África... por ser tan buenos amigos. Gracias por estar siempre ahí y por esas tardes de Cervantes!!!!

Mis malagueños más salaos, los mejores...mis niños...Nacho por nunca dejar que me quedara...mi Alber...pa ti no tengo palabras, eres más que un amigo, eres mi víbora, que haría yo sin ti!

Mi Rosa..."mi novia"...ainshhh...eres amiga, compañera, eres mu grande!!!! A Carlitos por ser un niño tan especial y tener siempre interés en mis estancias o más bien en tener un billetito de cada país al que iba!A Álvaro por cuidar de "mi novia". Os deseo lo mejor a los tres!

María Collar! Sólo puedo decirte...Te quiero de chocolate! ;)

A Patricia Jara, además de agradecerle el pedazo de regalo que ha sido que me haya ilustrado la tesis tengo que agradecerle desde los comienzos en Cádiz...fue ella quien me enseñó el primer coral!

Mi estancia en Brasil, fue increíble por muchos sentidos...muito obrigada a la familia Gomes Pataro; Dona Raiza, G, Paula, Cusmar, Carla e Dona Dalva, fizeram me sentir como em casa, eu tive um lar lá, e desde o primer dia mostraram tudo para eu me sentir feliz. Saudades de vocês!!!!

Mi familia ha sido fundamental en todo este periodo y en los anteriores, por ellos si que no sé por donde empezar; a mi madre le debo todo, ser como soy y sobre todo sentirme tan libre para todo, te debo mil días de escucha, de espera, de paciencia, mil llamadas a cualquier hora, siempre tienes un momento para animarme y escucharme, no imaginas lo agradecida que estoy con todo, eres la mejor! Mi abuela, uff, no hay ser más admirable que tú, ika! Tú fortaleza me llega este donde este...eres un espejo donde mirarse!

Mi hermano, Sergio, a él estoy muy agradecida, fue el primero en meterme en la cabeza que las ciencias y sobre todo dedicadas al Mar eran muy "perita" siempre fuiste un ejemplo a seguir para mi! Fabi, por toda esa paciencia que tienes con nosotros...y por adaptarte tan bien! Rafa Pei por todos sus mensajito de animos en los últimos días! Os quiero a tos una jarta! como a na! Gracias por aguantarme!!!!!!

Se qué se me quedará gente en el tintero...y es que tanta gente, tantas emociones, tantas experiencias son difíciles de plasmar en papel, por eso gracias a todos los que habéis formado parte de esta aventura...

Por último...estoy eternamente agradecida a Luc...por hacer un jardín con una flor endémica que sólo un botánico muy especial sabría cuidar...M8!!!!  
Y ahora sólo me queda cantar....agradecida y emocionada...sólo puedo decir gracias por venirrrrrr!!!!!!! ;) )

"Virgi."-

Gijón, 6 de Abril de 2014



## Resumen

En esta tesis se estudian las especies de macroinvertebrados existentes en el Atlántico Sudoccidental, obtenidas de los muestreos realizados durante el proyecto ATLANTIS tanto en las campañas de la serie Atlantis como en la serie Patagonia.

Además de reconocer al nivel taxonómico más bajo posible los macroinvertebrados presentes en el área de estudio, se estimó la abundancia y distribución de las especies, estudiando de forma más concreta tres grupos de corales conocidos como "framework-forming corals" siendo estos los corales del Orden Scleractinia, los pertenecientes a la familia Primnoidae y los pertenecientes a la familia Styasteridae.

Se describió la estructura de la comunidad bentónica y el estado de estas comunidades con el fin de proponer futuras medidas de protección para determinar los Ecosistemas Marinos Vulnerables (EMVs) presentes en dicha área de estudio a partir del estudio de estos tres corales, según los criterios establecidos por el convenio OSPAR y NAFO.

Se realizaron un total de 88 dragas y se identificaron aproximadamente 2000 especímenes de estos tres grupos de corales de aguas frías. Se describieron 13 especies de corales nuevas para la ciencia, 4 especies de Scleractinia; *S. australis*, *F. cinctutum*, *J. cristata* y *C. coronula*; 5 especies de Primnoidae; *T. pulchra*, *T. patagónica*, *T. cairnsi*, *T.nacaseri* y *T.anatinus* y 4 especies de Styasteridae; *Adelopora n.sp*, *Errina n.sp*, *Inferiolabiata n.sp* y

*Lepidotheca n.sp.* Numerosos nuevos registros tanto batimétricos como biogeográficos fueron descritos.

Se estudió el comportamiento de estos corales en el área de estudio y se describieron sus patrones de distribución, dando a conocer el papel de *B. candida* como coral bioconstructor, no considerado como tal hasta la actualidad por los escasos conocimientos de la existencia de este coral en extensiones suficientes como para ser considerado bioconstructor.

Se estudiaron las diferencias por dominios fisiográficos (plataforma continental, talud superior, talud medio y talud inferior) y rangos batimétricos (200-1500m) de estos grupos de corales, mostrando preferencia por los estratos más profundos, entre los 700-1200 metros de profundidad. La composición taxonómica entre los dominios más someros y los más profundos mostró diferencias significativas. Las zonas de profundidades comprendidas entre los 1000-1500 metros fueron las áreas que mostraron mayores índices de diversidad y abundancia.

Además, se estudió la distribución de estos corales bioconstructores a lo largo de 7 cañones existentes en el área de estudio, los resultados mostraron que las áreas de cañones eran más diversas que las que estaban situadas fuera de estos cañones.

Las campañas de la serie Atlantis realizadas con red de arrastre tipo Lofoten, fueron estudiadas hasta el nivel de familia. Se estudiaron 11104 especímenes, se determinaron un total de 204 familias pero tan sólo un 54 de ellas mostró presencia en al menos el 10 % de los lances realizados (34 sobre un total de 341 lances). Las campañas realizadas durante los años 2008 y 2009 mostraron diferencias en

cuanto a composición taxonómica respecto a la campaña realizada en 2010.

Los muestreos realizados en fondos con predominancia de sedimentos arenosos mostraron diferencias en composición taxonómica respecto a los muestreos realizados sobre fondos duros.

Los estudios realizados para determinar Ecosistemas Marinos Vulnerables (EMVs) demostraron que existen al menos siete zonas a proteger ya que la presencia de estos organismos superó las cantidades establecida por los criterios de OSPAR y NAFO para declarar un ecosistema como vulnerable. Estas áreas estaban repartidas a lo largo del área de estudio pero se concentraban en su mayoría en la zona de talud medio, la cual también era la que presentaba mayor abundancia y diversidad de corales de aguas frías.

## Abstract

In this thesis the species of macroinvertebrates in the Southwestern Atlantic are studied. The samples were obtained from the project ATLANTIS during the expeditions carried out in the Patagonian region; expeditions called Atlantis and Patagonia were realized. The first method used on the expedition was Lofoten trawl and the second one rock dredge.

The macroinvertebrates specimens were studied until the lowest possible taxonomic level, the abundance and distribution of these species were estimated, more specifically studied three groups of coral known as "framework-forming corals"; Order Scleractinia, Primnoidae family and Stylasteridae family.

The structure of the benthic community and the state of these communities were studied, in order to propose future measures to protect Vulnerable Marine Ecosystems (EMVs) present in the area of study following the OSPAR and NAFO criteria.

Closely to 2000 specimens were identified including 13 new coral species for science, 4 species of Scleractinia were described; *S. australis*, *F. cinctutum*, *J. cristata* and *C. Coronula*; 5 species of Primnoidae; *T. pulchra* , *T. patagonica* , *T. cairnsi* , *T. nacaseri* and *T. anatinus*; and 4 species of Stylasteridae; *Adelopora n.sp* , *Errina n.sp* , *Inferiolabiata n.sp* and *Lepidotheca n.sp*.

Several new biogeographical and bathymetric records were described.

Behaviour of these corals was studied in the study area and their distribution patterns were described, revealing the role of *B. candida* as framework-forming coral, not considered until now due to the few knowledge of the existence of this coral in the area.

The differences by bathymetric ranges of these groups of corals were analysed, showing preference for the deepest ranges, between 700-1200 m of depth. The taxonomic composition between shallowest and deepest ranges showed significant differences. Depths between 1000-1500 m were the areas that showed higher index of diversity and abundance.

Furthermore, the distribution of these bioconstructors corals over 7 canyons existing in the study area was studied. The results showed that the areas of canyons were more diverse than the areas that were located outside of these canyons.

The Atlantis expeditions made with Lofoten trawl were studied to the taxonomic level of family, A total of 11104 specimens were identified including 204 families, but only 54 families showed presence of at least 10% of the total trawls carried out (341). Expedition conducted during 2008 and 2009 showed differences in taxonomic composition regarding the expedition realized in 2010.

Surveys carried in funds with predominantly sandy sediments showed taxonomic differences in regard to the samplings on hard bottoms.

Studies to determine Vulnerable Marine Ecosystems (VMEs) determined that there are, at least, seven areas to be protected because the presence of these organisms exceeded the amounts established by NAFO and OSPAR criteria for declaring an ecosystem as vulnerable. These areas were distributed throughout the study area but were concentrated mostly in the middle slope, which was also presenting the greatest abundance and diversity of cold-water corals.



## 1. Introducción

### 1.1. Filogenia y sistemática. Características generales del Filo Cnidaria

Respecto a la filogenia del filo Cnidaria existen fuertes controversias en relación al origen de estos organismos. En torno a la teoría de Brooks continúa la interrogante ¿El celentéreo ancestral se parecía más a una medusa o a un pólipo?. Muchas teorías consideran que el pólipo es la forma derivada secundaria procedente de una etapa larvaria; otros consideran que los cnidarios tuvieron su origen en una forma polipoide primitiva.

La teoría polipoide, que es la que contempla a los antozoos como más primitivos considera que la conservación de la simetría bilateral en esta clase es una evidencia de su origen de ancestros bilaterales (Brusca et al.,2005) esta teoría no es generalmente aceptada por los zoólogos pues piensan que es una forma de evolución típica de parásitos y de animales que viven en espacios muy reducidos. Para poder evolucionar de esta forma el organismos tendría que sufrir numerosas transformaciones en muchos niveles de desarrollo corporal y de sistemas (Figura 1.1)

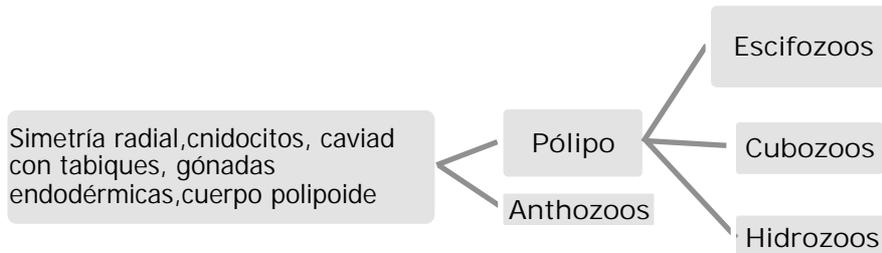


Figura 1.1 Teoría polipoide sobre el desarrollo filogenético de los Cnidarios.

Por otro lado, la teoría que defendió W.K. Brooks en 1884, defiende que los hidrozooos son la clase actual más cercana al ancestro de los Cnidarios por lo que surgieron a partir de una medusa, de ahí que esta teoría tome el nombre de teoría medusoide (Figura 1.2).

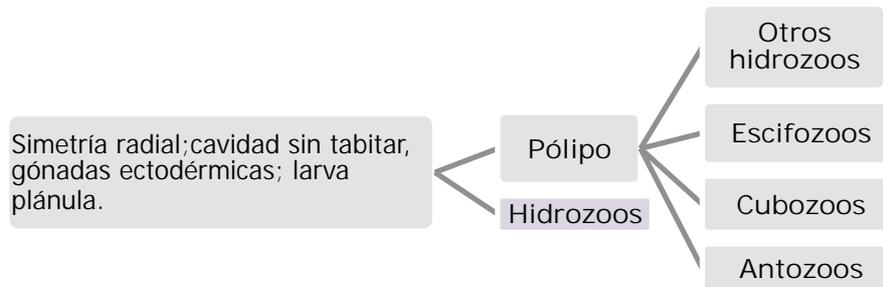


Figura 1.2. Teoría medusoide sobre el desarrollo filogenético de los Cnidarios.

Esta teoría defiende que estos animales provienen de un antecesor nadador o reptante, por lo que de una larva plánula pasaría a una larva actínula, situación que ocurre en la actualidad con algunas especies de hidrozooos, por lo tanto no está tan alejada del desarrollo actual contrario a lo que ocurría con la teoría polipoide. Aunque la filogenia de los Cnidarios es algo complicada de abordar en esta memoria, se pueden generalizar estas dos teorías, aunque la teoría medusoide siempre fue más defendida, cabe destacar que en la actualidad diferentes estudios realizados por Brigde & Cols (1995) demostraron que el ADN mitocondrial de los antozoos era circular mientras que el de cubozoos, escifozoos e hidrozooos era lineal, esto hace que la teoría medusoide vuelva a tomar relevancia, considerando a los antozoos como los organismos más cercanos al ancestro.

Comprende unas 9000 especies y son un grupo muy antiguo de más de 700 m. a., su registro fósil es el más largo de los metazoos. Los Cnidarios son organismos acuáticos, la mayoría se encuentran en ambientes marinos

excepto las hydras que son de agua dulce. Tienen tendencia al polimorfismo por lo que se distinguen dos formas básicas de estructuras morfológicas, los pólipos de vida fija que suelen vivir adheridos al fondo siendo bentónicos y las medusas de forma de vida libre, nadadoras y por tanto pelágicas.

Son organismo que presentan simetría radial o birradial alrededor de un eje longitudinal con extremos oral y aboral. Cefalización prácticamente inexistente. Están formados por un exoesqueleto y endoesqueleto de componentes quitinosos, calcáreos o proteínicos. Son metazoos diblásticos cuya capa externa es ectodérmica y la interna endodérmica. También son protóstomos, es decir, su boca se forma a partir del blastocele. Poseen boca pero no ano, también poseen sistema muscular, nervioso, digestivo y órganos sensoriales pero carecen de sistemas respiratorio y circulatorio.

Como característica particular poseen unos orgánulos denominados nematocistos, son un tipo de complejas estructuras intracelular que contiene un tubo altamente enrollado producidas por unas células llamadas cnidocitos presentes en estos organismos, son utilizados para la inyección de toxinas sirviéndose para la captura de presas y la defensa del animal. El sistema nervioso es una red difusa que en algunas Cnidarios presenta forma condensaciones de fibra nerviosa en forma de anillo y en otros son sistemas longitudinales formando dos plexos nerviosos. El sistema muscular de tipo epiteliomuscular (=mioepitelial) formado por capas de fibras (normalmente) longitudinales en la base de la epidermis y capas (normalmente) circulares en la base de la gastrodermis. En cnidarios superiores hay modificaciones, con la presencia de haces musculares en la mesoglea. Poseen reproducción asexual por gemación y sexual con formas monoicas o dioicas y se origina la formación de larvas plánulas. Dentro de su sistemática, se distinguen 4 clases de Cnidarios:

- Hydrozoa: (Hydrozoos)

Aproximadamente unas 2700 especies (Ruppert & Barnes 1996). Solitarios o coloniales, mayoritariamente marinos pero las especies de cnidarios de agua dulce (hydras) pertenecen a este grupo. Presentan estructura de pólipo o medusa y algunas especies pasan por ambas formas en sus ciclos de vida. Los pólipos no suelen presentar mesenterios y las Hidromedusas presentan velo. Tres características distintivas: mesoglea carente de células; gastrodermis carente de cnidocitos y las gónadas son epidérmicas o si son gastrodérmicas los huevos y espermatozoides son vertidos directamente al exterior y no dentro de la cavidad gastrovascular.

De todas las familias pertenecientes a esta clase de Hydrozoos, en esta memoria se estudiarán los individuos pertenecientes a la familia Stylasteridae, que suelen ser llamados falsos corales duros o hidrocóralos y junto a las scleractinias forman los denominados "*stonycorals*"

- Scyphozoa: (Escifozoos)

Aproximadamente 200 especies descritas tanto de mares fríos como cálidos (Ruppert & Barnes 1996). Cnidarios en los que domina la forma medusoide, la forma polipoide es pequeña o ausente. Las Escifomedusas carecen de velo y la cavidad gástrica es primitivamente tetraseptada. Mesoglea con presencia de células y pueden existir cnidocitos en la gastrodermis. Gónadas en la cavidad gastrovascular, al contrario que en Hydrozoos. No serán incluidos en este estudio.

- Cubozoa: (Cubozoos)

Unas 15 especies descritas todas semitropicales o tropicales (Ruppert & Barnes 1996). Cnidarios medusoides con forma cuboidal, estado pólipo

reducido o desconocido. Las cubomedusas presentan una estructura a modo de velo (velario) y cuatro tentáculos o grupos de tentáculos. Por su naturaleza pelágica no se estudiarán en esta memoria.

- Anthozoa: (Antozoos)

Es la clase con mayor número de especies; contiene alrededor de 6000 especies (Ruppert & Barnes 1996). Cnidarios que solo presentan en su ciclo de vida la fase de pólipo, en estado solitario o colonial. La fase medusa está totalmente ausente. Presentan pólipos diferentes con la boca abierta a una estructura tubular (faringe) que se extiende a lo largo de aproximadamente la mitad de la cavidad gastrovascular, ésta se encuentra dividida en compartimentos radiales por septos longitudinales o mesenterios. Dentro de las diferentes subclases existentes enmarcadas en esta clase, en esta memoria se estudiarán las especies pertenecientes a las siguientes subclases;

- Subclase Zoantharia (Hexacorales): Pólipos con tentáculos simples, raramente pinnados. Más de 8 tentáculos y septos, típicamente en series de 12. Se estudiará el orden Scleractinia.

- Subclase Alcyonaria (Octacorales): Pólipos con 8 tentáculos pinnados y 8 mesenterios completos impares. Se estudiará exclusivamente la familia Primnoidae, lo que comúnmente se conoce como un tipo de coral blando.

## 1.2. Características anatómicas de los Ordenes Scleractinia y Alcyonacea (Cnidaria, Anthozoa) y Familia Stylasteridae (Cnidaria, Hidrozoa)

### 1.2.1. Orden Scleractinia Bourne, 1900

Los individuos pertenecientes a este orden son exclusivamente marinos y son los denominados corales pétreos o corales duros aunque también se incluyen en este grupo algunos individuos pertenecientes a la familia Stylasteridae constituyendo el término anglosajón de "stonycorals" por su condición pétreo.

Están formados por un exoesqueleto que le da nombre y se origina por la secreción de carbonato cálcico desde la epidermis del pólipo. La base general de este esqueleto será el propio pólipo tomando el nombre de coralite y sirviendo de "alojamiento" para el pólipo. La "coralite" o copa del coral, está compuesta por una placa basal que da origen a separaciones verticales o septos y otras estructuras de soporte epiteca y sinaptículos. La anatomía general de un Scleractinia corresponde a la organización de los septos de los mesenterios; por lo general, los septos se desarrollan por ciclos, usualmente siguiendo la serie 6-6-12-24-48 y en ocasiones 96 o más, que pertenecen respectivamente al primer, segundo, tercer,... etc. ciclo de septos. En algunas especies, existe una sección del esqueleto que se encuentra en el centro y debajo de la boca denominada columnela, la cual presenta variadas formas que van desde una proyección simple hasta numerosos elementos fusionados. Los corales duros pueden ser solitarios o coloniales, también pueden adoptar diferentes formas de acuerdo con la especie y las condiciones medioambientales, llegando a construir arrecifes de varios kilómetros de extensión. Algunos de estos corales presentan simbiosis con algas unicelulares llamadas zooxantelas, son los llamados corales hermatípicos, las cuales facilitan el paso de carbonatos a las células del animal, no será el caso de los corales descritos en esta memoria puesto que esta característica solo es posible en Scleractinia de distribución

superficial, hasta donde las algas son capaces de desarrollar vida.

### 1.2.2. Orden Alcyonacea: Familia Primnoidae Milde Edwards, 1857

El orden Alcyonacea es el que se corresponde con los llamados corales blandos, puesto que son corales que no son capaces de sintetizar carbonato para formar estructuras esqueléticas duras como es el caso de los corales pétreos (Scleractinia). Aunque a veces también presentan asociaciones con zooxantelas, suelen ser animales filtrados que se alimentan del plancton y otras partículas que se encuentran en la columna de agua.

A este orden pertenece la subclase octocorallia donde encontramos las gorgonias, corales conocidos por su importancia en la formación de arrecifes puesto que sirven de cobijo a numerosos animales que viven asociados a dichos arrecifes. Entre estas, se encuentra la familia Primnoidae, familia de gorgonias marinas, que pertenecen al suborden Calcaxonia. Como se ha dicho, comúnmente son denominados como los corales blandos, ya que carecen de esqueleto cálcico, formando colonias de pólipos, unidos por una masa carnosa de coenenchyma, o tejido generado por ellos, que recubre una estructura ramificada para soportar la colonia; sustituyendo el carbonato de calcio de los esqueletos de los corales duros, por una sustancia córnea proteínica llamada gorgonina. Suelen crecer en un solo plano y son muy ramificados. Los conjuntos de pólipos que los forman son determinantes a la hora de identificar las especies. Estos pólipos están formados por unas estructuras llamadas escleritos, de quitina y proteínas, que tienen diferentes morfologías y funciones y se distribuyen de forma concreta dependiendo de la especie.

### 1.2.3. Hidrozoa: Familia Stylasteridae Gray, 1847

Las especies de esta familia construyen estructuras calcáreas de diversas formas, aunque normalmente son muy ramificadas con extremos

puntiagudos, redondeados o comprimidos lateralmente, adoptando formas muy similares a los corales coloniales del orden Scleractinia. En la superficie del esqueleto se presentan diminutos poros, poligonales o circulares, donde se ubican pólipos de dos tipos: los gastrozoides, con función alimentaria, se alojan en las cavidades más grandes denominadas gastroporos y los dactilozoides, con función sensorial y de protección, se ubican en dactiloporos de menor tamaño y organizados en filas de cinco o siete alrededor de los gastrozoides. A este conjunto de pólipos se le llama ciclosistema. Además de estos sistemas, presentan a lo largo de su esqueleto unas ampollas relacionadas con el aparato reproductor del individuo, siendo más pequeñas cuando son ampollas masculinas y de menor tamaño cuando son femeninas. La distribución de estas ampollas, las características del complejo ciclosistema así como orientación de ciertas espinas que a veces aparecen asociadas al dactiloporo son fundamentales para determinar estas especies de corales duros.

## 2. Antecedentes y estado actual

El Atlántico Suroccidental se enmarca dentro de la zona estadística 41 de la FAO (Figura 2.1) y comprende una plataforma continental con una superficie total aproximada de 1,96 millones de km<sup>2</sup>, de los cuales una gran parte están incluidos dentro de aguas argentinas -la Plataforma Patagónica- extendiéndose en ciertas zonas por fuera de la zona económica exclusiva (ZEE) Argentina (FAO, 2005).

Desde el punto de vista de la ordenación de las pesquerías, es de extrema importancia constatar que actualmente no está en vigor ningún sistema multilateral para la gestión de las pesquerías de fondo en aguas internacionales del Atlántico Suroccidental (Bensch et al., 2008), siendo la única zona importante a nivel mundial en términos pesqueros, no cubierta por una Organización Regional de Ordenación Pesquera (OROP) (Anon., 2007).

En esta área trabajan entre 25-27 arrastreros congeladores españoles de gran altura, la mayoría con puerto base en Vigo, con un tonelaje bruto medio en torno a las 1.190 t (GT); estos grandes buques arrastreros desarrollan sus actividades en aguas de Malvinas y en las aguas internacionales del Atlántico Suroccidental adyacentes a las 200 millas de la Zona de Exclusión Económica (ZEE) argentina (Subáreas 3.1 y 3.2 la zona estadística 41 de FAO).

Es debido a esto, que surge la necesidad por parte de España de realizar un seguimiento de las pesquerías que se llevan a cabo en este área de aguas internacionales donde una parte de la flota arrastrera española dirige sus actividades comerciales a la obtención de merluza y calamar que posteriormente se comercializan en lonjas españolas.

De este hecho, la Unión Europea decide en 2007 que todos los países miembros que desarrollen actividades pesqueras en áreas internacionales deberán establecer medidas de gestión y mitigación de posibles efectos negativos causados sobre los ecosistemas marinos.

Es así, como la Secretaria General de Pesca y el Instituto Español de Oceanografía reciben, en ese mismo año, subvenciones para llevar a cabo el proyecto ATLANTIS a bordo del buque Oceanográfico (B/O) Miguel Oliver. Las campañas que se llevaron a cabo para la gestión y conservación de esta zona fueron de tipo multidisciplinar abordando la mayor parte de los aspectos posibles tales como biológicos, ambientales y geológicos. Se realizaron un total de 13 campañas, aunque 12 con recolecta de muestras, de las cuales, tres de ellas de prospección pesquera mediante el empleo de arrastre Lofoten (serie ATLANTIS) y 9 para el estudio del bentos presente en la zona mediante el empleo de diferentes técnicas de muestreo tales como, draga de roca, box corer y ROV entre otras (series PATAGONIA).

La metodología de estas campañas se detallará en el capítulo de Material y Métodos. De la realización de estas campañas se obtuvo el material necesario para la elaboración de esta Tesis Doctoral que se describe en esta memoria.

Además, se elaboraron diferentes informes técnicos donde se detalló el estado actual de las zonas de pesca y así como las áreas que debían ser tratadas con especial atención respecto a la conservación de especies vulnerables. Actualmente no se realizan más campañas del proyecto en el área de estudio, dada por finalizada la parte dedicada a estudio in situ y se están analizando todos los datos obtenidos tanto los referentes a datos que forman parte de esta memoria de tesis como de otras áreas que no se detallan en este documento.

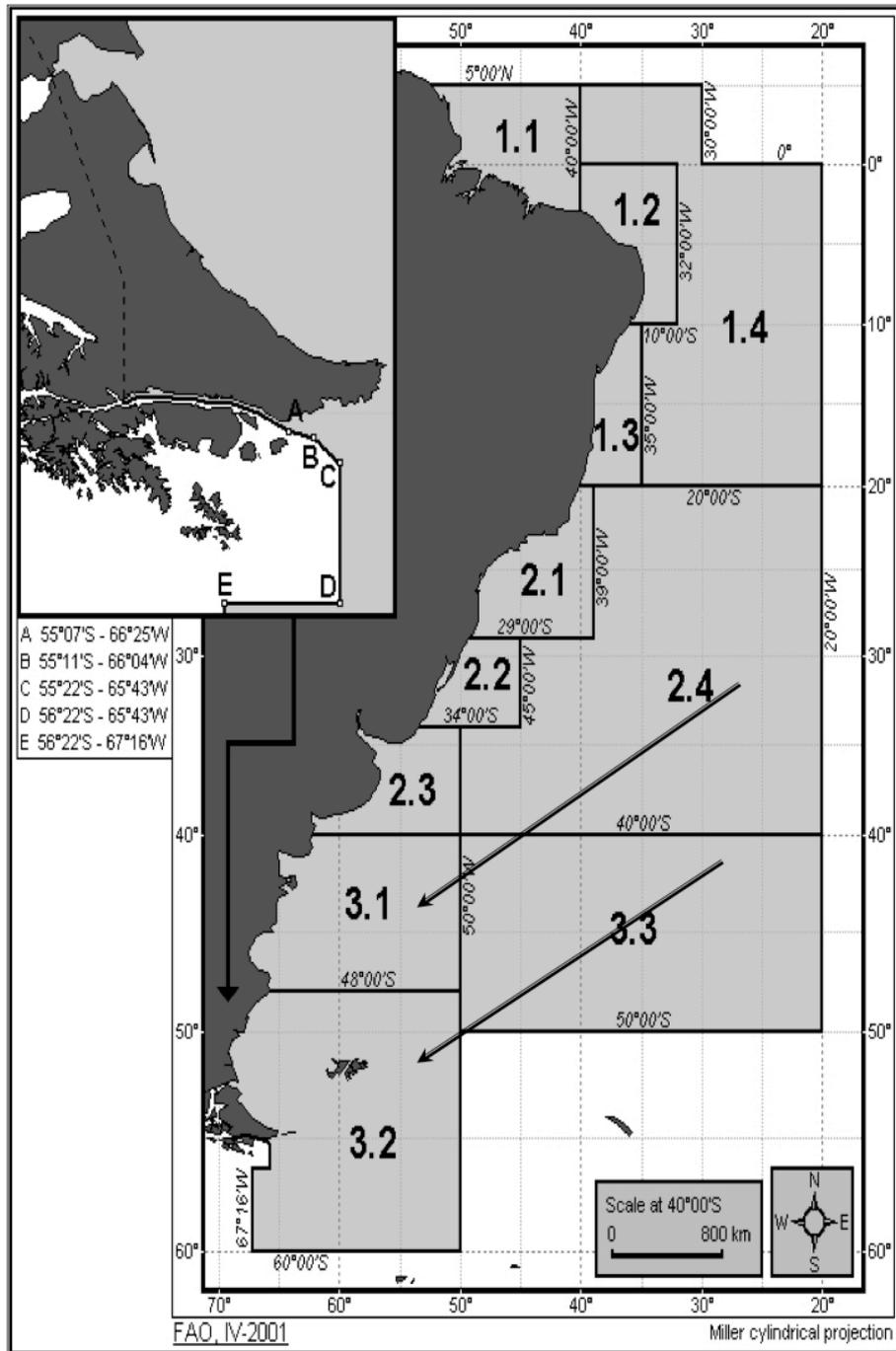


Figura 2.1. Mapa de las subáreas de pesca de la zona estadística 41 de división FAO donde se encuentra situada el área de estudio.

### 3. Objetivos y problemas planteados

#### 3.1. Definición de Ecosistemas Marinos Vulnerables

Los ecosistemas marinos vulnerables (EMVs) se encuentran distribuidos por todos los océanos del mundo, protegerlos para conservar los recursos que habitan en ellos es una labor imprescindible y que requiere de la investigación para llevarla a cabo. Las actividades pesqueras de Alta Mar son cada día más numerosas, los avances en técnicas de pesca hacen accesible zonas que antes no lo eran y por tanto aumentan la vulnerabilidad de ecosistemas que en otras épocas eran prácticamente inaccesibles.

Debido a esto y a numerosas protestas que tuvieron lugar en varias partes del mundo, la Asamblea General de Naciones Unidas dictó la resolución 66/105 sobre pesca sostenible. Esta resolución insta a los estados miembros que por sí mismos o a través de órganos regionales de pesca, estudien y protejan los posibles Ecosistemas Marinos Vulnerables afectados por las actividades pesqueras de sus flotas que faenan en Alta Mar, en aguas internacionales, potenciando así una pesca responsable y sostenible.

En España, la Secretaria General del Mar (SGM) encargó al IEO el estudio de estas zonas donde la flota arrastrera, en su mayoría, estaba faenando. Es entonces cuando surgen, entre otros, el proyecto ATLANTIS para el estudio de Ecosistemas Marinos Vulnerables del Atlántico Sudoccidental.

Así pues, para un óptimo alcance de los objetivos planteados en el proyecto se tomará la definición de EMVs dada por la FAO en 2005 en la que se define como; "Ecosistema Marino Vulnerable es aquel ecosistema particularmente susceptible a una intervención, a un daño e incluso la destrucción debido a sus características físicas, químicas o biológicas. Son aquellos que muestran gran fragilidad a impactos que sufren como resultado

de actividades humanas o ambiente circundante, lenta recuperación y baja resiliencia.”

Sin embargo, estos nuevos objetivos de la investigación marina no son tarea fácil. La gran biodiversidad de las plataformas continentales y montañas submarinas determina una gran variedad de morfologías y comportamientos de las especies que los habitan. El conocer la estructura y dinámica de los ecosistemas marinos es esencial para la futura gestión de sus recursos si se quiere mantener un equilibrio entre la conservación de la naturaleza y el rendimiento económico de las pesquerías, de acuerdo con los Principios del Desarrollo Sostenible.

El hábitat constituye el entorno en donde se desarrollan las especies. La protección de los hábitats es un pre-requisito para proteger las especies y el propio sostenimiento de las pesquerías. Los sistemas de gestión (TACs y Cuotas), basados en los modelos poblacionales (stocks explotados), no han tenido nunca en consideración el estado de salud de los hábitats. El grado de perturbación de los hábitats por las actividades pesqueras depende de las características de los mismos y por tanto se considera que es menor en el ecosistema pelágico y mayor en el bentónico.

A pesar de que se ha avanzado mucho en los últimos años (Templado et al., 2012), todavía no hay una lista definitiva de hábitats y ecosistemas que se consideran vulnerables en aguas internacionales y zonas profundas; este tipo de trabajos y publicaciones científicas resultantes de ellos, nos ayudarán a definir los criterios por los que los hábitats se pueden seleccionar como vulnerables. La convención OSPAR para la Protección y Conservación de los ecosistemas y la diversidad biológica del Noreste Atlántico es la organización que más ha avanzado en sus definiciones y por tanto está considerada por la mayoría de los científicos como referente, sus criterios han sido los considerados en el presente estudio.

Los criterios de selección de ecosistemas marinos vulnerables son principalmente (OSPAR):

- Que tengan un alto grado de especies endémicas
- Que la distribución de las especies sea restringida
- Que la zona tenga elevados valores de biodiversidad
- Que sean esenciales para alguna población

Los hábitats con más necesidades de protección se pueden clasificar en:

- **ESENCIALES:** Necesarios para una población, ya que en ellos realiza la puesta, el reclutamiento, su crecimiento, etc. No tienen por qué ser de estructura frágil.
- **VULNERABLES:** Presentan estructura frágil, ya sea de origen biológico (arrecifes de coral, campos de esponjas, praderas de algas o fanerógamas marinas, etc.) o geológico (montes submarinos, chimeneas negras, montículos carbonatados, etc.).

Para el desarrollo sostenible de las actividades pesqueras en un determinado ecosistema es necesario disponer de un inventario tanto de las especies como de los hábitats.

En las últimas décadas se han descubierto en aguas profundas tanto “arrecifes de coral de aguas frías” como “campos de esponjas” entre otros ecosistemas que se encuentran entre los más extraordinarios ecosistemas del planeta, con valores de biodiversidad equivalentes a los de los arrecifes tropicales. Son extraordinariamente vulnerables a las actividades extractivas sin control.

Según el Reglamento del Consejo<sup>1</sup> COM relativo a la protección de los ecosistemas marinos vulnerables de alta mar de los efectos adversos de la utilización de artes de fondo se definen:

1. Ecosistema marino: un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su entorno abiótico, que interactúan como una unidad funcional;
2. Ecosistema marino vulnerable: todo ecosistema marino cuya estructura y función específicas puedan verse amenazadas, de acuerdo con la mejor información científica disponible y con el principio de precaución, como consecuencia del estrés provocado por el contacto físico con artes de fondo en el transcurso de operaciones de pesca, incluidos, en particular, los arrecifes, los montes marinos, las fuentes hidrotermales, los corales de aguas frías o los campos de esponjas de aguas frías.
3. Artes de fondo: las redes de arrastre de fondo, las dragas, las redes de enmalle de fondo, los palangres de fondo, las nasas y los lazos.

Este tipo de estudios exigen la presencia de numerosos investigadores especialistas en diferentes disciplinas de la ciencia marina, ya que las implicaciones son complejas e interrelacionadas en el entorno del ecosistema, de ahí que deban ser estudios multidisciplinarios.

Todo ello debe estar incluido dentro de una estrategia de gestión integrada, por la que se promueva la conservación y utilización sostenible de modo equitativo. De esta forma, la aplicación del enfoque por ecosistemas (Ecosystem Approach) ayudará a lograr un equilibrio entre los tres objetivos del Convenio sobre la Diversidad Biológica: conservación, utilización

---

<sup>1</sup> Reglamento del Consejo COM (2007) 605 final. 2007/0224 (CNS). C6-0453/07. {SEC (2007) 1315}

sostenible y distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos.

### 3.2. Estudio de los EMVs e interacciones con las actividades pesqueras

Actualmente las nuevas directivas y convenios internacionales relacionadas con lo que se ha denominado como Desarrollo Sostenible, establecen como uno de sus objetivos generales el “promover la utilización sostenible de los mares y proteger los ecosistemas marinos”.

Algunos de estos convenios están enfocados a frenar la pérdida de la diversidad biológica y a promover la conservación de los hábitats y especies mediante la creación de redes de espacios protegidos y su ámbito de aplicación puede estar referido a aguas nacionales o comunitarias (Directiva hábitats o Convenio OSPAR) o bien global, como el Convenio sobre la Diversidad Biológica que pretende crear una red mundial de sistemas nacionales y regionales completos, representativos y bien administrados de áreas protegidas, así como Conservar eficazmente por lo menos el 10% de cada una de las regiones ecológicas marinas y costeras del mundo. El cumplimiento de estos objetivos, es imprescindible, en el caso de España, para cumplir con el compromiso internacional adquirido mediante la ratificación de estos convenios y con su obligación como Estado miembro de la Unión Europea, y particularmente serán aspectos importantes a desarrollar en cada país:

- Adecuar la política de investigación y las estructuras para responder al delicado equilibrio entre la conservación de la naturaleza y el rendimiento económico de las pesquerías, de acuerdo con los Principios del Desarrollo Sostenible.

- Ecosistemas regionales: Se solicita a cada Estado Miembro que elabore una estrategia marina que se refiera específicamente a sus aguas, aunque refleje una perspectiva global de la región marina en que se inscriba.
- La creación de Áreas Marinas Protegidas (AMPs), nos puede conducir hacia la recuperación de las poblaciones explotadas y hacer que las pesquerías sean sostenibles en el entorno del ecosistema.
- El mantenimiento de un medio ambiente marino sano implica el mantenimiento de su abundancia y diversidad biológicas. Únicamente la obtención de unos niveles poblacionales que puedan ser explotados con arreglo a criterios sostenibles generará los recursos necesarios para un sector pesquero próspero.
- Las políticas de Medio Ambiente y Pesca deben considerarse dos elementos complementarios que persiguen los mismos fines basándose en los mejores datos científicos.

### 3.3. Objetivos de las campañas de investigación

Siguiendo las recomendaciones de las Naciones Unidas (Resoluciones AGNU 59/25 y 61/105), el Instituto Español de Oceanografía llevó a cabo una serie de 13 campañas de investigación multidisciplinar en aguas internacionales del Atlántico Sudoccidental en colaboración con la Secretaría General de Pesca, propietaria del B/O "Miguel Oliver". El objetivo general de estas campañas fue la descripción, dentro de un enfoque ecosistémico, de los EMVs y de las posibles interacciones con las actividades pesqueras en la zona de estudio, donde se recolectaron las muestras que darán lugar a esta Tesis Doctoral y con las que se obtendrán los resultados que aquí planteamos.

La serie de campañas que se realizaron y que se explicaran con más detalle en el capítulo 5 (Material y Métodos) fueron las que se enumeran en la tabla 3.1. El área muestreado en cada una de estas campañas oceanográficas se observa en la figura 3.1. Las campañas de investigación multidisciplinar llevadas a cabo en dos series, campañas PATAGONIA y ATLANTIS, comprendían cuatro disciplinas científicas diferentes: cartografía, geología, bentos y pesca, utilizando en cada una de ellas sus propias metodologías.

Tabla 3.1. Campañas realizadas en el marco del proyecto Atlantis a bordo del B/O Miguel Oliver durante el período de tiempo comprendido entre 2008-2010.

| CAMPAÑA         | Inicio     | Fin        | Días |
|-----------------|------------|------------|------|
| Patagonia 11/07 | 28/10/2007 | 20/11/2007 | 24   |
| Patagonia 12/07 | 24/11/2007 | 21/12/2007 | 28   |
| Patagonia 01/08 | 08/01/2008 | 30/01/2008 | 23   |
| Patagonia 02/08 | 30/01/2008 | 11/03/2008 | 42   |
| ATLANTIS 2008   | 12/03/2008 | 15/04/2008 | 35   |
| Patagonia 10/08 | 15/10/2008 | 07/11/2008 | 24   |
| Patagonia 11/08 | 07/11/2008 | 29/11/2008 | 23   |
| Patagonia 12/08 | 29/11/2008 | 20/12/2008 | 22   |
| Patagonia 01/09 | 11/01/2009 | 24/01/2009 | 14   |
| Patagonia 02/09 | 24/01/2009 | 25/02/2009 | 33   |
| ATLANTIS 2009   | 27/02/2009 | 29/03/2009 | 31   |
| Patagonia 02/10 | 16/02/2010 | 02/03/2010 | 15   |
| ATLANTIS 2010   | 06/03/2010 | 07/04/2010 | 33   |

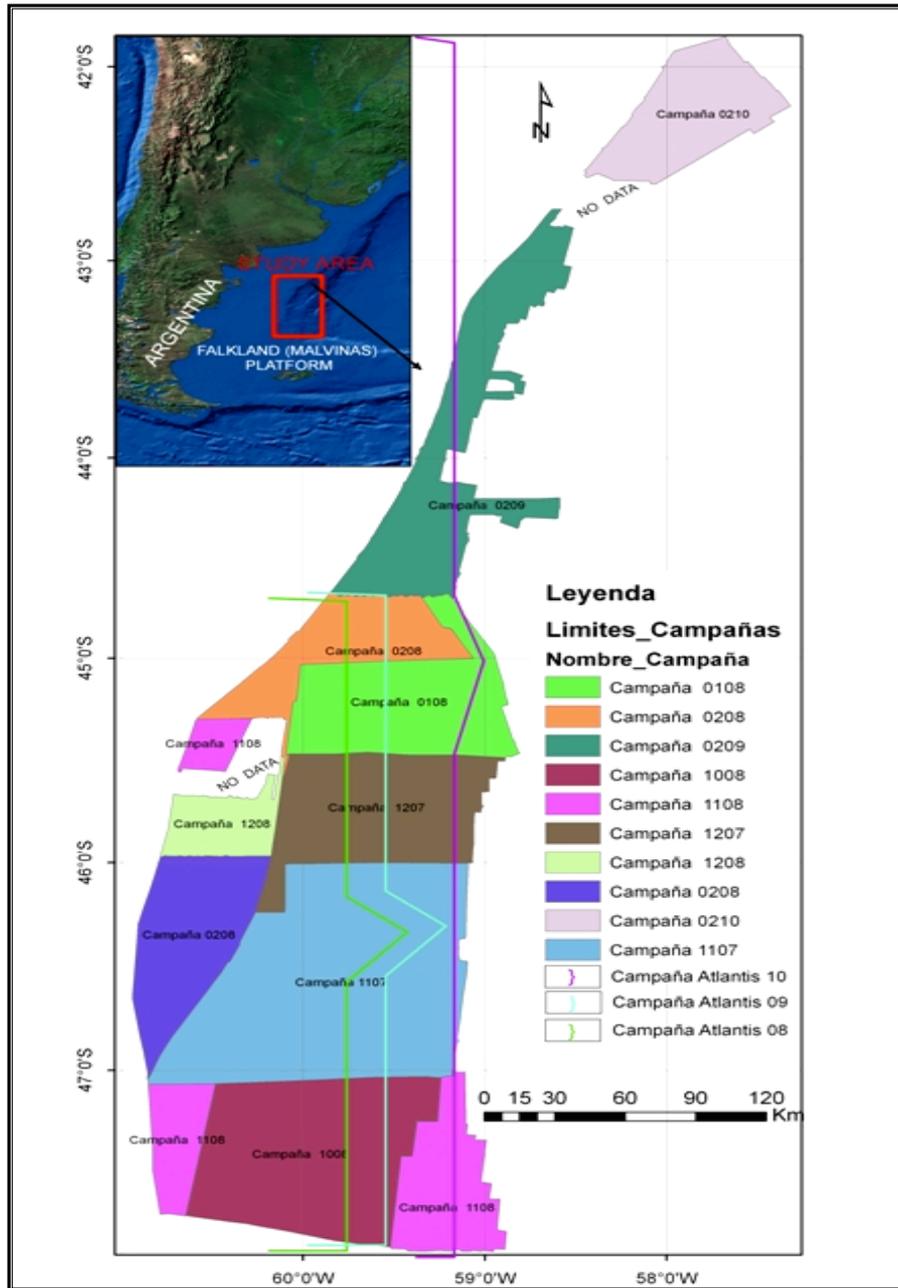


Figura 3.1. Mapa de la zona de estudio donde se detallan en diferentes colores las campañas realizadas en el área estudiada. Las campañas de la serie Patagonia están coloreadas, la campañas Atlantis se representaron con una llave de color para cada una de ellas (verde ATL08; Turquesa ATL09 y Fucsia ATL10).

### 3.4. Objetivos de la presente memoria

Esta memoria de tesis se desarrolla dentro del proyecto Atlantis y bajo la perspectiva de los problemas y objetivos enumerados a comienzo del proyecto los cuales se enumeran a continuación;

1. Identificación de las principales características geomorfológicas y cartografiado de la zona de estudio.
2. Definición de las comunidades bentónicas y sedimentos.
3. Distribución espacial de los ecosistemas marinos vulnerables (EMVs)
4. Estructura y funcionamiento de los ecosistemas bentónicos de aguas profundas.
5. Estudio de las interacciones entre las actividades pesqueras y los EMVs.
6. Evaluación de la biomasa de las especies de mayor interés comercial y de las principales especies acompañantes.
7. Características hidrográficas de las masas de agua.

Así pues, los objetivos de esta tesis se establecieron en función del cumplimiento de algunos de los objetivos descritos anteriormente, concretamente los relacionados con el estudio de comunidades macroinvertebrados bentónicos, con especial estudio en aquellos relacionados con la identificación de especies pertenecientes a las consideradas como indicadores de ecosistemas marinos vulnerables, (EMVs) y su fragilidad frente a actividades pesqueras.

Por lo tanto los objetivos a alcanzar en el capítulo 6 de Resultados de esta memoria de tesis doctoral, fueron los que se detallan a continuación para cada uno de los grupos zoológicos considerados:

- Hexacorallia: estudio taxonómico de los corales del Orden Scleractinia presentes en el área de estudio. Descripción de especies nuevas. Estudio ecológico de las comunidades que dichos corales forman en la zona de estudio, relación de su distribución según la profundidad y posibles cambios en su distribución según dominios fisiográficos.

- Octocorallia: estudio taxonómico de los corales pertenecientes a la familia Primnoidae. Determinación taxonómica y descripción de especies nuevas. Estudio ecológico de las comunidades en relación a la profundidad. Determinación de posibles diferencias en la biodiversidad según factores fisiográficos.

- Hidrozoa: Separación de los ejemplares de esta clase para el posterior estudio de la familia Stylasteridae. Determinación taxonómica de los individuos encontrados en el área de estudio. Estudio ecológico de las comunidades presentes según diferencias batimétricas y/o espaciales en la distribución.

- Cañones: estudio de los cañones presentes en el área de estudio. Distribución de las tres especies de corales descritas en los apartados anteriores. Estudio de posibles diferencia de la distribución de "stonycorals" y corales blandos según la dinámica de los diferentes cañones descritos.

- Serie ATLANTIS: Estudio de la fauna bentónica encontrada en las campañas ATLANTIS. Determinación taxonómica de los grupos encontrados al taxón más bajo posible. Determinación de posibles cambios espaciales y/o temporales a lo largo de la serie ATLANTIS.

- Ecosistemas Marinos Vulnerables: reconocimiento de dichos ecosistemas presentes en el área de estudio. Relación del estado de los EMVs con las actividades pesqueras llevadas a cabo en la zona.

#### 4. Área de estudio

##### 4.1. Características ecológicas de la zona de estudio

Desde el punto de vista hidrográfico, la Plataforma Patagónica se encuentra en la zona de confluencia de dos grandes corrientes oceánicas: la corriente de Brasil, de tipo subtropical, cálida (18°-28°C) y salina y la corriente de Malvinas, de tipo subantártico, fría (6°C) y de menor salinidad.

Ambas corrientes se encuentran en la denominada Zona de Convergencia situada en el talud patagónico, dando lugar a uno de los frentes de mezcla más espectaculares y complejos de todo el mundo, con una longitud de aproximadamente 1500 km, a lo largo de la costa Argentina, como se observa en las imágenes de satélite (Figura 4.1.).

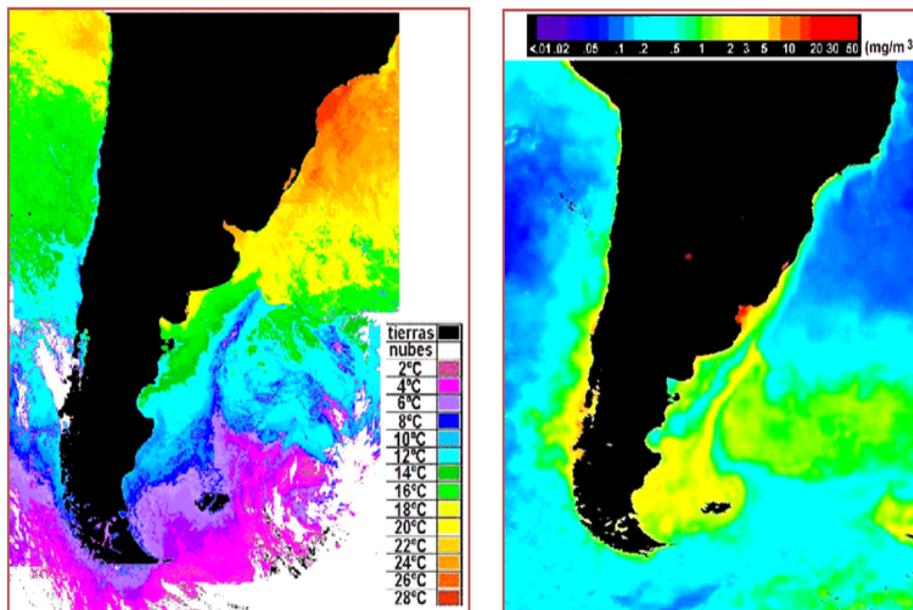


Figura 4.1. Imágenes satélite de las temperaturas y corrientes en el área de estudio. Se pueden observar en diferentes colores las zonas cálidas de las frías (figura extraída del libro "temas de oceanografía" vol. 6, IEO)

El resultado de esta zona convergente es la existencia de un alto aporte de nutrientes de en toda la región patagónica durante la primavera y el verano austral, que es a su vez la principal causa de la riqueza pesquera de la región, así como una elevada biodiversidad de la fauna bentónica en general.

La fauna marina profunda de la parte más austral de América del Sur y la fauna de la Antártida tiene una clara conexión. El origen de la fauna bentónica actual de ambas provincias, la Magallánica y la Antártica, puede remontarse hasta los principios del Cretácico (aproximadamente 130 Ma). Aunque algunos grupos mayores, tales como los moluscos bivalvos y los crustáceos decápodos, disminuyeron claramente en las regiones antárticas a través del tiempo, otros, tales como los briozoos, equinodermos, anfípodos, esponjas e isópodos parecen haber resurgido. La clave para el éxito evolutivo en aguas polares frías pudo no ser tanto la resistencia a las bajas temperaturas, como la habilidad de explotar hábitats y regímenes tróficos nuevos (Crame, 1999). Esta característica hace que el área de estudio sea una zona muy interesante a nivel de biodiversidad, en los capítulos posteriores se observará como gran número de especies antárticas son citadas por primera vez en el área de estudio debido a esta capacidad evolutiva de las especies entre otros factores ambientales detallados anteriormente tales como la convergencia de corrientes.

#### 4.2. Geología y Geomorfología

La zona de estudio corresponde a un segmento del margen Patagónico Argentino, que se formó por una combinación de ruptura y expansión del fondo oceánico iniciada en el Jurásico Medio.

Posteriormente, la apertura del Atlántico Sur, con la separación de Argentina/Uruguay de Sur África/Namibia, se realizó en el Cretácico, con

una edad estimada de 137 a 126 Ma. Dentro de este proceso de creación de fondo oceánico se emplazó una cuña volcánica potente (más de 10 km de espesor) en la mayoría del talud continental argentino (Hinz *et al.*, 1999; Franke *et al.*, 2007).

El Margen Continental Argentino es uno de los márgenes más extensos del mundo ( $2 \times 10^6 \text{ km}^2$ ) cuyo mayor desarrollo, entre 35 y 48° S, corresponde a un típico margen pasivo volcánico. Este margen pasivo presenta una división estructural limitada y definida por grandes zonas o fracturas transformantes situadas aproximadamente perpendiculares a la línea de costa (Franke *et al.*, 2007).

El presente trabajo se llevó a cabo muestreando cuatro zonas diferenciadas: la plataforma continental (< 200 m), el talud superior (201-700m), talud medio (701-1500 m) y talud inferior (>1500 m) del margen argentino dentro de un rango de profundidades entre los 100 y 2300 m.

El margen estudiado ha sido escasamente investigado con anterioridad respecto a geología y geofísica marina, fue en la década de los años 60 donde se realizaron algunas investigaciones en relación con el proyecto ODP (Ocean Drilling Project). Lonardi & Ewing (1971) y Ewing & Lonardi (1971) investigaron el margen argentino mediante sísmica de reflexión y ecosonda monohaz. Posteriormente, en 1974 Urien & Ewing describieron la morfología y los sedimentos superficiales de la plataforma continental entre 30°S y 45°S. Recientemente, Hernández-Molina *et al.* (2009, 2010) estudiaron el margen argentino encontrando importantes elementos erosivos tales como terrazas y enormes depósitos generados por corrientes de contorno en el talud inferior.

Miembros del proyecto Atlantis publicaron un trabajo destacando los dominios fisiográficos de esta zona de la Patagonia argentina, donde diferenciaron 4 dominios; (Muñoz et al., 2012)

1. Plataforma continental, parcialmente fuera de la zona de estudio.
2. Talud continental
  - a. Talud superior, con poca pendiente
  - b. Talud medio, con una pendiente de hasta  $1.20^\circ$  y con numerosas estructuras geomorfológicas
  - c. Talud inferior, menos representado en el área de estudio
3. Llanura abisal, fuera del área de estudio, zonas muy profundas.

Para realizar los estudios descritos en esta memoria de tesis se tomarán como referencia 4 dominios fisiográficos modificados del artículo citado anteriormente (Muñoz et al., 2012). Se corresponderán con los siguientes :

- Dominio 1 (S1)= Plataforma continental
- Dominio 2 (S2)= Talud superior
- Dominio 3 (S3)= Talud medio
- Dominio 4 (S4)= Talud inferior

#### 4.3.Hidrografía

Las masas de agua sobre la plataforma continental argentina poseen características que resultan de la mezcla entre aguas subantárticas entrantes por el talud continental con aguas de descarga continental presentes a lo largo de la costa. A su vez, las aguas resultantes de esta mezcla sufren alteraciones en sus propiedades debido al intercambio con la atmósfera. La circulación media en toda el área es de Sur a Norte, siguiendo la batimetría (Lusquiños & Schrott, 1983; Forbes & Garrafo, 1988) por lo que tienen

características similares a las aguas antárticas otorgándole así al área de estudio una característica particular frente a zonas sitiadas más al Norte del continente americano.

La distribución de los valores de la salinidad en superficie muestra, en toda la plataforma, un incremento dominante desde la costa hacia el talud y desde el sur hacia el norte (entre 50° S y 36° S). Este parámetro presenta también mínimos en la desembocadura de los ríos, especialmente en las de la Plata y Negro; y máximos en áreas dominadas por excesos de evaporación sobre precipitación (Golfo San Matías, área de El Rincón y Golfo Nuevo) (Scasso y Piola, 1988).

Al sur de 45° S se definen tres masas de agua: de Malvinas, Costera y de Plataforma (Bianchi *et al.*, 1982). Al norte de esta latitud las aguas costeras muestran un máximo relativo de salinidad ( $S > 33.8$ ) asociado a las áreas de los golfos, donde domina la evaporación sobre la precipitación (Brandhorst & Castello, 1971) y otro en el sector sur del litoral en las proximidades de Buenos Aires (Martos & Piccolo, 1988) posiblemente como producto de la advección hacia el norte de las aguas del Golfo San Matías.

La distribución de salinidad en superficie de las aguas de plataforma al norte de 45° S, indica la deriva media en sentido NNE de aguas de origen subantártico diluidas por los aportes continentales anteriormente mencionados. La lengua de salinidad mínima, que llega inclusive hasta las latitudes del Río de la Plata, aumenta su valor a medida que se aleja de las fuentes de agua dulce, alcanzando valores que oscilan entre 33.4 y 33.7 (Brandhorst & Castello, 1971).

A lo largo del talud continental, desde su desprendimiento de la Corriente Circumpolar (Pasaje Drake), la Corriente de Malvinas transporta aguas subantárticas con dirección norte entre los 55° S y 39° S-36° S. El núcleo

principal de esta corriente se ubica entre los 150 y 600 metros con valores de temperatura entre 4-5°C y salinidades entre 34.1-34.2. Esta masa de agua interactúa con las aguas de fondo de la plataforma, lo que hace que estas últimas tengan características subantárticas de forma casi permanente. En latitudes inferiores, y también sobre el talud continental y de norte a sur, se observa la corriente de Brasil que transporta aguas subtropicales ( $S > 35.0$  y  $T > 16^{\circ}\text{C}$ ) hasta los  $36^{\circ}\text{S}$ - $38^{\circ}\text{S}$  donde converge con la Corriente de Malvinas y define la Confluencia Subtropical. Desde este momento, ambas corrientes se desprenden del borde continental y se desplazan con dirección SE para constituir la celda de recirculación anticiclónica del Atlántico Sur. Las aguas de plataforma al norte de los  $36^{\circ}\text{S}$ , y en su límite con el talud se ven, consecuentemente, influenciadas por las aguas de la Corriente de Brasil (Figura 4.2). Estacionalmente, las aguas de plataforma presentan un período neto de estratificación por el calentamiento atmosférico característico de primavera y verano. Esta estratificación se manifiesta con la formación de un sistema de dos capas: una templada, superficial, homogénea, producto de la mezcla por viento, y una de fondo, fría, mantenida por la advección media de las aguas de plataforma provenientes de altas latitudes. Durante el período de otoño e invierno, la estructura de dos capas es destruida por enfriamiento y mezcla vertical, mostrando homogeneidad de superficie a fondo (Guerrero & Piola, 1997). Los frentes oceánicos son fenómenos oceanográficos de gran incidencia en la producción biológica. Se caracterizan por ser zonas de intensificación de gradientes horizontales, que definen el límite entre masas de agua de diferentes características y/o diferentes estructuras verticales. En la plataforma argentina se han identificado los siguientes sistemas frontales:

- el frente asociado al estuario del Río de la Plata
- el frente costero de El Rincón
- el frente de mareas de la Península de Valdés
- el frente del Golfo San Jorge y litoral de Santa Cruz

Durante las campañas realizadas en el marco del proyecto Atlantis y por tanto, datos relevantes para la obtención de los datos abióticos de esta Tesis Doctoral, se realizaron una serie de mediciones con CTD por campaña. Estos datos nos serán de utilidad a la hora de explicar ciertas tendencias en la distribución de los grupos de macrobentos estudiados.

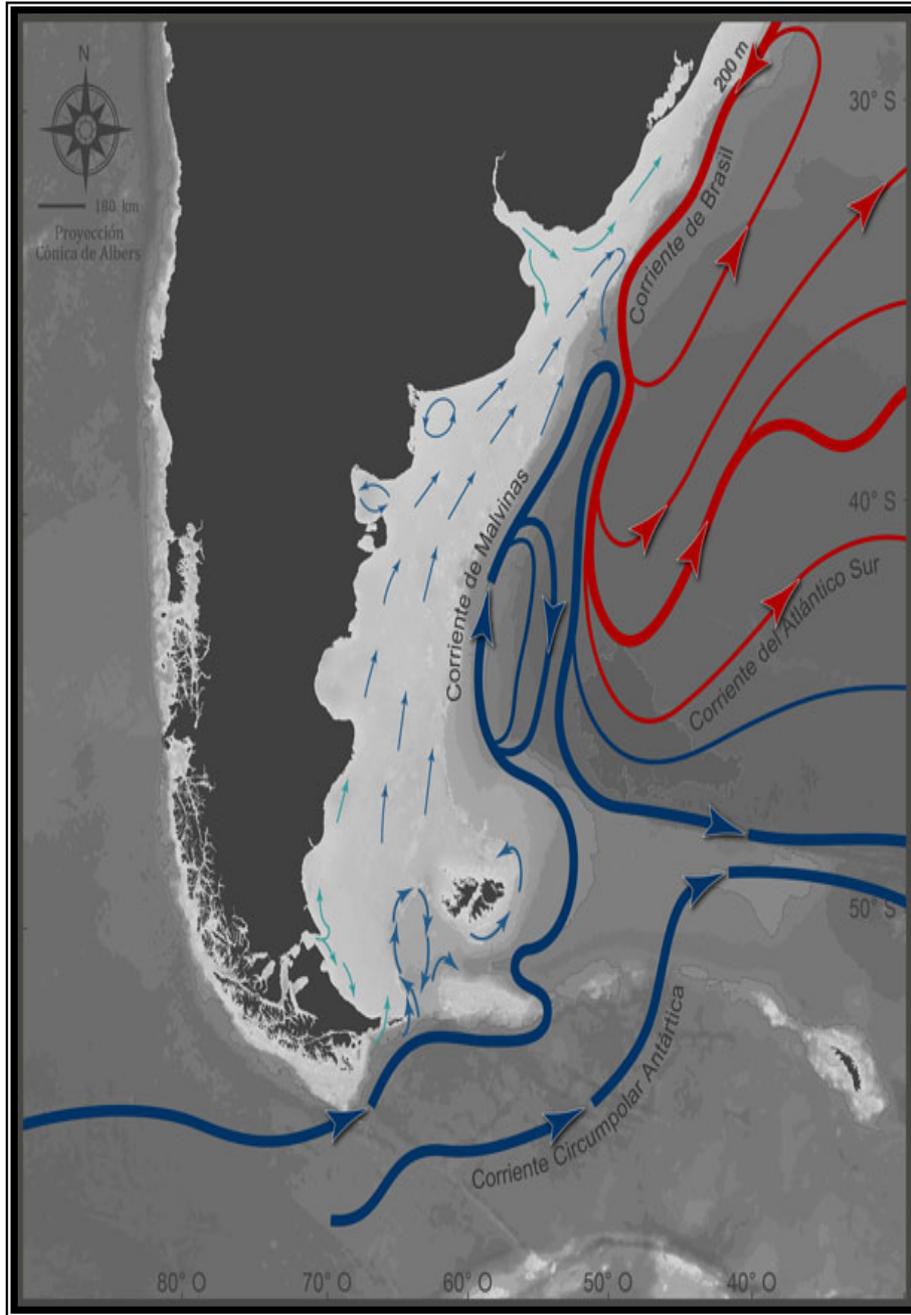


Figura 4.2. Mapa de corrientes en la zona de estudio. en azul se representan las corrientes de masas aguas frías y en rojo las masas de aguas cálidas (extraído de conosumario.org)

#### 4.4. Zonas de pesca

La flota española de arrastre de fondo que opera en los caladeros del Atlántico Sudoccidental, faena en la zona de aguas internacionales que se extienden por fuera de las 200 millas de la Zona de Exclusión Económica (ZEE) argentina, la cual no está regulada por ordenación pesquera del Gobierno Argentino pues está fuera de su marco de jurisprudencia y por no existir ninguna Organización Regional para la Ordenación de Pesquerías (OROP). En la parte de plataforma y el talud que rodean a las islas Malvinas, estas actividades pesqueras están reguladas por el Departamento de Pesquerías del Gobierno de las islas (Falkland Islands Government Fisheries Department, FIGFD. Figura 4.3).

En 1988 el IEO inició el seguimiento de la actividad de la flota española y el estudio de las pesquerías en el ATSW, poniendo en marcha un programa de observadores científicos a bordo de buques comerciales. La información recogida a través del programa de observadores del IEO entre 1989 y 2010 fue utilizada para elaborar la huella de la pesquería, delimitando la zona de actuación de la flota pesquera española (Portela et al., 2010). En esta zona del ATSW, fuera del límite de 200 millas (ZEE de Argentina), la flota española faena en dos áreas de la plataforma continental y del talud, una más pequeña, en torno al paralelo 42° S y otra de mayor superficie, comprendida entre los paralelos 44° S y 48° S. Estas zonas como se mostró en la figura de divisiones estadísticas de pesca de la FAO, se encuentran comprendidas dentro de las subáreas estadísticas 41.3.1 y 41.3.2 de la FAO, dirigida a la captura de especies demersales con arrastre de fondo, habiendo utilizado de forma prácticamente exclusiva el aparejo de arrastre con puertas desde el comienzo de la pesquería en 1983.

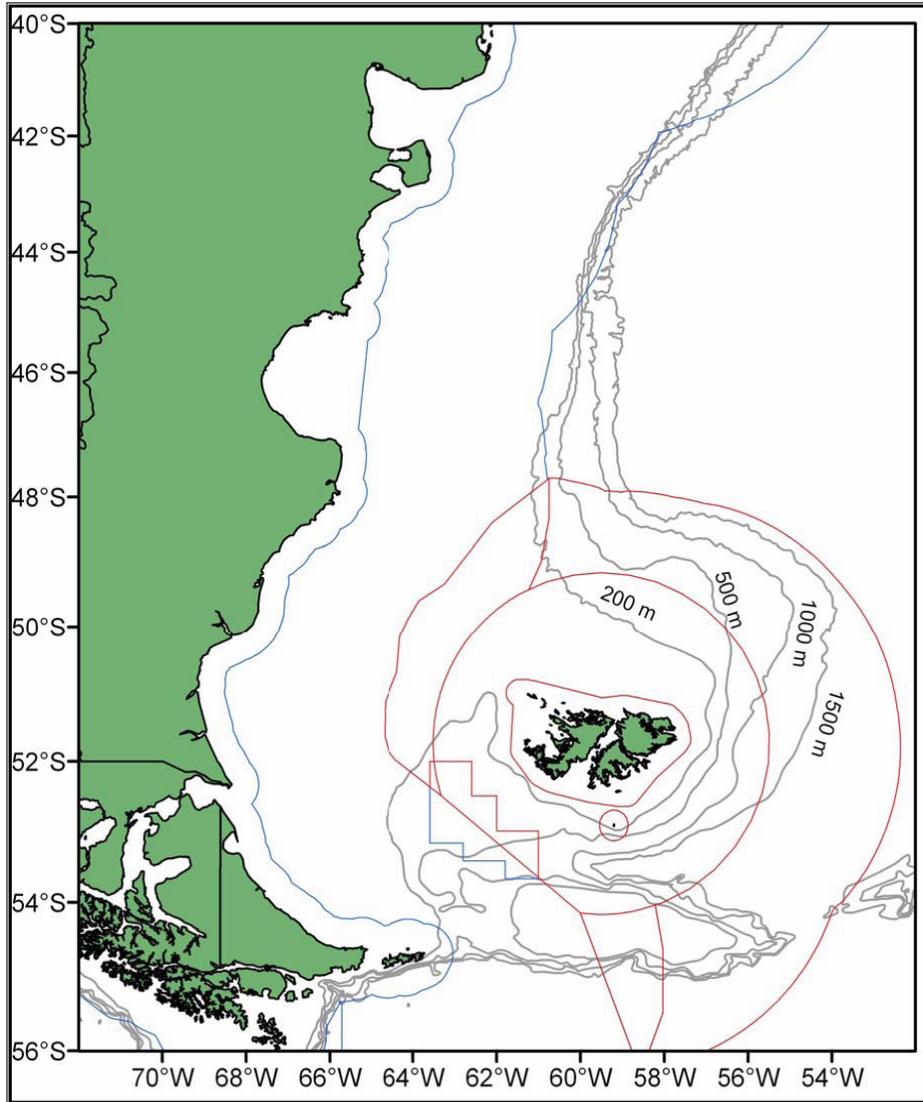


Figura 4.3. Mapa de la plataforma patagónica, isobatas y límite jurisdiccional de las 200 millas, zona económica exclusiva de Argentina.

#### 4.5. Especies objetivo

Al inicio de la pesquería en 1983, después de la guerra de las Malvinas, las especies objetivo de la flota española eran las merluzas (*Merluccius hubbsi* y *M. australis*), el calamar (*Loligo gahi*) y la pota (*Illex argentinus*), aunque también se capturaban cantidades importantes de diversas especies acompañantes, consideradas como descartes y que con el paso del tiempo se han ido convirtiendo en especies objetivo, como es el caso de la merluza de cola, polaca, bertorella, merluza negra o róbalo, rosada y rayas, destacando el caso del marujito (*Patagonotothen* spp.) que siendo una especie descartada al 100% hasta 2004, ha pasado a constituir en la actualidad la especie objetivo para algunos barcos. En la tabla 4.1 que se presenta el nombre científico y el nombre común, español e inglés, de las principales especies capturadas por la flota española en estos caladeros de la zona de la Patagonia.

Tabla 4.1. Principales especies objetivo y acompañantes de interés para la flota española arrastrera en el Atlántico Sudoccidental

| NOMBRE CIENTÍFICO                              | NOMBRE ESPAÑOL          | NOMBRE INGLÉS         |
|--|-------------------------|-----------------------|
| <i>Merluccius hubbsi</i> , Marini 1933         | Merluza común argentina | Common hake           |
| <i>Merluccius Australis</i> , (Hutton, 1872)   | Merluza austral         | Patagonian hake       |
| <i>Dissostichus eleginoides</i> , Smitt 1898   | Merluza negra, Robalo   | Patagonian toothfish  |
| <i>Genypterus blacodes</i> , (Forster, 1801)   | Rosada                  | Kingclip              |
| <i>Macruronus magellanicus</i> , Lönnberg 1907 | Merluza de cola         | Hoki                  |
| <i>Salilota australis</i> , (Günther, 1878)    | Bertorella, Brótola     | Red cod               |
| <i>Micromesistius australis</i> , Norman 1937  | Polaca                  | Southern blue whiting |
| <i>Macrourus</i> spp. (Günther, 1878)          | Granadero               | Grenadier             |
| <i>Raja</i> spp. Linnaeus 1758                 | Rayas                   | Skate                 |
| <i>Illex argentinus</i> , (Castellanos, 1960)  | Pota                    | Shortfin squid        |
| <i>Doryteuthis gahi</i> , (d'Orbigny, 1835)    | Calamar                 | Common squid          |
| <i>Patagonotothen</i> spp. Balushkin, 1976     | Marujito                | Rockcod               |

#### 4.6. Huella de la pesquería

Los resultados del análisis de la información recogida a través del Programa de Observadores Científicos del IEO en aguas del Atlántico Sudoccidental, otra información de tipo comercial aportada por el sector y de los datos del VMS (Vessel Monitoring System) aportados por la SGP, en forma de mapas elaborados mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), permitió elaborar un mapa con la huella de la pesquería de la flota española en la zona de estudio, entre 1989 y 2007.

En la figura 4.3 se observa que la mayor parte del esfuerzo ejercido por la flota española se realiza a menos de 300 m de profundidad. Mediante el empleo de herramientas basadas en SIG se permitió determinar que el 99.85% del esfuerzo entre los paralelos 44° S y 48° S tiene lugar por debajo de esa cota batimétrica.

Posteriormente con los datos recogidos en el proyecto Atlantis entre los años 2008-2010 se observó que al igual que los datos recogidos por el programa de observadores pesqueros realizado en años anteriores, la mayor parte del esfuerzo pesquero por parte de la flota pesquera española se realizaba por debajo de la cota de 300 metros de profundidad (Figura 4.4). En el capítulo 6 (Resultados) se detallará que este esfuerzo pesquero también afectaba a zonas de gran riqueza ecológica.

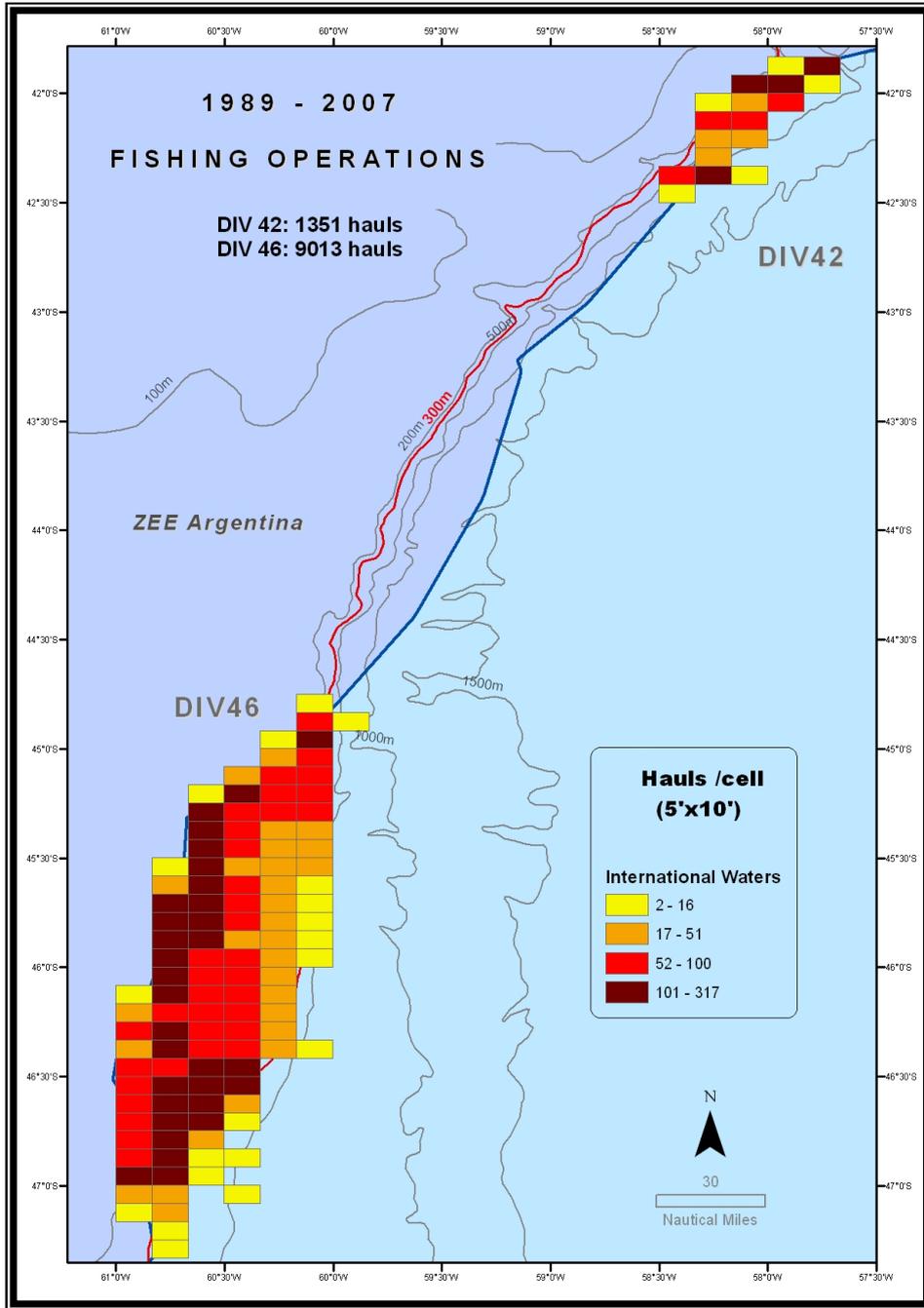


Figura 4.4. Actividades pesqueras registradas por científicos del IEO mediante un programa de observadores pesqueros en aguas internacionales del atlántico sudoccidental entre 1989 y 2007 (Fuente: temas de oceanografía, vol.6. ieo)

## 5. Material y Métodos

### 5.1. Material

Para la elaboración de esta memoria el material utilizado ha sido el obtenido en 13 campañas multidisciplinarias realizadas a bordo del B/O Miguel Oliver divididas en dos series; la serie Patagonia dirigidas exclusivamente al estudio de las comunidades bentónicas y factores abióticos del área de estudio con un total de 10 campañas realizadas durante los años 2008, 2009 y 2010; y la serie Atlantis dirigidas a la evaluación del stock pesquero en las cuales, el bentos se estudió como captura accesoria a la pesca con un total de 3 campañas, Atlantis 2008, Atlantis 2009 y Atlantis 2010. De estas 13 campañas, en 9 de ellas se colectó material que ha sido estudiado para la realización de esta memoria, las campañas restantes fueron de cartografía y ROV, el material obtenido fue utilizado indirectamente en esta memoria, como material adicional, ya que de él obtuvimos información sobre la geografía de la zona, material fotográfico, etc. Fueron campañas multidisciplinarias en las que, información recopilada durante las campañas comprendía datos geológicos, de ecosondas multihaz y de sísmica de alta resolución, datos sobre hidrografía (CTD), muestras de bentos y datos pesqueros (CPUE, batimetría, temperatura, etc.)

En las campañas Atlantis, se identificaron aproximadamente 11047 especímenes de la mayor parte de los filos de invertebrados bentónicos. Para los capítulos relacionados con las campañas Patagonia se utilizaron exclusivamente los corales fundadores, "framework-forming corals", de arrecifes de coral de aguas frías. Se identificaron 295 corales duros (Sclerectinia), 281 corales blandos (Primnoidae) y 197 falsos corales (Stylasteridae). La elección de estos grupos y no otros, se debe a su papel como formadores principales del arrecife, puesto que tienen estructuras tridimensionales que dan lugar al asentamiento de toda la comunidad asociada al arrecife de coral.

## 5.2. Métodos

### 5.2.1. Geomorfología

#### 5.2.1.1. Sistema de Navegación y Posicionamiento

El posicionamiento se realiza mediante un GPS Diferencial. A bordo del B/O Miguel Oliver, el navegador utilizado es modelo Simrad GN33, con 2 receptores de 12 canales. En él se insertan correcciones diferenciales de forma continua, normalizadas según formatos RTCM 104. Se utilizó un operador de correcciones diferenciales como sistema de suministro de correcciones diferenciales al primario de navegación. Consiste en una red de estaciones de referencia en tierra, que transmiten sus correcciones diferenciales a través de un satélite de comunicaciones geoestacionario, en la banda 1,5 Ghz y son recibidas a bordo con una antena omnidireccional de reducidas dimensiones.

La unidad opera de un modo conocido como "estación de referencia virtual": el propio receptor de comunicaciones, dispone de un sencillo navegador GPD integrado, de manera que conoce cuál es su posición. El mensaje recogido en el servidor y desde él, distribuido por la red local. Todas las posiciones fueron calculadas en el sistema de referencia WGS 84, al cual los navegadores GPS refieren siempre sus datos. Esto evita la existencia de errores incontrolados por transformación de coordenadas.

El movimiento del barco viene controlado por un sistema Seapath 200, que determina con gran exactitud el comportamiento instantáneo del buque. Está compuesto por varios sensores de alta precisión que cumplen especificaciones militares, como son un sensor inercial (MRU), un sistema de antenas, una unidad de proceso y un ordenador conectado a ella. El sistema Seapath recibe datos del sensor de movimiento, del GPS diferencial y opcionalmente de la

giroscópica, para incrementar la fiabilidad. El sistema proporciona datos precisos del rumbo (heading), balanceo (roll), cabeceo (pitch) y altura (heave) y junto al GPSD determina la posición y la velocidad. Estas prestaciones se obtienen con un mínimo de 4 satélites visibles y correcciones diferenciales en el GPS.

El B/O Miguel Oliver dispone de 2 sistemas de navegación. Éste se puede realizar utilizando el ploter de navegación modelo Simrad CS66 que se trata de un sistema modular compuesto por un ordenador central, una unidad de CD-Rom y un panel de control. Permite la navegación usando cartografía electrónica estando clasificado como "Electronic Chart Display and Information System" (ECDIS), cumpliendo todos los estándares requeridos para la navegación electrónica (IMO-approved ECDIS). En él, la posición real del barco se muestra en la carta náutica electrónica, basándose en la información de los sensores de navegación. De este modo el símbolo del barco puede observarse relacionado con todos los eventos de la navegación, rutas planificadas, objetos en tierra, faros, jaulas de peces, líneas batimétricas, límites de seguridad, etc. También se dispone de otro sistema denominado OLEX, que es un sistema de cartografiado electrónico para planificación de rutas y navegación automática a lo largo de las mismas. Permite adicionalmente almacenar en memoria rutas, marcas, información sobre cartas náuticas, etc. Además dispone de una especial característica como es su capacidad para mostrar el fondo marino en formato tridimensional a partir de datos reales procedentes de las ecosondas del buque. Permite visualizar la posición de la red con respecto al buque y al fondo en las tareas de pesca.

#### 5.2.1.2 Posicionamiento Dinámico SDP10

El B/O Miguel Oliver dispone de un sistema de posicionamiento dinámico Kongsberg SDP10. El sistema permite controlar de forma automática y

programada las maniobras del buque, hecho que permite fijar una posición y mantener al buque en ella con el mínimo movimiento, mediante la corrección de factores tales como la corriente, el viento, etc.

Su principio básico consiste en la integración de los datos generados por sensores tales como giroscópicas, receptores DGPS, sensores de movimiento, cabeceo, balanceo y oleaje, anemómetros y corredera. Todos estos datos son procesados en tiempo real con una alta velocidad de actualización, lo que permite una reacción inmediata. Para contrarrestar los efectos no deseados se emprenden acciones mediante la aplicación de señales analógicas sobre los elementos actuantes del buque, ya sean hélices principales, timones y hélices transversales.

#### 5.2.1.3 Sistema de integración de datos

El buque B/O Miguel Oliver dispone de un sistema integrador de datos CB1000 (MDM 400), que a través de numerosos terminales es capaz de interconectar los equipos que actúan como sensores, incluidos todos los sistemas de navegación, pesca y científicos. Además, mejora la disponibilidad de datos en todos los sistemas integrados, estas funcionalidades resultan básicas para dar prioridades de uso a los distintos sistemas redundantes. También asegura la compatibilidad de las señales de todos los equipos y facilita su distribución a través de la red informática del buque, incluso mediante la presentación selectiva de señales y formatos de estas.

#### 5.2.1.4 Ecosonda Monohaz EA 600

La ecosonda hidrográfica monohaz EA-600 permite operar en frecuencias diferentes. Su diseño permite la detección y seguimiento del fondo marino con alta precisión gracias a un procesamiento independiente de los datos recibidos en cada canal. Los transductores instalados en el B/O Miguel Oliver, permiten

operar hasta profundidades de 11.000 m, pudiendo grabarse datos digitales, con anotaciones de hora, posición y escala. Esta ecosonda está destinada a la detección del fondo existente bajo el buque, aportando además información sobre la inclinación del mismo, su tipología, etc. La información es enviada al servidor del buque, que a su vez la envía al sistema de navegación.

#### 5.2.1.5 Ecosonda Multihaz EM-302

La ecosonda EM 302 es una ecosonda multihaz de baja frecuencia que posee una gran resolución, alta velocidad de adquisición de datos, fiabilidad y facilidad de operación. Los usuarios del sistema EM-302 pueden completar las tareas de adquisición de datos mucho más rápido de lo que sería posible con un sistema monohaz y con una resolución superior.

La ecosonda multihaz EM-302 opera a una frecuencia de 30 Khz y proporciona una completa capacidad de "barrido" para profundidades de las plataformas someras, hasta algunas cuencas oceánicas no muy profundas con un máximo de 7500 m. El modelo EM-302 instalado en el B/O permite emitir con aperturas de haz de 150 y 432 haces por disparo con una distancia angular de 1°, produciendo "barridos" del fondo marino de hasta 6,5 veces la profundidad.

El sistema está integrado por un conjunto de transductores para transmisión y otro para recepción. Una unidad de control y procesado o "transceiver unit" y una unidad de operador formada por un PC con discos duros accesorios, grabador de DVD y conexiones USB.

Todos estos datos, se graban en ficheros que se cierran al alcanzar un tamaño de 20 megabytes, en aguas medias y profundas; y 30 megabytes en zonas de plataformas someras, y cuya duración en el tiempo varía en función de la profundidad en la que se esté trabajando.

#### 5.2.1.6 Sistema de ecosonda paramétrica TOPAS PS 18

Como sistema de sismica de reflexión se utilizó la sonda paramétrica TOPAS PS 18, perteneciente al equipamiento científico del buque. La TOPAS consta de un transductor múltiple, direccional y electrónicamente compensado por la orientación instantánea de la plataforma, que emite pulsos de sonido en 2 frecuencias próximas, en la banda de 16 a 20 kHz. La transmisión simultánea de las 2 frecuencias próximas produce la formación de las señales que son suma y diferencia de ambas, la primera de las cuales se extingue rápidamente. La diferencia, sin embargo, está en el rango de 0,5 a 4 kHz, de manera que tiene excelentes propiedades de alcance y penetración en el subsuelo, beneficiándose además de las propiedades de directividad correspondientes a las frecuencias originales, dadas las dimensiones reducidas del transductor. La fuente paramétrica tiene la ventaja de generar una señal de baja frecuencia sin problemas en los lóbulos laterales. El haz estrecho también reduce la reverberación en la señal recibida y aumentando así la penetración.

El sistema puede operar con diferentes tipos de onda de la señal para obtener un rendimiento óptimo: normalmente se utilizan ondas de tipo Ricker para trabajos de muy alta resolución; pulsos tipo Chirp para trabajos de alta penetración en aguas profundas; y pulsos tipo CW se utilizan con banda estrecha, para trabajos de precisión.

El haz transmitido, está estabilizado, por vía electrónica tanto para roll, pitch y heave. Para ello se utiliza la incorporación de datos desde una unidad de referencia vertical garantizando que el área insonificada del fondo marino se encuentra localizada con precisión. La penetración obtenida depende de las características del sedimento, la profundidad del agua, etc, dando una idea del tipo de fondo en el que se encuentra el buque. Se han obtenido

penetraciones de más de 150 metros en una profundidad del agua de 1000 metros con una resolución general, de 30 cm o más.

Los datos se almacenan en la consola de operación, en la cual se unen a los procedentes del Seapath y de la ecosonda, proporcionando la localización exacta de los mismos. Todos estos datos se graban de forma digital en 2 tipos de ficheros uno de datos brutos y otro de datos procesados a los que se les han aplicado diversos filtros.

#### 5.2.1.7 Unidad de sincronización acústica

Este sistema permite la sincronización entre los diferentes equipos acústicos instalados en el barco. Su funcionamiento se basa en el control de los tiempos de emisión y escucha de los diferentes equipos en función de sus características particulares (frecuencia de emisión, longitud de pulso) y de los parámetros operacionales (tasa de disparo, profundidad, equipos conectados).

Dispone de un interface gráfico que permite el manejo a través de un teclado simple, proporcionando una fácil visualización de los equipos que están transmitiendo y en qué modo.

#### 5.2.1.8 Sensor de Velocidad de Sonido SV Plus

El sensor de velocidad de sonido SVPlus de la marca Applied Microsystems LTD, es un instrumento autocontenido y multiparámetro, diseñado para adquirir medidas de velocidad de sonido en el agua, temperatura y presión. Su funcionamiento consiste en la emisión de un pulso que se transmite en el agua. Este pulso viaja por una distancia fija y calibrada hasta una placa reflectora y térmicamente estable que tiene un tiempo de respuesta 0. Cuando la señal vuelve al emisor, se mide el tiempo de viaje de la señal y se

obtiene el tiempo de viaje de la señal. Con el tiempo y la distancia se calcula la velocidad del sonido de forma directa.

Este instrumento está preparado para grabar datos en función de diversos parámetros, según la programación que se le realice pudiendo tomarse datos por incrementos de profundidad, incrementos de tiempo y por incrementos de cambio en la velocidad del sonido. Para el arriado e izado de estos equipos se utiliza el torno hidrográfico del buque, siendo ayudado por el sistema de posicionamiento dinámico a fin de mantener la verticalidad del equipo.

### 5.2.2. Bentos

La mayor parte de las muestras analizadas para esta memoria fueron recolectadas con la draga de roca o como captura accesoria del arte de pesca empleado para el estudio del stock pesquero, Lofoten. No obstante, para la descripción de nuevas especies en el capítulo 3 de resultados, se tomaron ejemplares capturados con draga box-corer empleada principalmente para el estudio de la infauna presente en los sedimentos blandos del área de estudio y el análisis de los mismos sedimentos. Así pues, explicaremos en que consistía cada tipo de muestreador empleado. Herramientas tales como el ROV o cámara submarina, descritas con anterioridad, fueron empleadas como muestreadores iniciales para determinar que zonas eran más óptimas para la realización de la draga de roca o pesca de arrastre.

#### 5.2.2.1. Draga Megabox Corer

La draga box-corer es un método simple y fiable de muestreo cuantitativo donde se puede coleccionar sedimento con un mínimo de contaminación y perturbación de la muestra. Es ampliamente utilizado para estudios biológicos (infauna), químicos y geoquímicos de los sedimentos no consolidados debido a que ofrece muestras bien conservadas. Es empleada tanto en aguas

sublitorales como en plataforma, talud y grandes profundidades abisales (Gage & Tyler, 1991; Eleftheriou & McIntyre, 2005; Rumohr, 2009). Existen numerosos y diversos modelos de *box corer* según su diseño que está adaptado al tipo de estudio, al tipo de sedimento y a la profundidad (Reineck, 1963; Bouma & Marshall, 1964; Hessler & Jumars, 1974).

La draga *box corer* utilizada principalmente en esta serie de campañas pertenecientes al proyecto Atlantis fue la *megabox corer* tipo USNEL (Hesser & Jumars, 1974; Figura 5.1.) la cual podemos definir como un muestreador cuantitativo de gran profundidad para el muestreo de infauna y sedimentos conservando la estructura vertical del mismo (muestra sin alterar) y cubriendo un área fija de superficie (0,25 m<sup>2</sup>), siendo este tamaño el apropiado para el estudio de este tipo de comunidades profundas donde la densidad de organismos infaunales es muy baja.

La draga mega *box corer* está formada por una estructura metálica muy robusta, desmontable, formada por una caja de acero inoxidable abierta en su base y unida en su parte superior a una columna muy pesada (interior relleno de plomo). También presenta un brazo metálico móvil acabado en una pala o cazoleta que, mediante un mecanismo accionado por un sistema de gatillos, cables y roldanas, permite la recolección de la muestra sin alterar cuando el *box corer* impacta con el fondo marino. Toda esta estructura está protegida por un armazón metálico muy resistente que va a ser el que amortigüe el impacto contra el sedimento. Además de estudiar las comunidades infaunales presentes en los dragados realizados con mega *box corer*, con estas muestras se obtuvieron los valores de granulometría y materia orgánica. En cada campaña se trató siempre de realizar un muestreo con *box corer* en cada sector y estrato de profundidad, seleccionándose las estaciones de muestreo donde se había confirmado previamente con otros métodos la presencia de tipos sedimentarios blandos. Esto nos permitió conocer a rasgos generales los sedimentos presentes en el área de estudio (Figura 5.2.).

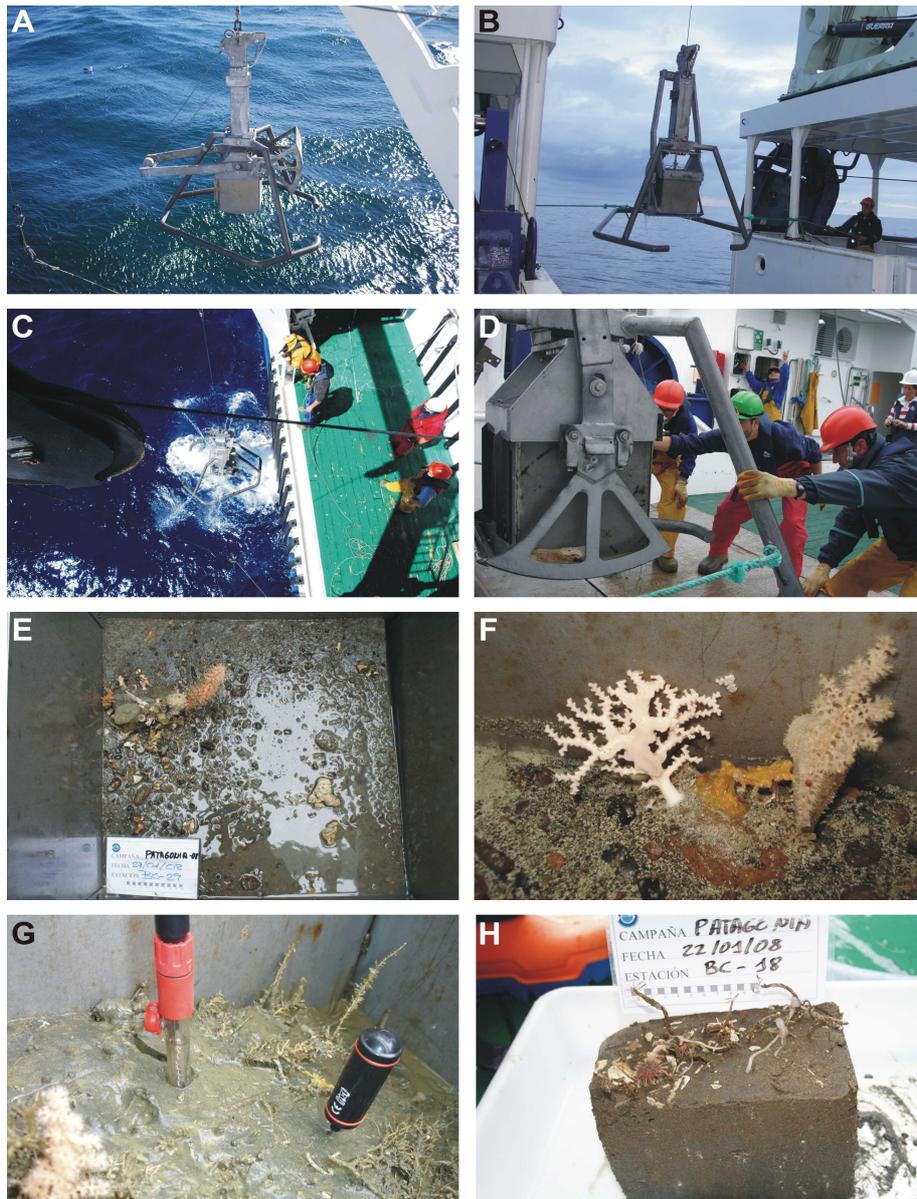


Figura 5.1. Draga Mega Box Corer. A) Largado de la draga abierta. B) Izado de la draga cerrada. C) Maniobra de virado de la draga a bordo. D). Maniobra de deposito sobre la cubierta. E) Muestra obtenida con ejemplares de diferentes grupos zoológicos. F). Detalle de una muestra con representantes de la Familia Stylasteridae, de la familia Primnoidae y del Filo Porifera. G). Medición de los parámetros fisico-químicos en la superficie del sedimento. H). Muestra alicuota extraída de una de las cajas.

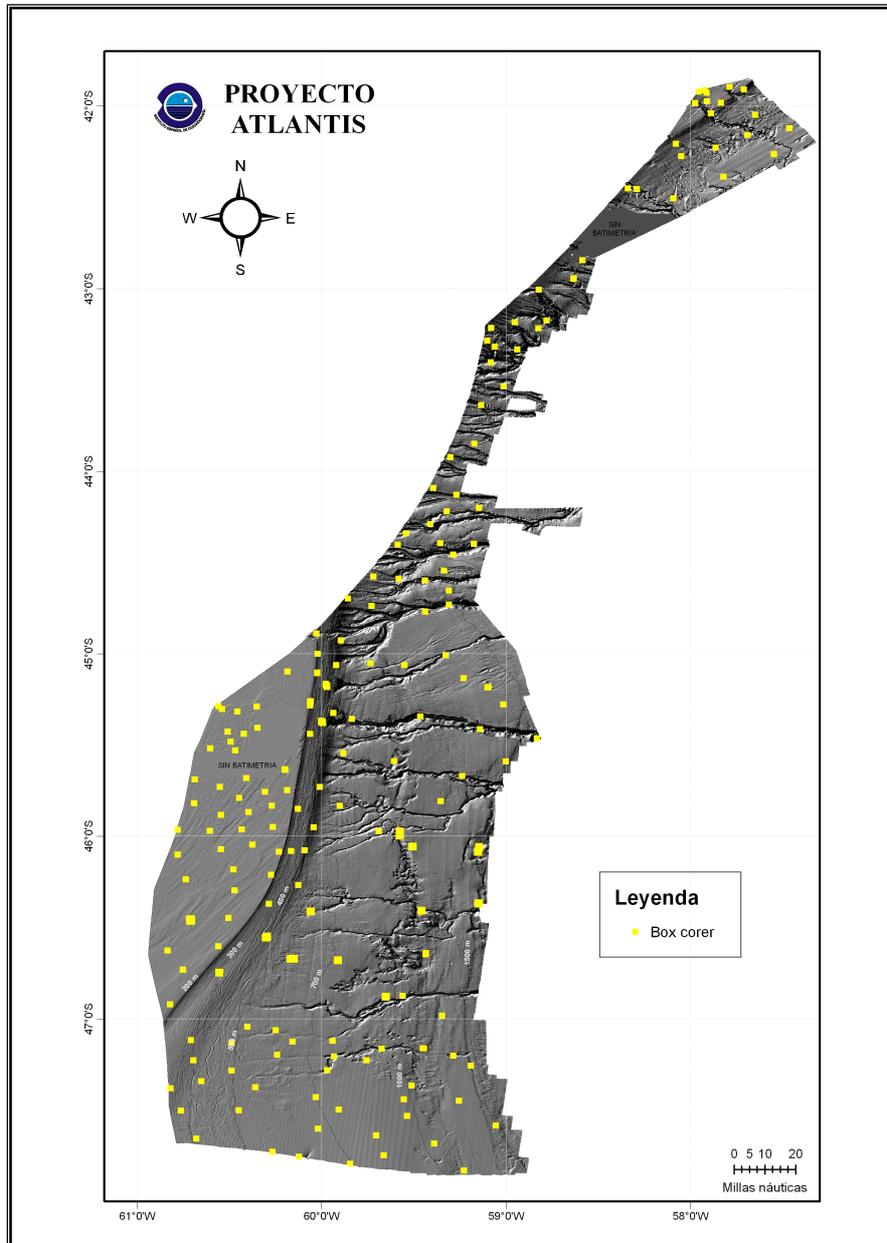


Figura 5.2. Mapa de la zona de estudio donde se detalla el esfuerzo de muestreo realizado con draga box corer.

#### 5.2.2.2. Draga de Roca

La draga de roca permite la obtención de muestras de sustratos duros y sedimentos semiconsolidados. Este tipo de instrumentación se incluye dentro de los métodos directos que permiten obtener datos sobre el suelo marino por medio de un contacto físico con él. Se emplean en zonas donde se prevé la existencia de afloramientos rocosos.

Las dragas de rocas están formadas por una estructura metálica rectangular, unida a una red que va protegida por unas bases de cuero, goma o parpaya o una combinación de ambas. La draga empleada en las diferentes campañas del proyecto Atlantis, presentaba unas dimensiones de 0,8 m de ancho y 0,3 m de altura, con un tamaño de malla de 10,0 mm (Figura 5.5.). Al desplazarse arrastrando sobre el fondo marino, la boca metálica rectangular, rompe fragmentos de roca que son depositados en el interior de la red y recogidos posteriormente en superficie al izar la draga. La velocidad de arrastre debe ser lo más baja posible, entre 2 y 3 nudos y el tiempo de arrastre de unos 10-15 minutos, dependiendo de según la complejidad estructural de la zona. Este muestreo se dirigió al estudio de las comunidades epibentónicas de fondos rocosos y de las estructuras biogénicas (organismos bioconstructores). Las estaciones de muestreo se seleccionaron previamente tras el estudio de los datos proporcionados por la sonda multihaz, el ROV y la cartografía obtenida. Se procedió al muestreo de aquellas zonas donde se observó la posible presencia de fondos duros y/o de bioconstrucciones carbonatadas, (arrecifes coralígenos de aguas frías). (Figura 5.3.)

El material colectado en la draga era procesado a bordo, se triaba, clasificaba por grupos taxonómicos para su identificación, se tomaba su peso y número de individuos cuando era posible. Los ejemplares eran conservados en etanol al 70 % para su posterior estudio detallado en el laboratorio (más detalles en el apartado de técnicas taxonómicas en este capítulo).



Figura 5.3. Draga de roca utilizada para los muestreos en las campañas Patagonia. Maniobra de muestreo largado y virado de la draga, vertido del material recolectado en la cubierta del barco para su posterior tratamiento.

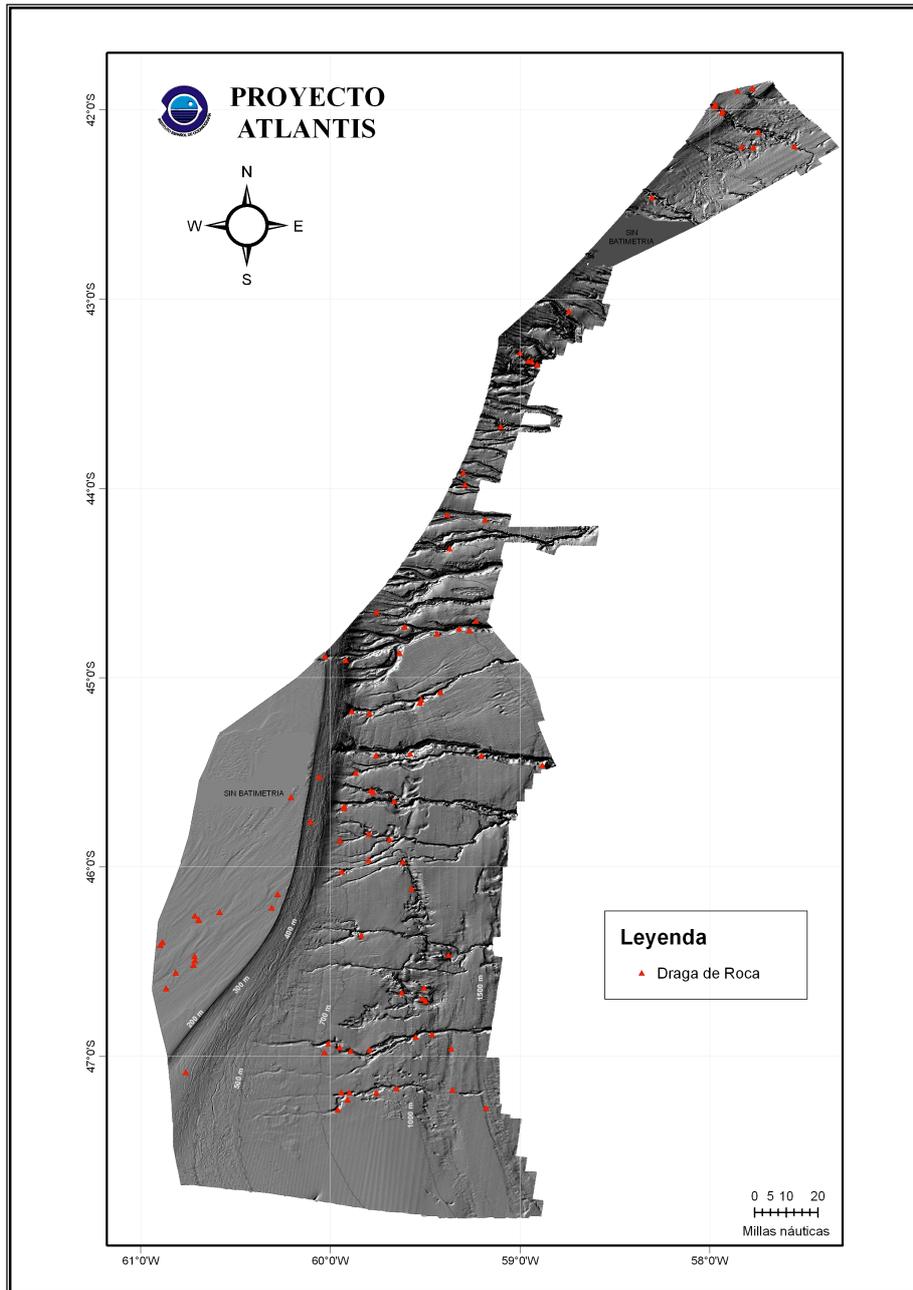


Figura 5.4. Mapa de la zona de estudio donde se detalla el esfuerzo de muestreo con draga de roca.

### 5.2.2.3 Unidad de Inspección Remota Submarina (ROV)

Se utilizó un Vehículo Operado Remotamente (ROV) de la marca Deep Ocean modelo Swordfish perteneciente a la Secretaría General del Mar (SGM) (Figura 5.5). El vehículo submarino de inspección remota tiene los siguientes componentes técnicos; cámara principal con movimiento de 180°, cámara de video auxiliar, manipulador o brazo extensible, dos cables umbilicales de 300 y 600 m de longitud, sonar de obstáculos, sistema acústico de posicionamiento subacuático de largo alcance y precisión métrica, auto rumbo y auto profundidad, sensor de presión, compás electrónico

El ROV funciona accionado desde la superficie a través de su cable umbilical, por medio del cual recibe instrucciones y a través del cual emite imágenes que se ven en tiempo real en superficie. Estos datos son registrados en una unidad de control que se encuentra instalada en cubierta, donde además se incluyen los controles de situación del robot, control del brazo hidráulico y mandos de dirección y guía del vehículo. Las inmersiones pueden ser de hasta varias horas.

La campaña Patagonia 0109 se planteó tras las campañas multidisciplinarias realizadas en 2007 y 2008, en las que se habían realizado: la cartografía geomorfológica, toma de muestras, pescas, estudios de bentos e hidrográficos. Tuvo como objetivo el obtener imágenes de video y fotografías en los puntos establecidos como prioritarios tras la interpretación geomorfológica, derivada de los muestreos de dragas *box corer* y de roca realizadas y de los resultados obtenidos en los lances de pesca realizados en las 8 campañas previas y para completar las investigaciones con los métodos directos de investigación basados inspecciones con un vehículo de inspección remota o ROV y cámaras fotográficas verticales tal como establecen los protocolos de cartografía de hábitats (Coggan, *et al.*, 2007). Con este método se realizaron 8 inmersiones (Figura 5.6.).

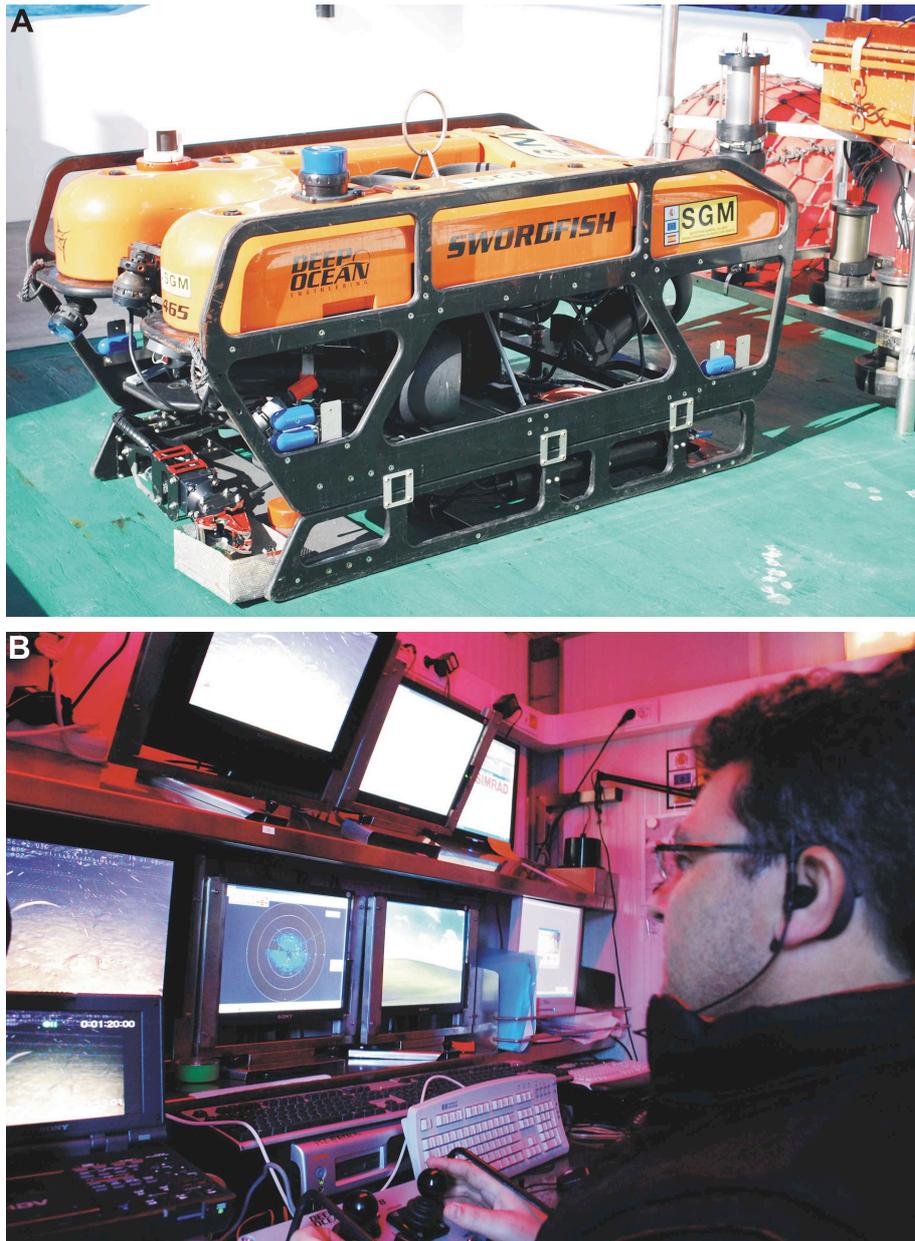


Figura 5.5. A. ROV Swordfish en la cubierta del B/O Miguel Oliver. B. Sala de control del ROV.

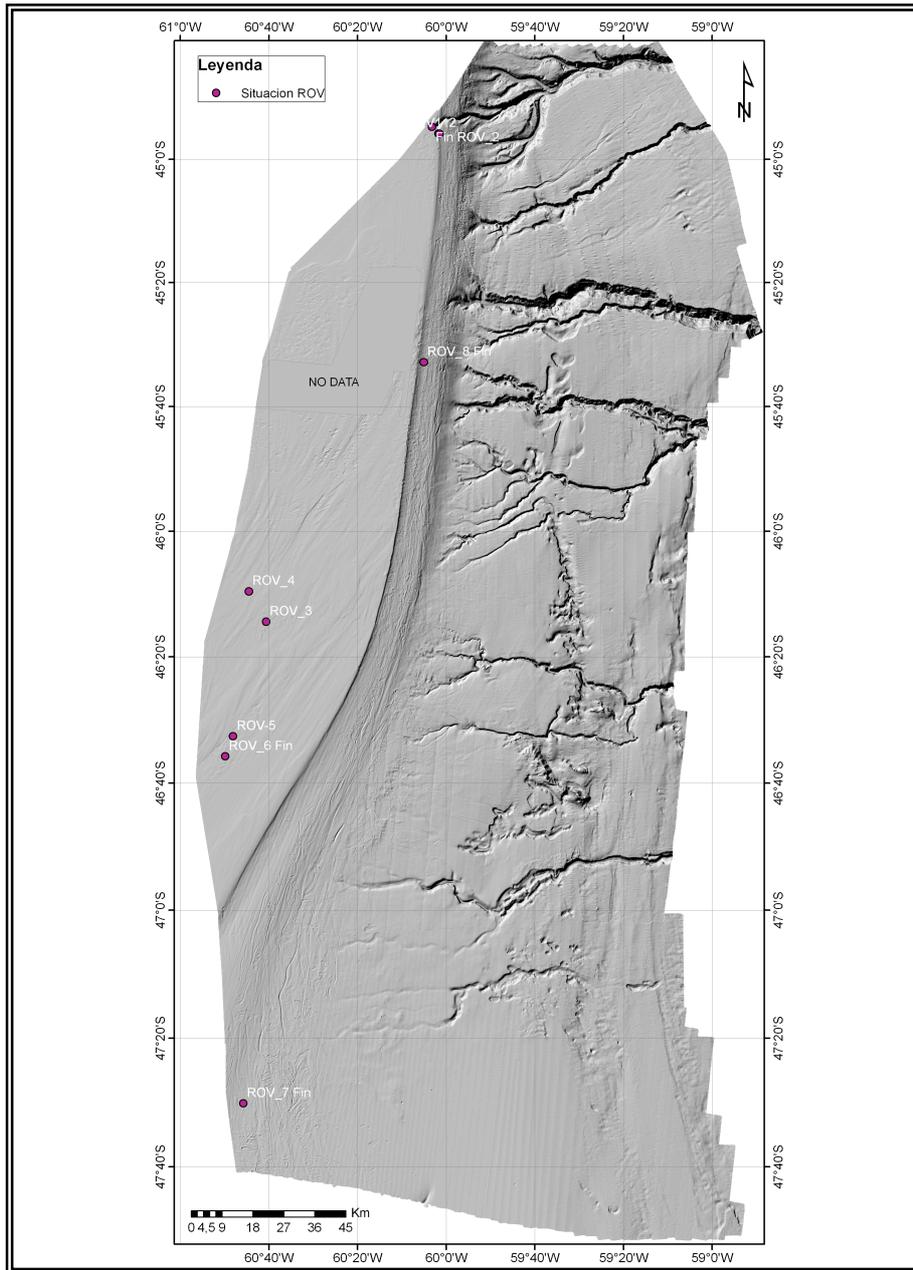


Figura 5.6. Mapa de la zona de estudio donde se detalla el esfuerzo de muestreo realizado con ROV (Remote Operated Vehicle).

#### 5.2.2.4. Cámara digital submarina

Para la obtención de fotografías digitales de alta resolución en las estaciones de muestreo seleccionadas, se utilizó un sistema diseñado para obtener fotografía submarina hasta un límite inferior máximo de 3000 metros. Los elementos que constituyen el sistema fueron, sistema fotográfico, sistema de iluminación y equipos auxiliares.

El sistema fotográfico es un equipo digital controlado remotamente y montado en una estructura de acero inoxidable (Figura 5.7.). El sistema se montó con un intervalo metro programable a cada minuto y en posición totalmente cenital. Una cámara réflex digital de >12 Mpixel, modelo Nikon D700 con ópticas Nikon intercambiables, caja estanca de aleación de aluminio fabricada por EMS con capacidad de operación hasta 4000 m, frontal óptico intercambiable. Se empleó una óptica Nikkor 20mm / f 2,8 con una focal prefijada.

El sistema de iluminación lo formaban 2 flashes EMS-Subtronic DSF-2008. Se trata de flashes especialmente diseñados para la fotografía submarina, dotados con una potencia de 250Ws, un ángulo de cobertura de 116° según DIN 19011 y con un tiempo de reciclaje de 0,1 a 2,5 s.

El equipo auxiliar y de apoyo a la operación del sistema se utilizó un equipo CTD SBE911plus, equipado con sensores de temperatura, conductividad, presión, oxígeno disuelto, fluorescencia y altímetro sónar. El sistema permitía situar la cámara con una precisión sub-métrica sobre el fondo a fotografiar. El CTD funcionó en tiempo real con una frecuencia de muestreo de 24Hz, transmitiendo datos vía al cable electromecánico del buque a una unidad de cubierta SBE11plus a su vez conectada a un ordenador con un software de control y adquisición de datos. Se realizaron 15 maniobras con cámara para la obtención de fotos del fondo de posibles arrecifes presentes en el área.

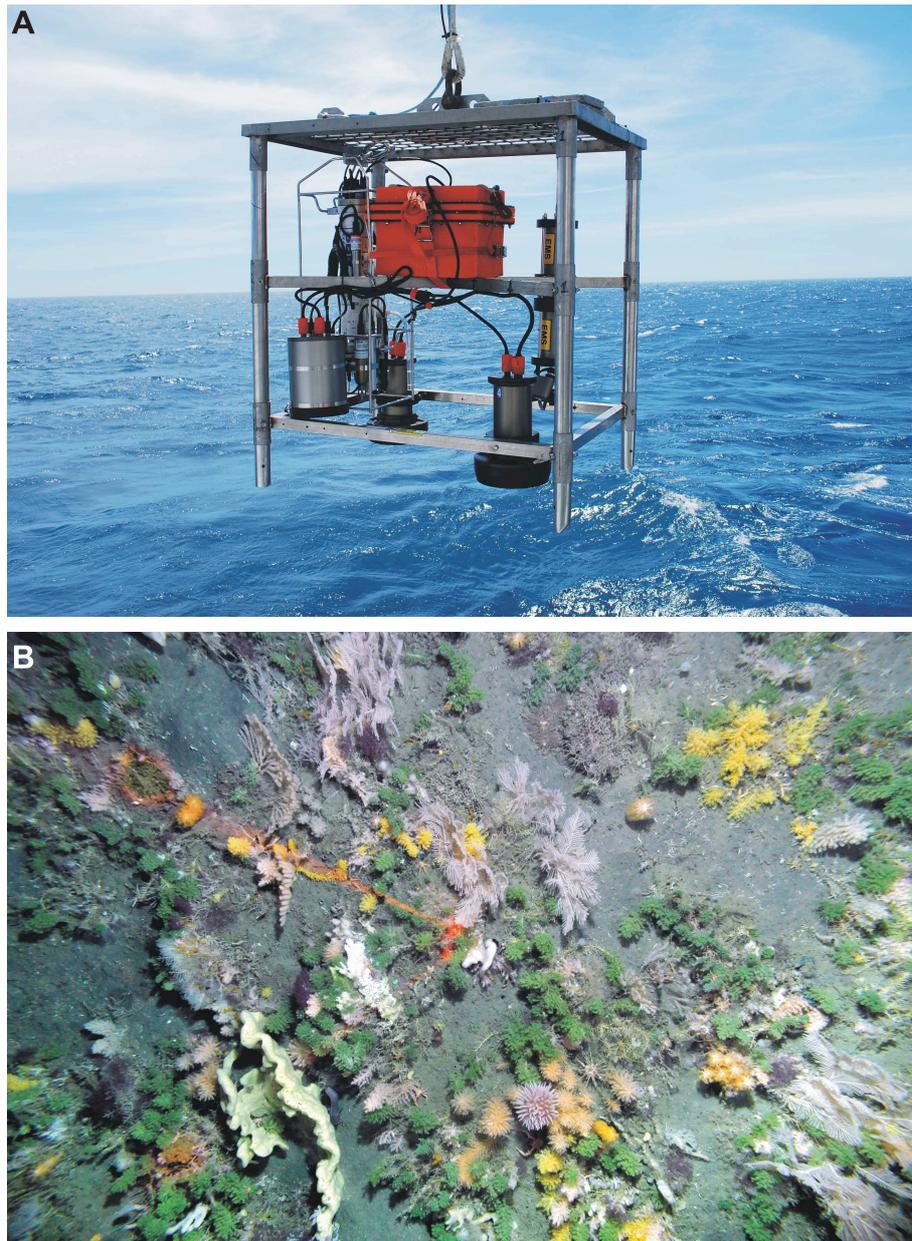


Figura 5.7. Sistema fotográfico para la realización de fotos submarinas como complemento de estudio de los fondos del área de estudio. A). Largado del equipo. B) Fotografía tomada a 575 m de profundidad sobre un tipo de hábitat conocido como jardines de coral en el que dominan los ejemplares de la familia Primnoidae; la separación entre los puntos laser indican 5 cm.

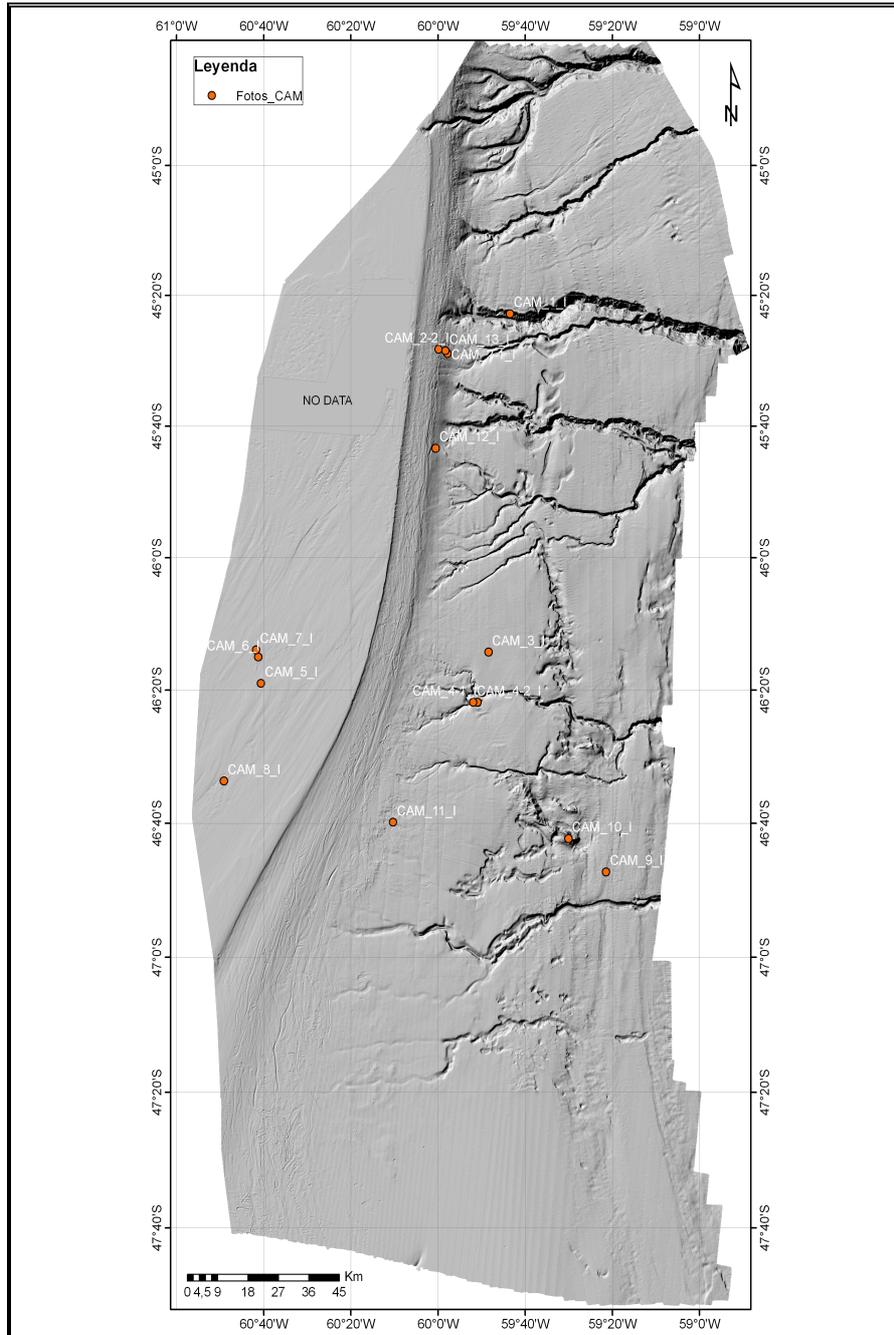


Figura 5.8. Mapa de la zona de estudio donde se detalla la localización de las inmersiones realizadas con la cámara de fotografía submarina.

### 5.2.3. Pesca

Aunque no fue un objetivo principal de esta memoria de Tesis Doctoral, las pescas realizadas bajo la serie de campañas Atlantis durante los años 2008, 2009 y 2010 permitieron tener una visión general de los grupos presentes en el área de estudio y relacionar muchos de los resultados obtenidos en cuanto a la estructura de las comunidades bentónicas así como de los EMVs definidos. Permitió un entendimiento más concreto de los procesos ecológicos estudiados en esta zona de la Patagonia. Es por ello, que aunque de forma más resumida que los métodos usados directamente para la obtención de los resultados se explicará la metodología usada para estas pescas.

Las campañas Atlantis (Del Río *et al*, 2008a; Del Río *et al*, 2008b; Del Río *et al*, 2009a; Del Río *et al*, 2009b; Del Río *et al*, 2010) se contemplan como el inicio de una serie histórica de campañas de investigación, realizadas durante los veranos australes de 2008, 209 y 2010. Estaban dirigidas a la evaluación de los recursos pesqueros, con los objetivos de evaluación del estado de los stocks más importantes de peces demersales y cefalópodos distribuidos en el área de estudio mediante la estimación de índices de abundancia y biomasa y el conocimiento de la estructura demográfica de las poblaciones e identificación de los Ecosistemas Marinos Vulnerables (EMVs) mediante el estudio de las comunidades que componen la megafauna epibentónica.

Las campañas siguieron el modelo de prospección estratificada aleatoria (Del Río & Vilela, 2008; 2009; 2010). El área de estudio se dividió en 13 estratos batimétricos, que a su vez fueron subdivididos en cuadrículas con una superficie aproximada de 5 mn<sup>2</sup>, resultando un total de 2.571 y 2.608 cuadrículas. El número de pescas previstas por estrato se determinó manteniendo la proporcionalidad con el número de rectángulos en cada estrato y garantizando un mínimo de dos pescas por estrato.

Los arrastres se realizaron con el arte de pesca Lofoten (Figura 5.7.) con una duración de aproximadamente de 30 minutos de arrastre. Y una velocidad de 3 nudos. Cuando la captura estaba a bordo los ejemplares de bentónicos se separaban, identificaban al taxón más bajo posible, se contaban si era posible y se pesaban. Posteriormente se conservaban en etanol al 70 % para su posterior estudio en el laboratorio, se utilizó la misma metodología que con la draga de roca.

#### 5.2.3.1. Arte de arrastre LOFOTEN

Este método de muestreo se utilizó en las campañas de pesca. El bentos estudiado procedente de este muestreador era aquel que formaba parte de la captura accesoria de los muestreos realizados para la obtención de las especies comerciales objetivo de estudio de la serie de campañas Atlantis. Además, si no fueron localizados fondos rocosos o estructuras biogénicas susceptibles de ser muestreadas por la draga de roca, también se empleó arrastre con Lofoten para el estudio directo de las comunidades bentónicas (Figura 5.9.).

El objetivo principal del muestreo tanto en las ocasiones que fue como estudio directo o como captura accesoria fue el estudio de la megaepifauna invertebrada asociada a los fondos blandos susceptibles de ser arrastrables, con especial atención a los invertebrados vulnerables, es decir especies indicadores de EMVs. Las dimensiones del arte empleado eran 31,20 m × 17,70 m y la medida de la malla del copo era de 35 mm (Figura 5.10.).

El esfuerzo de muestreo de esta serie de campañas fue muy grande, barriendo el área de estudio de Sur a Norte cada uno de los años en los que se muestreó.

Además, no sólo fue alto el esfuerzo de muestreo con arrastre Lofoten si no que sumado a los demás muestreadores, el área está muy estudiada (Figuras 5.11. y 5.12.).

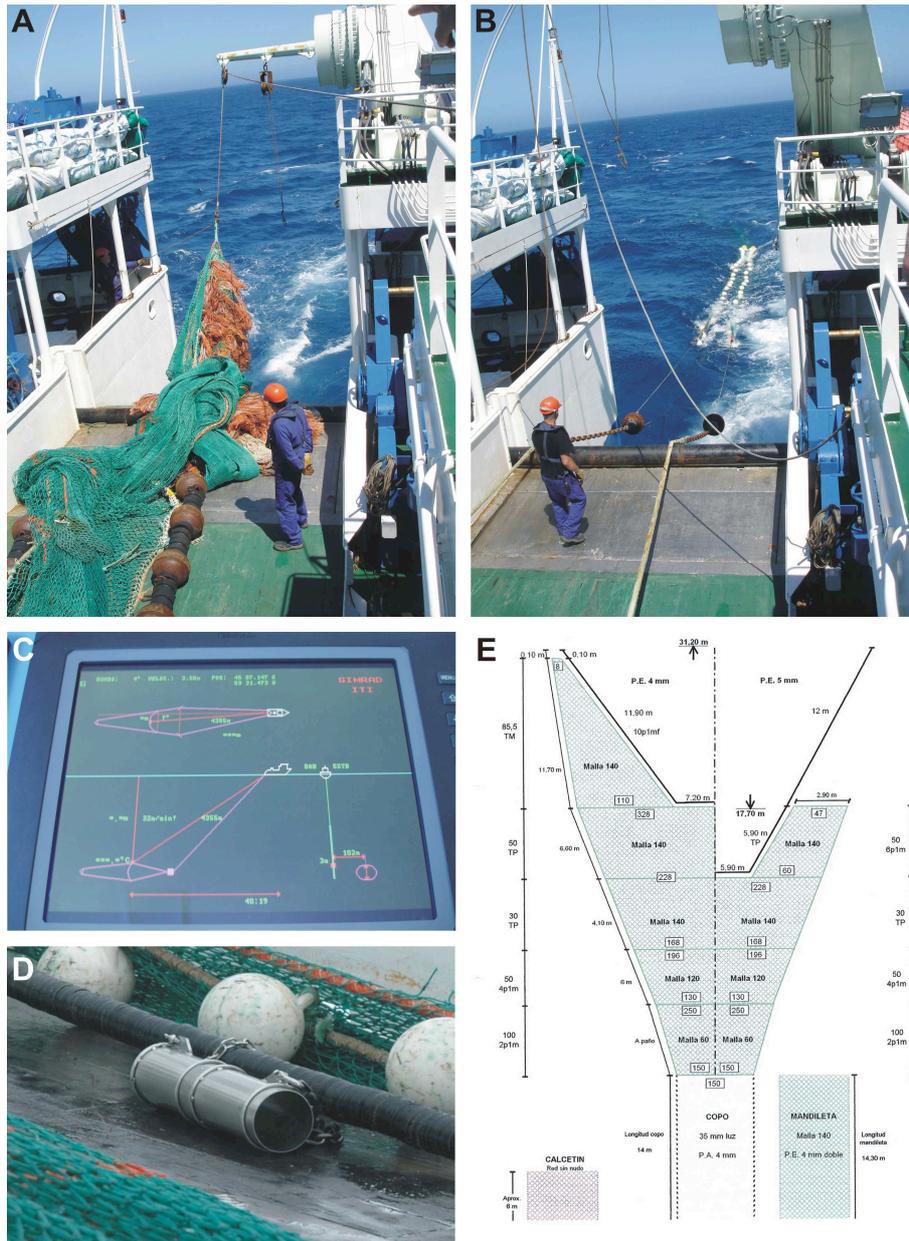


Figura 5.9. Red de arrastre tipo Lofoten. A-B. Maniobra de largado. C. Control de la posición de la red desde el puente de mando. D. Colectores de sedimento acoplados a la red. E. Esquema de la red utilizada a bordo del B/O Miguel Oliver en las campañas ATLANTIS

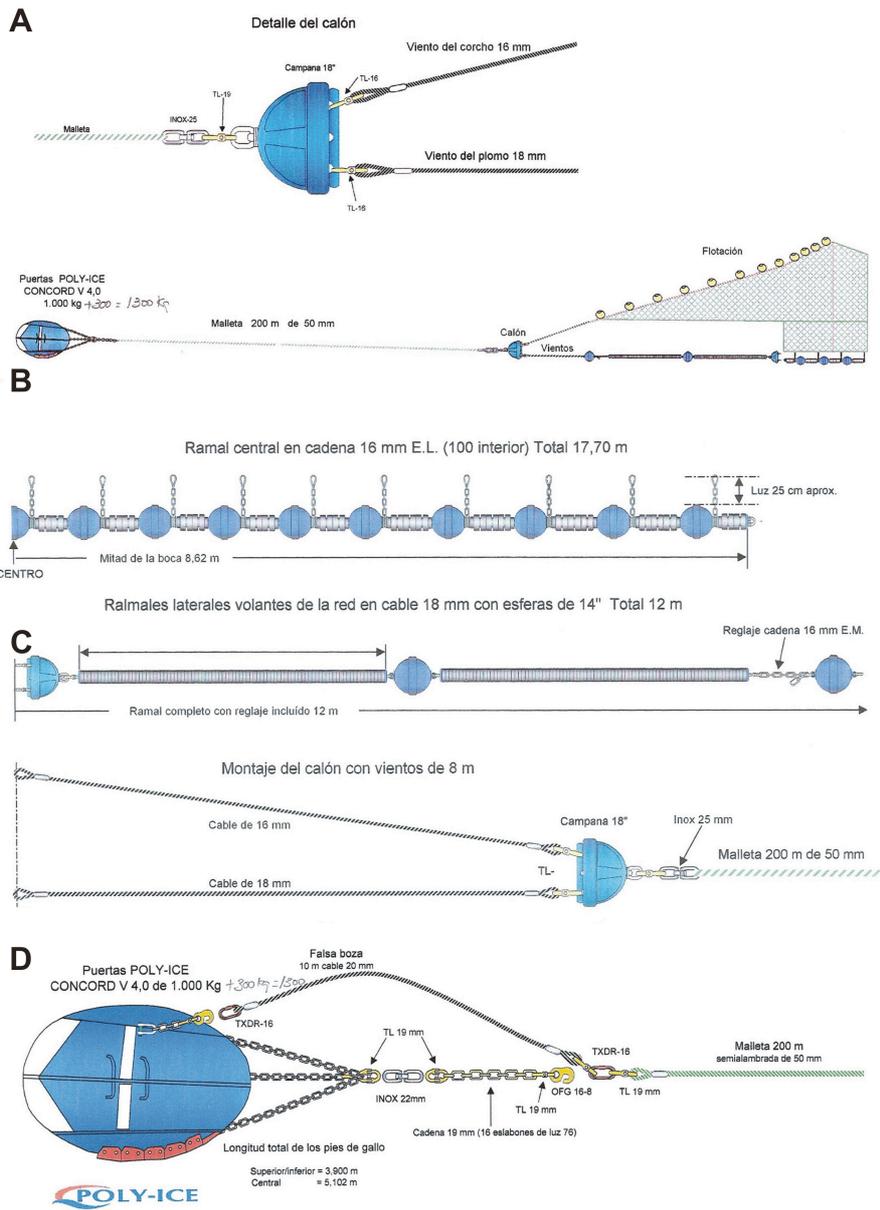


Figura 5.10. Esquema de una red de pesca de arrastre tipo Lofoten, utilizada para la serie de campanas Atlantis. A. Detalle del Calón. B. Ramas centrales y laterales. C. Montaje del calón. D. Montaje de las puertas.

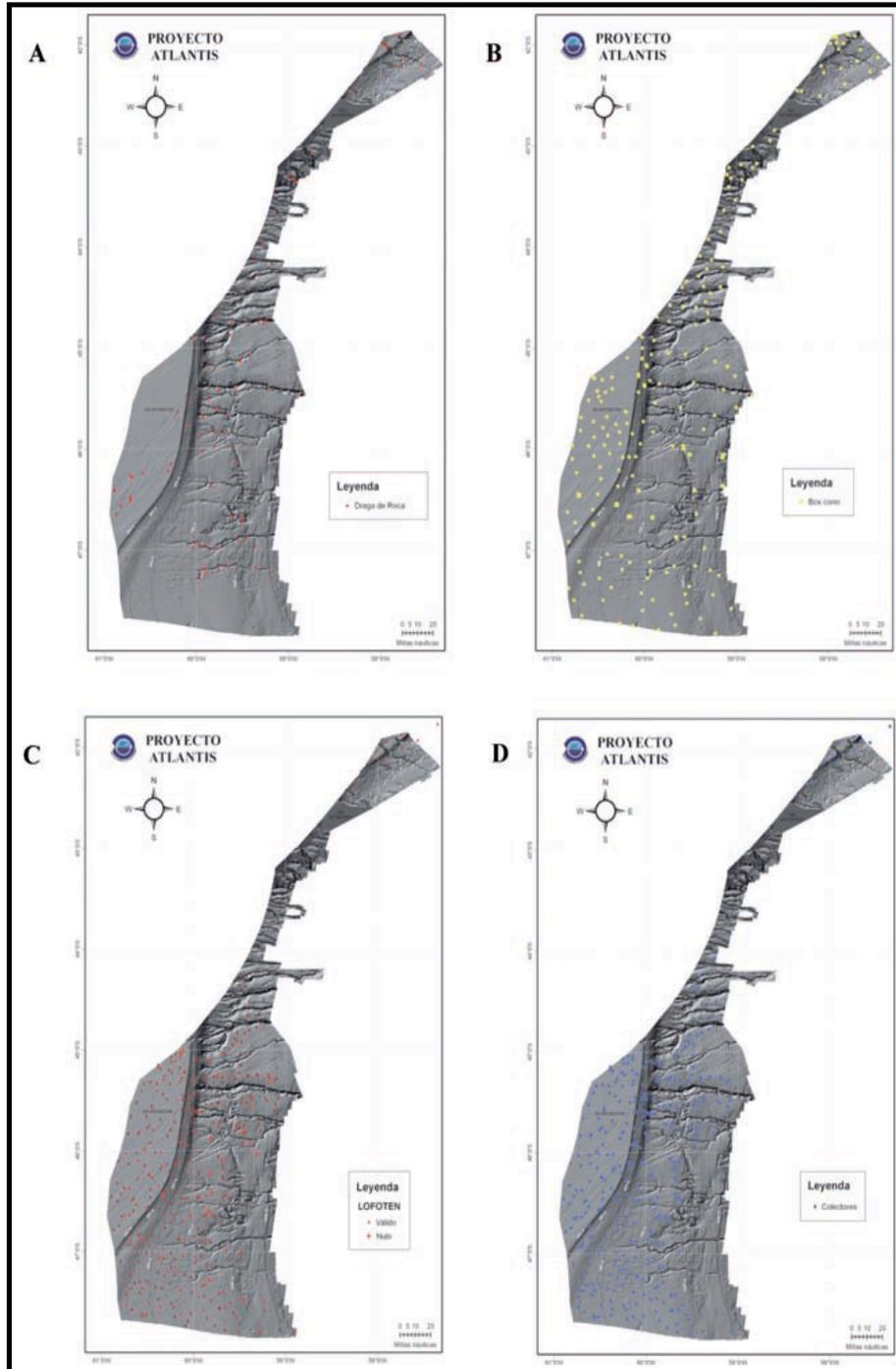


Figura 5.11. Mapas de la zona de estudio en la que se muestra el esfuerzo de muestreo realizado en las campañas de investigación. A. Muestreo con dragas de roca. B. Muestreo con draga box corer. C. Muestreo con red LOPOTEN. D. Muestreo con colectores de sedimento.

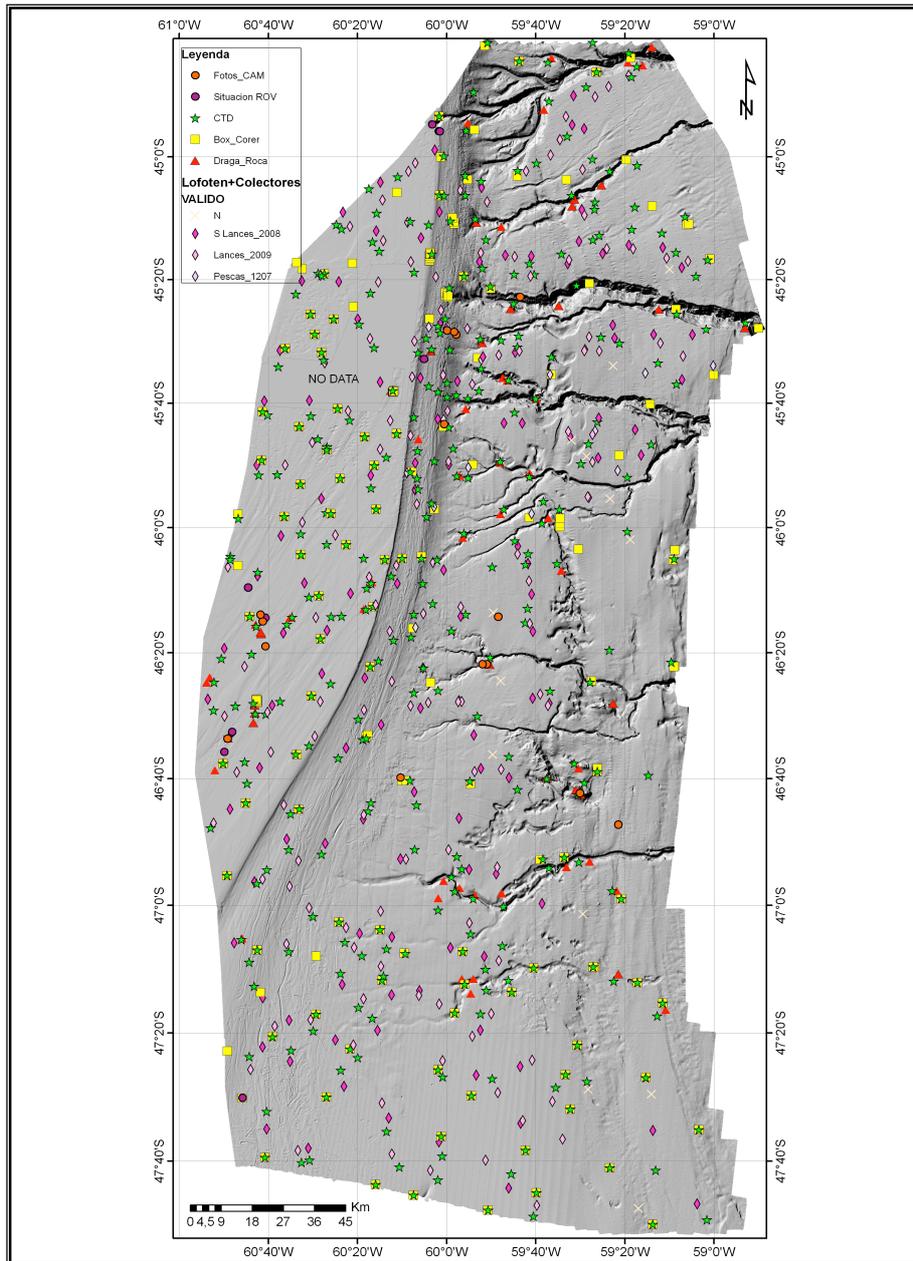


Figura 5.12. Mapas de la zona de estudio en la que se muestra el esfuerzo de muestreo total realizado en las campañas de investigación (se representan todos los métodos de muestreo utilizados).

## 5.2.4. Variables ambientales

### 5.2.4.1. CTD

Las estaciones hidrográficas se realizaron con un CTD Seabird 25. Se distribuyeron a lo largo de todo el área de estudio y normalmente se hacían coincidir con los lances de pesca o las dragas de roca, siempre que la meteorología y la disponibilidad de tiempo lo hicieran posible (Fig. 5.14.). La mayoría cubrían el estudio de la columna de agua completa, procurando obtener información de toda la zona estudiada.

Los datos obtenidos y utilizados en este trabajo fueron datos de presión, salinidad y temperatura. (Figura 5.13., extraído de Del Río et al 2012).

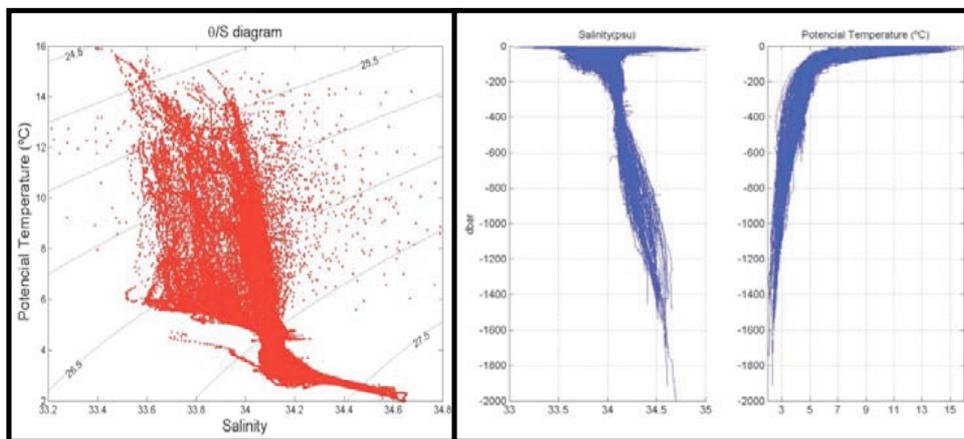


Figura 5.13. Perfiles de temperatura y salinidad y gráficas TS para el total de los perfiles de CTD realizados en las campañas del proyecto Atlantis. (Extraído de Temas de Oceanografía, IEO, Vol.6)

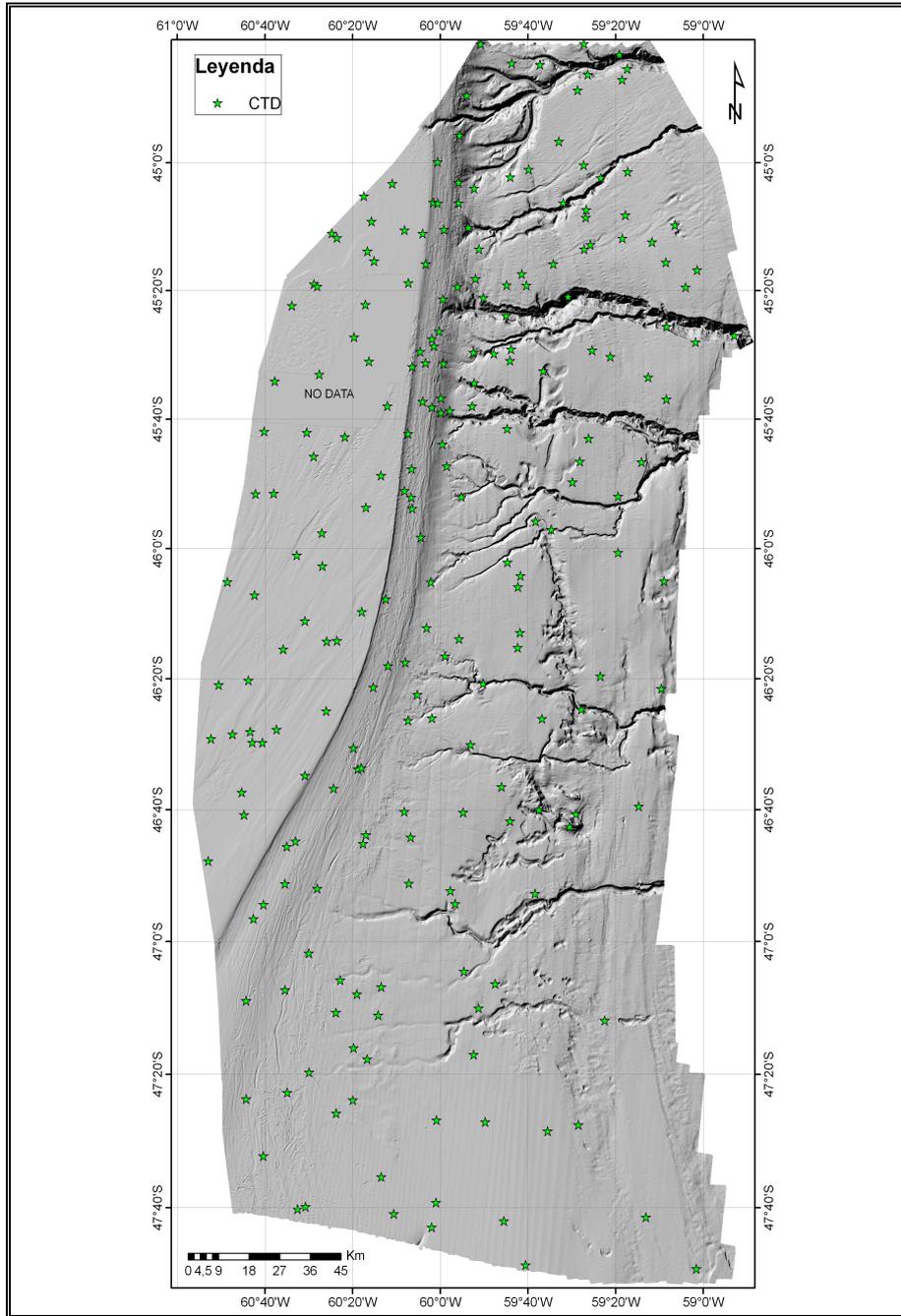


Figura 5.14. Mapas la zona de estudio con la posición de toma de datos mediante CTD.

#### 5.2.4.2. Colector de sedimentos

Durante las campañas en las que se utilizaban artes de pesca de arrastre (tipo LOFOTEN) también se utilizó un colector metálico acoplado a la red, generalmente en los calones, para recoger muestras de sedimentos. El colector es un robusto cilindro de acero inoxidable abierto en su extremo anterior y tapado posteriormente por una malla de 500  $\mu\text{m}$  donde el sedimento queda retenido a la vez que el arte de pesca está arrastrando por el lecho marino (Fig. 5.9.d). La serie de campañas Atlantis cubrían el área de estudio de forma completa y gracias a los datos complementados con los sedimentos de la draga *box corer*, se realizaron aproximadamente 300 muestreos que permitieron caracterizar de forma generalizada el sedimento de la zona estudiada en su totalidad (Fig. 5.15.). Para los resultados en esta memoria de Tesis Doctoral se utilizaron datos de materia orgánica, tamaño medio de partículas (Q50) y porcentaje de tipos sedimentarios para la clasificación general de los contenidos sedimentarios.

#### 5.2.5. Metodología para la realización de los mapas EMVs

Para la realización de los mapas con propuestas de zonas marinas a proteger se pueden utilizar dos tipos de criterios:

- criterios biológicos en los que se estudian los grupos de organismos considerados como vulnerables por diferentes organismos internacionales como OSPAR, FAO, ONU, etc.
- criterios geomorfológicos en los que se tiene en cuenta los elementos topográficos, hidrofísicos o geológicos, incluyendo estructuras geológicas frágiles, tales como cañones, cárcavas, escapes de fluidos, volcanes de fango, etc.

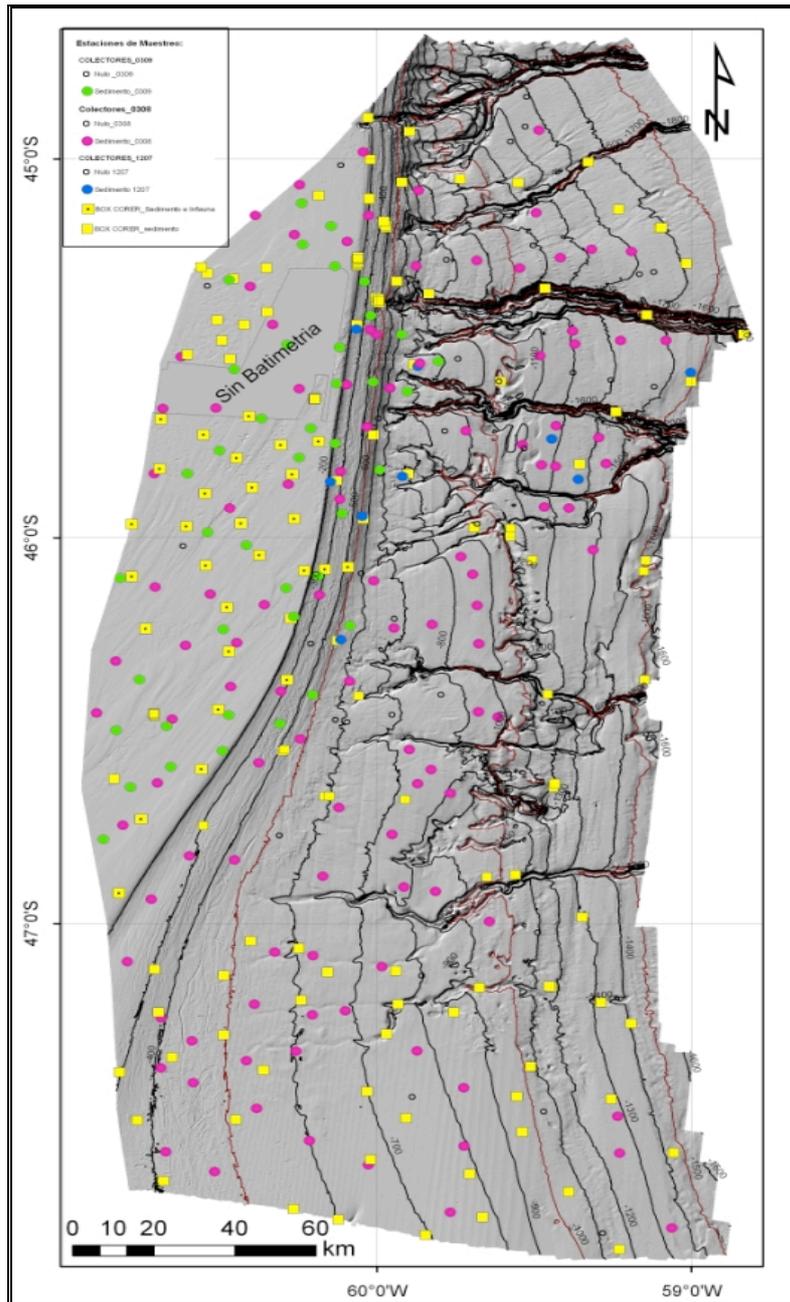


Figura 5.15. Mapas la zona de estudio donde se recolectaron sedimentos mediante colectores de red y mega *box corer* en las campañas Atlantis 2008, Atlantis 2009, Patagonia 1207 y Patagonia 0108.

Los datos para la elaboración de los mapas siguiendo los criterios biológicos, proceden de posiciones georeferenciadas de largada de los lances de pesca o dragas de roca con presencia en la captura de organismos considerados vulnerables, y cuya captura superó los límites establecidos como captura mínima de referencia para la propuesta de áreas con Ecosistemas Marinos Vulnerables (EMVs) .

Los límites establecidos como captura mínima de referencia se establecieron siguiendo criterios utilizados en anteriores Grupos de Trabajo de la NAFO y OSPAR así como las recomendaciones de la Consulta Técnica sobre las Directrices Internacionales para la Ordenación de las Pesquerías de Aguas Profundas en Alta Mar (FAO, 2008).

Para la aplicación de los criterios geomorfológicos, se dispuso de información sobre los accidentes geomorfológicos relevantes que deberían ser protegidos, según los organismos internacionales citados.

#### 5.2.6 Métodos de laboratorio

##### 5.2.6.1. Técnicas taxonómicas

Tras la obtención y conservación de los ejemplares en las diferentes campañas realizadas, se pasó a la identificación de estos especímenes en laboratorio, concretamente en el Centro Oceanográfico de Gijón (IEO).

El primer trabajo realizado fue la separación por Clases, puesto que en ocasiones la intensidad del trabajo en campaña no permite una separación taxonómica pormenorizada. Así pues, en laboratorio, se revisaba el trabajo realizado a bordo, etiquetado y se corroboraba la información anotada en los estadios de campaña.

Cuando se obtuvo una visión precisa de las Clases recolectadas y de su importancia sobre el ecosistema de la zona estudiada, tanto por abundancia como por relevancia como especies indicadoras de EMVs, se decidieron los diferentes ordenes y familias a estudiar de una manera más precisa tanto en composición taxonómica como en relación con la estructura de la comunidad bentónica para poder dar una visión global y ecológica de la composición de la zona de estudio.

Una vez separados los Órdenes, cada uno tiene unas características particulares a seguir. No obstante, el trabajo general consistía en realizar una taxonomía clásica, donde se trabajó con diferentes claves dicotómicas según el orden o familia estudiada, lupa binocular y microscopio electrónico de barrido cuando era necesario por el tamaño de la estructura a determinar.

Se determinan a continuación las particularidades de cada Orden o familia estudiado a nivel de especie y que se corresponden con el grueso de los resultados presentados en esta Tesis Doctoral.

#### 5.2.6.1.1 Orden Scleractinia Bourne, 1900

Para la identificación de los corales pétreos (Scleractinia) presentes en las muestras recolectadas se usó lupa binocular y se siguieron las claves dicotómicas de Cairns (2000; 2008; 2009) y Zibrowius (1980), además de, por comparación con las muestras existentes en el Museo Nacional de Historia Natural de Washington DC (Institución Smithsonian) durante una estancia breve realizada durante 2010, en el periodo de beca. Para la descripción de las nuevas especies publicadas dentro del marco de esta Tesis Doctoral en Cairns & Polonio, (2013) se utilizó además de lupa binocular, microscopio electrónico de barrido (SEM) para determinar con más detalle las estructuras que definían a estas especies como nuevas y no

como congéneres. El SEM se encontraba en la Smithsonian Institution y contaba con personal cualificado para su manipulación. Las características particulares por el que se determinaban las especies de Scleractinia suelen basarse en la morfología externa del coral o colonia así como en la forma interna en la que se organizan los septos que forman el coral, estos sistemas cíclicos en grupos múltiples de 6 son la base de las claves dicotómicas que determinan estas especies de coral.

#### 5.2.6.1.2. Familia Primnoidae Milne Edwards, 1857

En primer lugar se separaron las muestras por Órdenes y posteriormente por familias. Por su importancia en los arrecifes de coral de aguas frías por ser especies formadoras, su vulnerabilidad frente a actividades antropogénicas así como, por ser indicadores de EMVs, uno de los objetivos principales de este trabajo, se estudió hasta nivel de especie la familia Primnoidae. Para determinar las especies pertenecientes a esta familia se utilizó la misma metodología que para las Scleractinias, siguiendo las claves dicotómicas específicas para esta familia tales como Cairns (2007: 2008 y 2010) Bayer & Cairns (2008); Zapata-Guardiola (2009: 2010) y Taylor et al. (2013). Para la determinación de las cinco especies nuevas de Primnoidae descritas (Polonio et al., 2014, en prensa) se utilizó el microscopio electrónico de barrido cedido por la Universidad de Oxford (Plant Science Department) durante una estancia breve realiza en el departamento de Zoología de dicha Universidad.

Las claves dicotómicas de estas especies se basan tanto en la morfología externa de la colonia y forma de los pólipos, distribución de los mismos en la colonia así como unas estructuras internas del pólipo, denominadas escleritos, que según su función y distribución en el pólipo, tienen una morfología muy particular. Para obtener, las fotos de estos escleritos necesarios para definir cada especie, se disolvían en lejía los pólipos, se

lavaban dos veces en etanol al 70 % y finalmente se dejaban secar en etanol al 100%, posteriormente estas estructuras esqueléticas se montaban en diferentes portas, se identificaban y si se pensaba que podían corresponderse a una especie nueva eran examinados de forma más concisa en microscopio electrónico. Así pues, estos eran recubiertos por una película de oro que permitía el fotografiado de las piezas seleccionadas para su posterior descripción.

#### 5.2.6.1.3. Familia Stylasteridae Gray 1867

Los hidozoos recolectados solo se seleccionaron los pertenecientes a la familia Stylasteridae, por su importancia en la determinación de EMVs y su papel como especies formadoras de arrecifes de corales de aguas frías. Aunque no son corales propiamente como define el término “coral” forman parte junto con los pertenecientes al Orden Scleractinia los “corales petreos” o “stonycorals” desempeñando un papel fundamental dentro de los ecosistemas coralígenos.

Para la determinación de las especies pertenecientes a la familia Stylasteridae se empleó la misma metodología que con el Orden Scleractinia, con una única diferencia de que las especies se secaban a temperatura ambiente antes de visualizarlas a la lupa con el fin de diferenciar de forma más óptima las estructuras especificadas como caracteres en las claves utilizadas, que son unos ciclosistemas que están formados por un gastroporo y un dactiloporo, la distribución de estas estructuras son la clave para su descripción, además del aspecto externo de la colonia, color, distribución, ramificaciones, etc. La bibliografía empleada fue Cairns 1983: 1991 y el glosario definido por Cairns en 2011, así como la comparación directa con especímenes de la colección del Museo Nacional de Historia Natural (Smithsonian Institution) durante la estancia realizada en dicho museo.

Para la descripción de dos especies nuevas se utilizó también el Microscopio electrónico de barrido emplazado en la Smithsonian Institution. A diferencia del SEM de la universidad de Oxford, este era manejado por un técnico operador, él cual tomaba las fotografías que eran de interés para la descripción de las especies. Para la descripción de estas especies nuevas se colaboró con investigadores de "Institute for Marine and Antarctic studies" y la descripción de estas especies será un artículo presentado como parte de la Tesis Doctoral de Narissa Bax.

#### 5.2.7. Análisis estadísticos

Para el análisis estadístico de los resultados se establecieron varios métodos diferentes dependiendo de la ordenación de los datos. Para el análisis por rangos batimétricos y/o dominio fisiográficos, se dividió el área de estudio en 4 rangos diferentes: plataforma continental (<200 m), Talud superior (201-700 m), Talud medio (701-1500 m) y Talud inferior (>1500 m), que se correspondían con los dominios S1, S2, S3 y S4 respectivamente, numeración que se utiliza en diferentes análisis.

Se estudió el porcentaje de presencia de cada una de las especies en estos rangos. Los datos fueron clasificados usando un Cluster realizado bajo la técnica de Bray Curtis basado en similitudes calculadas sobre la presencia/ausencia de las especies en cada una de las 88 dragas utilizadas para este análisis. Para interpretar estos cluster obtenidos por la técnica de Bray Curtis se utilizó un análisis escalamiento multidimensional (MDS) y para completar y comprender mejor conocer las posibles diferencias se realizó un test ANOSIM entre rangos.

Para conocer mejor la composición de cada uno de los dominios establecidos (S1-S4) y que especies de corales formadores eran más

importantes en cada uno de ellos, se estudió la contribución de cada especie a la disimilitud entre rangos utilizando un análisis SIMPER de similitudes que nos permitió conocer el % de contribución de cada especie.

Las relaciones entre las varias abióticas y en número de individuos (abundancia) se realizaron correlaciones logarítmicas, mostrando la  $R^2$  y nivel de significación para corroborar los resultados.

La biodiversidad del área se estudió mediante la realización de los índices de diversidad tales como Margalef ( $d$ ), Pielou ( $J'$ ), Shannon-Wiener ( $H'$ ) y Simpson  $\lambda$ 's.

Además, se realizó un estudio por cañones presentes en el área, empleando las mismas técnicas estadísticas se analizaron las posibles diferencias significativas entre los diferentes cañones descritos en el área de estudio, esto se hizo agrupando los corales pétreos y los blandos para saber las posibles diferencias respecto a las comunidades de corales formadores, "framework-forming corals". También se analizaron las posibles diferencias de estos corales formadores entre zonas de cañones y zonas de no cañones.

Para las campañas Atlantis se realizaron los mismos análisis que para las campañas Patagonia con los grupos de corales formadores, con la diferencia que fueron utilizados datos taxonómicos referentes a familias presentes en las diferentes pescas realizadas durante la serie de campañas Atlantis (Atlantis 2008, Atlantis 2009 y Atlantis 2010). Se analizó si existían diferencias en la composición taxonómica en los diferentes años en los cuales se realizaron las campañas. Con los datos obtenidos para cada año de sedimentos mediante el empleo de colectores y *box corer* (explicados en apartados anteriores) se realizó un análisis de escalamiento múltiple con el fin de conocer si existían diferencias en la distribución de los principales bentónicos con referencia al tipo de sustrato. Se realizó un estudio descriptivo del bentos general presente en el área de estudio, se determinó

el porcentaje de presencia de los principales ordenes y familias presentes en el área y mediante un análisis SIMPER se pudo conocer cuales son los grupos de bentos que más contribuyen a la diferencia entre estratos de profundidad presentes en el ara patagónica.

Todos los análisis estadísticos, tanto en la serie de campañas Patagonia como Atlantis se realizaron con PRIMER 6 packet (Clarke & Gorley, 2006). Las correlaciones entre la abundancia y los principales factores abióticos se realizaron con el software SPSS.

Los mapas que ilustran los resultados así como los que determinaron posible áreas vulnerables a proteger, fueron realizados con Arcgis 9.3 y la base geográfica de referencia fue la "World Geodetic System (WGS84).

## 6. Resultados

### 6.1. Estudio Sistemático

#### 6.1.1. Introducción

Los primeras descripciones en la zona de Patagonia de los tres grupos de corales que trataremos con mayor profundidad a continuación, por su papel como formadores de arrecifes de corales de aguas frías, fueron realizados en las Islas Malvinas por Milne Edwards & Haime, 1848. En aquellos estudios, de todas las especies que hoy en día sabemos que están presentes en la zona, sólo *Flabellum thouarsii* fue citada. Trece años después Studer, 1878 citó esta misma especie en Cabo Blanco y relativamente más superficial que lo que se conocía hasta entonces. Más tarde, en la región más fría de Argentina, se describieron tres nuevas especies de corales pétreos que se estudian en esta memoria: *Flabellum curvatum*, *Bathelia candida*, y *Crispatotrochus cornu*. Pero no fue hasta 1982 cuando Stephen D. Cairns re-describió la mayor parte de corales azooxantelados existentes en la región patagónica y posteriormente con el trabajo de esta tesis, Cairns & Polonio (2013), (Anexo IV) publicaron todos los detalles de la distribución de corales del Orden Scleractinia en el área de estudio.

Al igual que con los corales del Orden Scleractinia, los corales blandos pertenecientes a la familia Primnoidae eran muy poco conocidos en el área de estudio. La mayoría de corales pertenecientes a esta familia en la región Patagónica fueron descritos por Bayer & Cairns (2005), existían estudios anteriores pero más centrados en la zona antártica. Zapata-Guardiola et al. (2009;2010) también contribuyeron a conocer taxonómicamente este grupo de corales y aunque no realizaron estudios en el área donde se lleva a cabo este estudio, describieron géneros y especies que están presentes en la zona de estudiada. Una última revisión realizada por Taylor et al.(2013), sobre el género *Thouarella* en la región antártica y subantártica así como estudios que están surgiendo a raíz de esta memoria de tesis doctoral están

complementando el conocimiento sobre estos corales en el área de la Patagonia.

Respecto a la familia Stylasteridae, ocurre lo mismo que con las dos anteriores. Los escasos estudios existentes a cerca de esta familia de "corales duros" fueron realizados por Zibrowius & Cairns, desde el año 1981 hasta la actualidad, realizaron numerosos estudios acerca de la taxonomía de estos hidrozoos y su distribución por las diferentes áreas del mundo (Cairns 1982; 1983; 2011, Bax & Cairns 2013). En este estudio también se contribuye al conocimiento de esta familia puesto que la región antártica y subantártica están más estudiadas pero como ocurre con las familias anteriores la zona de Patagonia, a profundidades donde se realiza dicho estudio, no están aún muy estudiadas.

#### 6.1.2. Estudio taxonómico del orden Scleractinia y patrones generales de distribución.

En las diferentes campañas llevadas a cabo en el marco del proyecto Atlantis se determinaron 14 especies de corales pertenecientes al Orden Scleractinia, entre las cuales 4 fueron nuevas especies para la ciencia (Cairns & Polonio, 2013).

Un total de 1.652 ejemplares de corales azooxantelados (Scleractinia) fueron identificados a partir de las muestras procedentes de 88 dragas de roca realizadas en la región del Atlántico sudoccidental. Dieciocho especies fueron documentados en el área de estudio (Cairns & Polonio, 2013).

En esta memoria, se representan 3 familias y 14 especies. Las otras 4 especies documentadas en la zona tienen una distribución más austral y no fueron encontradas en nuestro área de estudio.

A continuación, se enumeran las 14 especies encontradas con sus porcentajes de presencia (número de dragas en las que tienen presencia frente al total de 88 dragas realizadas en el estudio) así como la profundidad media y el rango de profundidades en las que se registraron y se detallan aquellas que fueron descritas por primera vez (Tabla 6.1.).

Tabla 6.1 Sumario de las especies de corales Scleractinia descritas en la zona de estudio. Porcentaje de presencia, rango de profundidad y profundidad media de cada una de ellas.

\* Especies nuevas descritas en el artículo relacionado con esta tesis New registros of deep-water Scleractinia off Argentina and the Falkland Islands, Cairns & Polonio 2013.

| Especies   | Presencia (%) | Rango prof. (m) | Prof. med. (m) |
|--|---------------|-----------------|----------------|
| Order Scleractinia   |               |                 |                |
| Family Oculinidae Gray, 1857                               |               |                 |                |
| <i>Bathelia candida</i> Moseley, 1881                      | 57            | 144-1635        | 1096.51        |
| Family Flabellidae Bourne, 1905                            |               |                 |                |
| <i>Flabellum curvatum</i> Moseley, 1881                    | 49            | 107-1620        | 942.85         |
| <i>Flabellum thouarsii</i> Mine Edwards and Haime, 1848    | 6             | 152-1513        | 879.74         |
| <i>Flabellum aerum</i> Cairns, 1982                        | 10            | 108-1635        | 1377.74        |
| <i>Flabellum cinctutum</i> Cairns and Polonio, 2013*       | 19            | 761-1626        | 1170.12        |
| <i>Javania antarctica</i> (Gravier, 1914)                  | 28            | 485-1626        | 1177.55        |
| <i>Javania cristata</i> Cairns and Polonio, 2013*          | 35            | 461-1626        | 1106.19        |
| Family Caryophylliidae Dana, 1846                          |               |                 |                |
| <i>Caryophyllia antarctica</i> Marenzeller, 1904           | 11            | 944-1620        | 1308.47        |
| <i>Caryophyllia squiresi</i> Cairns, 1982                  | 22            | 158-1629        | 907.25         |
| <i>Caryophyllia coronula</i> Cairns and Polonio, 2013*     | 15            | 798-1553        | 1050.71        |
| <i>Crispatotrochus cornu</i> (Moseley, 1881)               | 23            | 586-1635        | 1344.77        |
| <i>Monohedotrochus capitolii</i> Kitahara and Cairns, 2005 | 34            | 779-1620        | 1107.07        |
| <i>Desmophyllum dianthus</i> (Esper, 1794)                 | 14            | 734-1629        | 1246.53        |
| <i>Solenosmillia australis</i> Cairns and Polonio, 2013*   | 18            | 650-1620        | 1014.11        |

La familia Caryophylliidae fue la más diversa en especies, 5 géneros y 7 especies están representados en este estudio. La familia Flabellidae fue la segunda más diversa, con 2 géneros y 6 especies. La tercera familia fue Oculinidae, con sólo 1 representante, *B. candida*.

En términos de porcentaje de presencia por número total de estaciones muestreadas (Figura 6.1), *B. candida* fue la más abundante, se identificó en el 57 % de las estaciones muestreadas y se registró a una profundidad media de 1096 m. *F. curvatum* se encontró en el 49 % de las estaciones, con una profundidad media de 942 m. Es un coral solitario, pero es muy común en el área de estudio; cosmopolita en la región así como en diferentes tipos de sustrato.

El coral solitario *Javania cristata* se recolectó en el 35 % de las estaciones a una profundidad media de 1106 m. *Caryophyllia coronula*, *Flabellum cinctutum* y *Solenosmillia australis* fueron identificados en porcentajes menores (19 % ,18 % y 15 % de las estaciones muestreadas) y con profundidades medias similares 1170, 1014 y 1050 m, respectivamente.

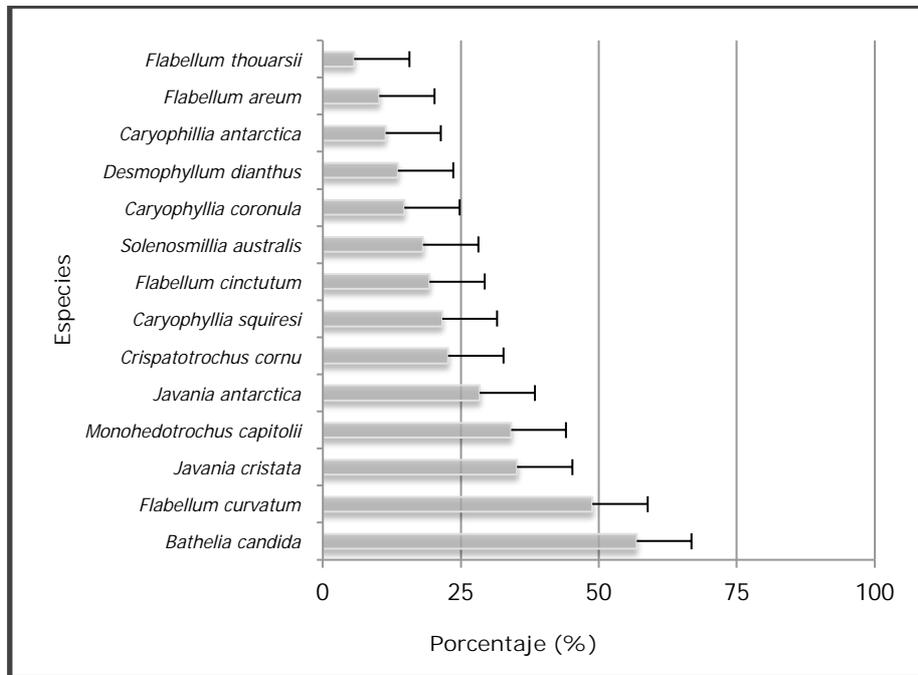


Figura 6.1. Gráfica de porcentaje de presencia de cada una de las especies de corales del orden Scleractinia presentes en el área de estudio. (% de presencia en un total de 88 dragas realizadas).

*Solenosmillia australis* es un coral colonial, como *B. candida*, pero su porcentaje de presencia en el total de las estaciones muestreada no fue suficiente como para confirmar su papel como coral bioconstructor. *Bathelia candida* y *S. australis* fueron los únicos corales coloniales identificados siendo *B. candida* común en la mayoría de las dragas realizadas, sin embargo *S. australis* no apareció en tantos muestreos como su porcentaje de presencia indica.

Dentro de la familia Caryophylliidae, *M. capitoli* apareció en el 34 % de las estaciones y en una profundidad media de 1107 m; *C. cornu* se identificó en el 23 % de las estaciones y a una profundidad media de 1344 m (el segundo de mayor profundidad). *Desmophyllum dianthus* se identificó en el 14% de las estaciones y a 1246 m de profundidad media. Como representantes del género *Caryophyllia* se identificaron *Caryophyllia squiresi* y *Caryophyllia antarctica* (22 %, 11 %; 907 m, 1308 m respectivamente).

La familia Flabellidae también fue representada con la presencia de *Javania antarctica* (28 %, 1177 m), así como las especies más profundas y menos profundas del total identificado, *Flabellum areum* (10 %, 1377 m) y *Flabellum thouarsii* (6 %, 879 m), respectivamente.

En un apartado posterior, referente a la ecología del orden, se estudiará con más detalle la distribución de los corales Scleractinia por rangos batimétricos y/o dominios fisiográficos determinando patrones ecológicos por preferencias de profundidad, no obstante, como descripción general del orden, se puede observar que la mayoría de los corales descritos se recolectaron a grandes profundidades mientras que fueron pocos los ejemplares recolectados a profundidades menores (Figura 6.2.).

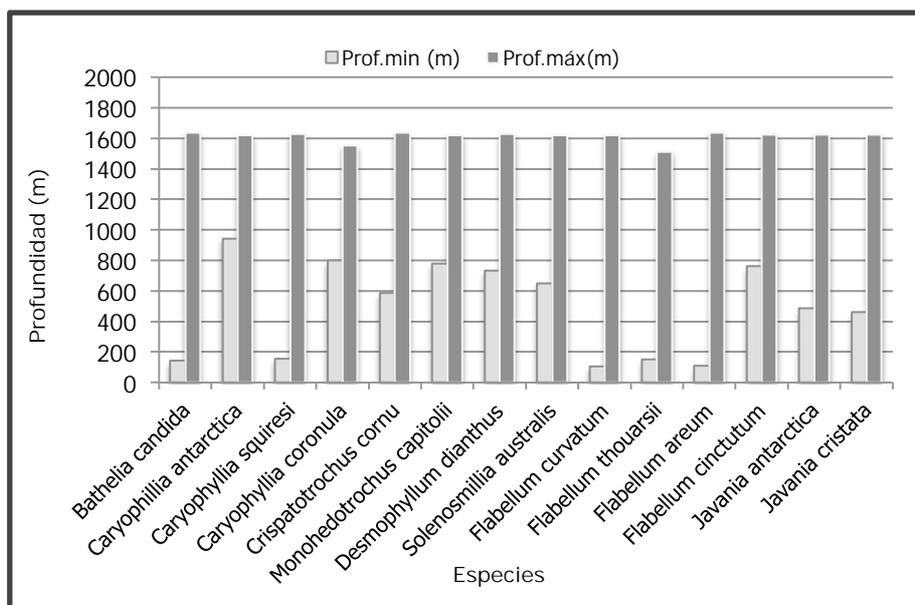


Figura 6.2. Gráfica donde se muestran los rangos de profundidad expresados en metros de cada uno de los corales pertenecientes al orden Scleractinia presentes en el área de estudio. Se detalla la profundidad mínima y máxima de cada una de las especies.

### 6.1.3. Estudio taxonómico de la familia Primnoidae y patrones generales de distribución.

Se identificaron hasta nivel de especie todos los corales pertenecientes al Orden Alcyonacea y en concreto a la familia Primnoidae, recolectados en 88 dragas de roca realizadas durante 6 de las campañas Patagonia del proyecto Atlantis.

Un total de 281 especímenes fueron clasificados, en 10 géneros y 26 especies diferentes. Cuatro de estas especies eran nuevas para la ciencia, 2 nuevos rangos batimétricos, aumentando el máximo de profundidad donde ha sido recolectada la especie al menos una vez y 2 nuevos registros biogeográficos, ampliando su zona de distribución, siendo la primera vez que se citan estas especies en la zona de estudio (Polonio *et.al.*, 2014 en prensa).

A continuación, se enumeran las 26 especies encontradas con sus porcentajes de presencia (número de dragas en las que tienen presencia frente al total de 88 dragas realizadas) así como el rango de profundidad en la que se registraron y la profundidad media en las que fueron recolectados. Se detallan remarcadas en diferentes tonos de gris aquellas que fueron descritas por primera vez o fueron nuevos registros (Tabla 6.2.). Las especies marcadas con un asterisco (\*) se corresponden con especies nuevas, 3 de ellas pertenecen al género *Thouarella* y una de ellas, al género *Tokoprymno* el cual es muy inusual en el área de estudio, *Thouarella nacaseri*, *Thouarella cairnsi*, *Thouarella patagonica*, *Thouarella pulchra* y *Tokoprymno anatinus* (Polonio eta al., 2014 en prensa). Las marcadas con dos asteriscos (\*\*), nuevos registros de rangos batimétricos ampliando la profundidad de aparición como es el caso de *Thouarella antártica* y *Thouarella hilgendorfi*. Las marcadas tres asteriscos (\*\*\*) son las correspondientes a nuevos registros biogeográficos, ampliación de la distribución espacial, siendo ambas del género *Plumarella*; *Plumarella bayeri* y *Plumarella delicatissima*.

De los 281 ejemplares de Primnoidae estudiados para esta memoria de tesis, el género más representado fue *Thouarella*, con un 38,5% del total de especies recolectadas, de las 26 especies identificadas 10 pertenecen a este género. Posteriormente, los dos géneros más representados fueron *Plumarella* y *Primnoella* con un total de 4 especies sobre las 26 totales, cada uno de los géneros. El resto de los géneros identificados contaron con representaciones menores e incluso en algunos de los casos, sólo se determinó una especie correspondiente a un género en particular.

Tabla 6.2. Sumario de las especies de corales blandos pertenecientes a la familia Primnoidea.

| Especies  | Rango Prof. (m) | Prof. Med. (m) | Presencia (%) |
|---|-----------------|----------------|---------------|
| Familia Primnoidea Milne Edwards 1857                                   |                 |                |               |
| Género <i>Convexella</i> Bayer, 1996                                    |                 |                |               |
| <i>Convexella magelhaenica</i> (Studer, 1879)                           | 145 - 1626      | 927,67         | 12            |
| <i>Convexella murrayi</i> Wright & Studer, 1889                         | 1244 - 1263     | 1335,78        | 4             |
| Género <i>Dasystinella</i> Versluys, 1906                               |                 |                |               |
| <i>Dasystenella acanthina</i> Wright & Studer, 1889                     | 767 - 1629      | 1110,39        | 12            |
| Género <i>Digitogorgia</i> Zapata-Guardiola & Lopez-González, 2010      |                 |                |               |
| <i>Digitogorgia kuekentheli</i> Zapata-Guardiola & Lopez-González, 2010 | 435 - 1635      | 1131,07        | 21            |
| Género <i>Fannyella</i> Gray, 1872                                      |                 |                |               |
| <i>Fannyella spinosa</i> (Thomson & Rennet, 1931)                       | 1248 - 1620     | 1489,72        | 7             |
| Género <i>Heptoprimnoa</i> Cairns, 2012                                 |                 |                |               |
| <i>Heptoprimnoa patagonica</i> Cairns, 2012                             | 1232            | 1232           | 2             |
| Género <i>Plumarella</i> Gray, 1870                                     |                 |                |               |
| <i>Plumarella bayeri</i> Zapata-Guardiola & Lopez-González, 2010 ***    | 485 - 779       | 1090           | 2             |
| <i>Plumarella delicatissima</i> Wright & Studer, 1889 ***               | 1090            | 871,56         | 21            |
| <i>Plumarella diadema</i> Cairns, 2006                                  | 138 - 1577      | 1054,78        | 7             |
| <i>Plumarella undulata</i> Zapata-Guardiola & Lopez-González, 2010      | 844 - 1577      | 1190,42        | 20            |
| Género <i>Primnoella</i> Gray, 1858                                     |                 |                |               |
| <i>Primnoella chilensis</i> (Phillipi, 1894)                            | 1620 - 1635     | 1250,20        | 23            |
| <i>Primnoella delicatissima</i> Kükenthal, 1909                         | 485 - 1620      | 1248,70        | 12            |
| <i>Primnoella divaricata</i> (Studer, 1879)                             | 782 - 1096      | 1272,75        | 5             |
| <i>Primnoella scotiae</i> (Thomson & Mackinnon, 1911)                   | 863 - 1635      | 1553           | 2             |
| Género <i>Thouarella</i> Gray, 1870                                     |                 |                |               |
| <i>Thouarella andeep</i> Zapata-Guardiola & Lopez-González, 2010        | 435 - 1635      | 995,83         | 5             |
| <i>Thouarella antarctica</i> (Valenciennes, 1846) **                    | 748 - 1629      | 959,21         | 59            |
| <i>Thouarella cairnsi</i> n. sp.  | 967 - 1629      |                | 3             |
| <i>Thouarella crenelata</i> Kükenthal, 1909                             | 1553            | 1244,67        | 3             |
| <i>Thouarella diadema</i> , Cairns, 2006                                | 435 - 1897      | 913,40         | 21            |
| <i>Thouarella hilgendorfi</i> (Studer, 1879) **                         | 138 - 1635      | 917,66         | 14            |
| <i>Thouarella nacaseri</i> n. sp. *                                     | 1096 - 1393     | 1246,33        | 5             |
| <i>Thouarella patagonica</i> n.sp. *                                    | 300 - 1581      | 1473,11        | 7             |
| <i>Thouarella pulchra</i> n. sp. *                                      | 300 - 1513      | 1089,92        | 13            |
| <i>Thouarella undelata</i> Zapata-Guardiola & Lopez-González, 2010 ***  | 1148 - 1620     | 1173,94        | 7             |
| Género <i>Tokoprymno</i> Bayer, 1996                                    |                 |                |               |
| <i>Tokoprymno anatinus</i> n.sp. *                                      | 659 - 1626      | 632,17         | 3             |
| * Nueva especie   |                 |                |               |
| ** Nuevo registro batimétrico   |                 |                |               |
| *** Nuevo registro biogeográfico  |                 |                |               |

Dentro de este género *Thouarella*, *T. diadema* fue junto a *Digitogorgia Kuenkentheli* y *Plumarella delicatissima* las especies con mayor porcentaje de aparición, sólo por debajo de *T. antarctica*, con un 21 % de presencia, cada una frente al total muestreado. Los géneros *Primnoella* y las tres especies restantes de *Plumarella*, aunque abundantes respecto al género, las especies pertenecientes a estos no se contabilizaron en porcentajes mayores del 10 % de presencia, por lo que fueron diversas en número de especies pero no muy abundantes (Figura 6.3.).

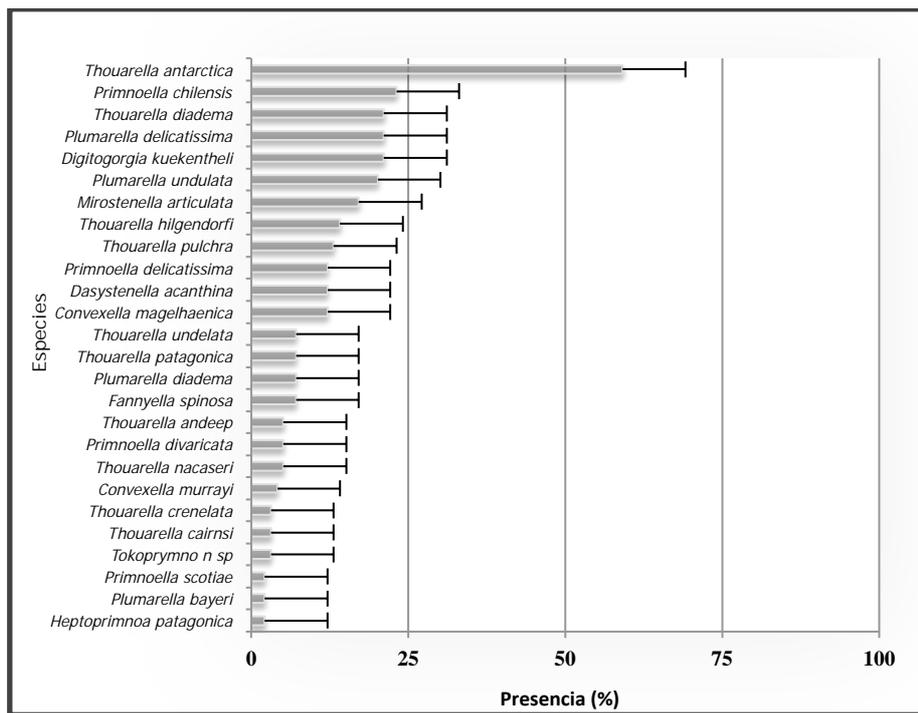


Figura 6.3. Gráfica de porcentaje de presencia de cada una de las especies de corales blandos de la familia Primnoidae presentes en el área de estudio. (% de presencia en un total de 88 dragas realizadas)

Si observamos de forma general los rangos de profundidad en el que fueron encontradas, podemos ver como hay especies que tienen rangos de profundidad muy amplios, por lo que igual las encontramos en las zonas de estudio más superficiales como en las más profundas.

La especie que se registraron a profundidad menor (138 metros) fueron *T. hilgendorfi* y *P. diadema*; ambas mostraron rangos amplios de profundidad puesto que se encontraron también a profundidades de más de 1500 metros de profundidad.

La especie que se registró a mayor profundidad, fue *T. diadema* a 1867 metros y no tuvo registros en los estratos menos profundos y por lo tanto, más cercanos a la plataforma continental.

*Convexella magelhaenica*, presentó el segundo valor de registro a menos profundidad (145 metros) y al igual que sus similares, mostró también un amplio rango de profundidad apareciendo a más de 1500 metros. (Figura 6.4.)

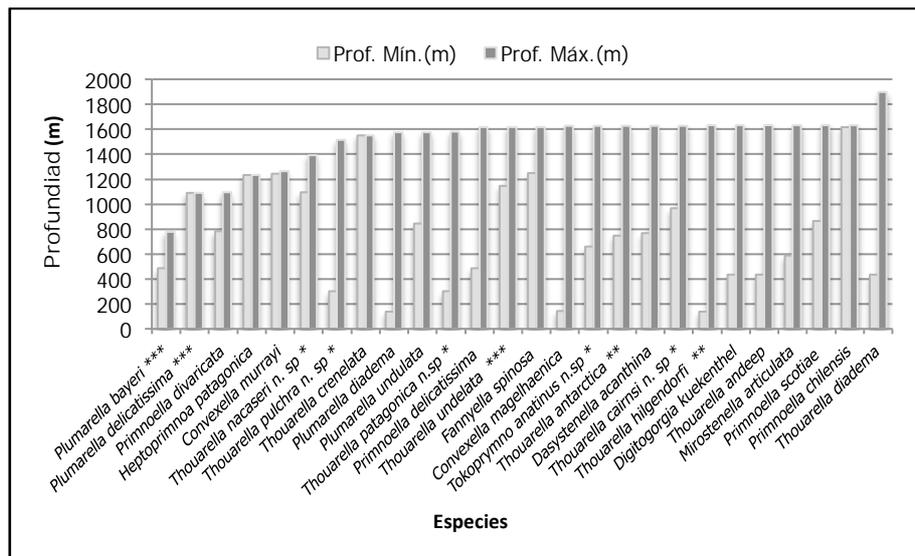


Figura 6.4. Gráfica donde se muestran los rangos de profundidad expresados en metros de cada uno de los corales pertenecientes a la familia Primnoidae presentes en el área de estudio. Se detalla la profundidad mínima y máxima de cada una de las especies.

De forma general, se puede observar en el gráfico anterior (Figura 6.4.) que la mayoría de las especies descritas siguen un patrón similar de distribución en cuanto a la profundidad. Excepto una de ellas, todas se registraron a más de 1000 metros de profundidad; sin embargo en rangos superficiales cercanos a la plataforma continental (S1), son escasas las especies que se identificaron, tan sólo 3 de estas (*C. magelhaenica*, *P. delicatissima* y *T. antarctica*), esto puede ser debido a que son especies de preferencias batimétricas profundas. En los apartados siguientes donde discutiremos la ecología de estas especies se detallarán los posibles factores que influyen en esta distribución

#### 6.1.4. Estudio taxonómico de la familia Stylasteridae y patrones generales de distribución

Se identificaron hasta nivel de especie todos los corales pertenecientes al Orden Anthoathecata y en concreto a la familia Stylasteridae, recolectados en 88 dragas de roca realizadas durante 6 campañas de la serie Patagonia del proyecto Atlantis. Estos corales son llamados falsos corales pétreos y/o duros (Stonycorals) puesto que son pertenecientes a la clase Hydrozoa y no son corales propiamente dichos como los descritos anteriormente, no pertenecen a la clase Anthozoa. No obstante, tienen un papel fundamental en el desarrollo de los arrecifes de corales de profundidad ya que dan fijación al substrato del arrecife y sirven de hábitat para especies comensales (poliquetos y equinodermos) y no comensales (crinoideos y peces); además filtran y sirven de nutrientes a las especies que habitan en el arrecife de coral (Cairns, 2011).

Un total de 185 especímenes fueron clasificados e identificados en 14 géneros y 18 especies diferentes. Cuatro de estas especies eran nuevas para la ciencia que serán descritas como parte de la tesis doctoral de una

colaboración realizada entre el IEO y el Instituto para Estudios Marinos y Antárticos de la Universidad de Tasmania como parte del trabajo realizado en esta tesis doctoral (New Records of Deep-Water Stylasterina off Argentina and the Falkland Islands, Bax et al., 2014, en prensa). De las especies encontradas 5 fueron nuevos rangos batimétricos, aumentando el máximo de profundidad donde ha sido recolectada la especie al menos una vez y 6 nuevos registros biogeográficos, ampliando su zona de distribución, siendo la primera vez que se citan estas especies en la zona de estudio (Bax et.al., 2014 en prensa) (Tabla 6.3.)

Tabla 6.3. Sumario de las especies pertenecientes a la familia Stylasteridae presentes en el área de estudio. Porcentaje de presencia de cada una de las especies, rango de profundidad y profundidad media a las que fueron recolectadas.

| Especie   | Presencia (%) | Rango de prof. (m) | Prof. Med(m) |
|---|---------------|--------------------|--------------|
| Orden Anthoathecata                                   |               |                    |              |
| Familia Stylasteridae Gray, 1847                      |               |                    |              |
| <i>Adelopora n.sp</i> *                               | 2             | 301-1047           | 871,63       |
| <i>Errina (Inferolabiata) labiata</i> (Moseley, 1879) | 2             | 748-1047           | 897,83       |
| <i>Lepidotheca n.sp</i> *                             | 3             | 485-1478           | 910,17       |
| <i>Lepidoteca fascicularis</i> (Cairns,1983) **       | 6             | 435-1513           | 1036         |
| <i>Lepidopora granulosa</i> (Cairns,1983)             | 6             | 756-1635           | 1240,11      |
| <i>Errina antarctica (Gray,1872) ***</i>              | 7             | 779-1553           | 1105,49      |
| <i>Errina cyclopora Cairns,1983</i> *                 | 7             | 301-846            | 608,89       |
| <i>Inferiolabiata n.sp</i> *                          | 7             | 485-1232           | 957,83       |
| <i>Stylaster profundus</i> (Moseley,1879)             | 8             | 990-1393           | 1192         |
| <i>Adelopora pseudothyron</i> Cairns, 1982 **         | 9             | 586-1635           | 1261,22      |
| <i>Sporadopora dichotoma</i> (Moseley, 1876) **       | 10            | 435-1577           | 956,48       |
| <i>Stellopora echinata</i> (Moseley, 1879)            | 11            | 485-1090           | 813,08       |
| <i>Inferiolabiata lowei</i> (Cairns,1983)             | 13            | 748-1088           | 855,3        |
| <i>Errina n.sp</i> *                                  | 14            | 748-1088           | 855,3        |
| <i>Crypthelia formosa</i> Cairns,1983                 | 15            | 336-1088           | 749,83       |
| <i>Conopora verrucosa</i> (Studer,1878)               | 22            | 1244-1635          | 1513,22      |
| <i>Cheiloporidium pulvinatum</i> Cairns 1983 **       | 33            | 254-1629           | 1256,63      |
| <i>Stylaster densicaulis</i> Moseley, 1879 ***        | 36            | 138-1897           | 1140,78      |
| * Nueva especie                                       |               |                    |              |
| ** Nuevo registro de distribución                     |               |                    |              |
| ***Nuevo registro batimétrico                         |               |                    |              |

La especie más representada con un 36 % de porcentaje de presencia fue *Stylaster densicaulis*, esta especie fue descrita ya en la zona de estudio por Bax & Cairns (2013), donde se observó que es una especie típica de la zona magallánica, por lo que es común en el área de estudio.

*Cheiloporidium pulvinatum* con un 33% de aparición también es una especie común en el área de estudio, esto ya fue citado por Bax & Cairns (2013) y los registros que se documentan aquí acentúan su distribución a lo largo de la plataforma argentina así como su papel como especie bioestructura debido a su amplio rango de distribución tanto espacial como batimétrico, el cual detallaremos más adelante.

*Conopora verrucosa* con un 22 % de porcentaje de presencia fue la tercera especie más presente en nuestro área de estudio y concretamente solía parecer en los mismos puntos donde *S. densicaulis* por lo que también es una especie cosmopolita en el área de estudio, normalmente aparece a grandes profundidades lo cual es justamente lo contrario a lo que describió Cairns 1983.

*Cryptelia formosa* presentó un porcentaje de presencia del 15% y fue la primera vez que se citó en el área de estudio puesto que sólo estaba registrada en Tierra de Fuego y en el Arco de escocia por Cairns (1983) pero no se extendía hacia el Atlántico Sudoccidental.

Todas las demás especies identificadas en el área de estudio se encontraron con porcentajes de presencia menores del 15% y en algunos casos con valores del 2% y 3% como son *Adelopora n. sp* y *Lepidotheca n. sp* respectivamente, ambas nuevas especies para la ciencia las cuales son descritas en Bax et al. (2014). *Inferiolabiata n. sp*, también nueva especie para la ciencia apareció en un porcentaje del 7% algo mayor que las anteriores, y el caso de *Errina n. sp* fue más característico pues siendo una

especie nueva para la ciencia su porcentaje fue relativamente alto en el área de estudio, un 14 % de presencia, esto nos da una visión de la escasez de estudios realizados en esta área (Figura 6.5.)

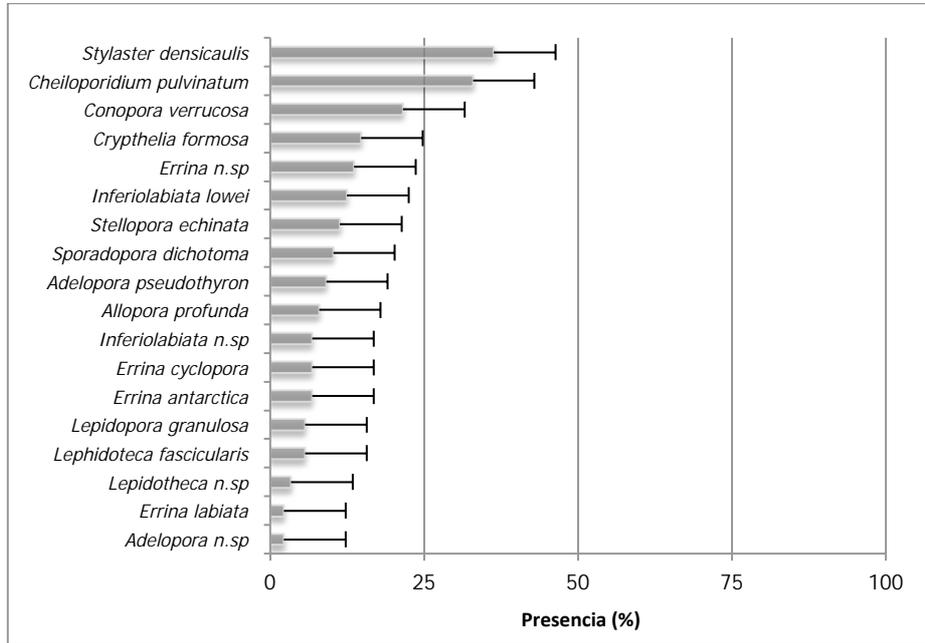


Figura 6.5. Gráfica de porcentaje de presencia de cada una de las especies de corales pétreos de la familia Stylasteridae presentes en el área de estudio. (% de presencia en un total de 88 dragas realizadas).

Además de *C. pulvinatum*, *C. verrucosa* y *C. formosa* como ya hemos citado, con porcentajes de presencia menores (Figura 6.5.), *Adelopora pseudothyron*, *Lepidotecha fascicularis*, *Errina cyclopora*, *Crypthelia formosa*, *Conopora verrucosa*, *Lepidopora granulosa* sólo habían sido identificadas en las Islas Malvinas y en regiones subantártica. Ahora, con los datos presentados aquí, su distribución se ha ampliado hasta cerca del Río de la Plata a través del Océano Atlántico Sudoccidental. Cinco nuevas extensiones de rango batimétricos se identificaron en el área estudiada (Bax et al., 2014, en prensa), *Adelopora pseudothyron*, *Cheiloporida pulvinatum*, *Errina*

*antarctica*, *Sporadopora dichotoma* y *Stylaster densicaulis* fueron las especies que presentaron estos nuevos rangos de profundidad (Figura 6.6.).

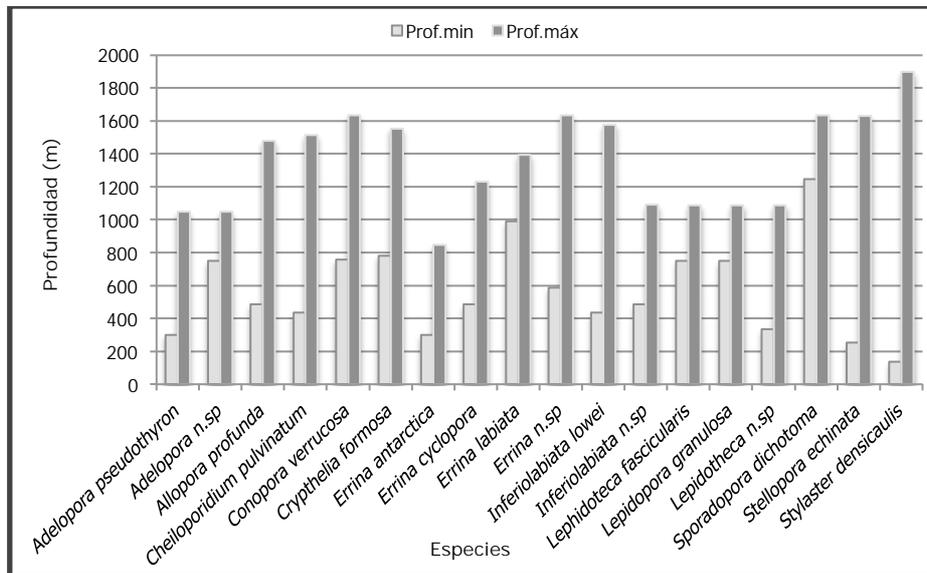


Figura 6.6. Gráfica donde se muestran los rangos de profundidad expresados en metros de cada uno de los corales pertenecientes a la familia Stylasteridae presentes en el área de estudio. Se detalla la profundidad mínima y máxima de cada una de las especies.

Como ya se determinó en Cairns 1983, la familia Stylasteridae es una familia típica de grandes profundidades. En este estudio lo podemos corroborar con el gráfico batimétrico de cada una de las especies (Figura 6.6.), según los valores de profundidad donde fueron recolectadas durante las campañas realizadas. Se observó que tan solo una especie fue hallada a profundidades menores de los 1000 metros, fue el caso de *E. antarctica* que se identificó a una profundidad máxima de 846 metros. La especie que mostró mayor amplitud de rango de profundidad fue *S. densicaulis* la cual fue la especie más superficial (138 m) y la más profunda (1897 m) además mostró un nuevo registro batimétrico en este estudio, siendo la primera vez que se identificaba a esa profundidad en la región patagónica. En apartados posteriores se detallará con más atención la distribución por estratos de profundidad y/o dominios fisiográficos de la familia Stylasteridae.

#### 6.1.5. Discusión

En el estudio taxonómico de los grupos de corales bioconstructores realizado con el material procedente de las 88 dragas llevadas a cabo en el marco del proyecto Atlantis, en la serie de campañas Patagonia, se estudiaron los corales pertenecientes al Orden Scleractinia, la familia Stylasteridae y la familia Primnoidae. En el total de ejemplares muestreados, se identificaron 13 nuevas especies de corales, al menos 10 nuevos registros batimétricos y 8 nuevos registros biogeográficos (Polonio *et al.*, 2014 en prensa, Bax *et al.*, en prensa y Cairns & Polonio 2013).

Toda la costa de Argentina, de Río de la Plata hasta el Pasaje de Drake, al sur de Tierra del Fuego en la Convergencia Antártica (así como la costa sur de Chile hasta la costa norte de la Isla Grande de Chiloé, sobre 42 ° S), es considerado por Briggs (1974) como la región templada-fría de la Provincia de Magallanes. Limita al norte con el Océano Atlántico, la región templada-cálida; el estuario del Río de la Plata es la frontera Norte de la confluencia y la deflexión entre las Malvinas (zona fría) y la zona más caliente que discurre hacia Brasil. La frontera sur es el Convergencia Antártica. Esta provincia está subdividida por algunos estudios (Menzies 1962, Hedgpeth 1969) en dos regiones, una parte del norte del paralelo de 45 ° S , y una región más fría al sur de 45 ° S (latitud de la convergencia subtropical), esta última a veces se llama la región subantártica (Hedgpeth 1969, Cairns 1982). En contraste, Spalding et al.(2007) consideran la provincia templada-cálida hasta un poco más al Sur, hasta Punta Rasa (alrededor de 41 ° S), al sur de la cual se sitúa la ecoregión de la plataforma patagónica de la provincia templada-fría denominada Provincia de Magallanes. La mayoría de los nuevos récords registrados se registraron en esta ecorregión. Aunque estas regiones se definieron por los patrones de distribución de la fauna de la plataforma según Briggs (1974), no son lo bastante exactas para delimitar los macroinvertebrados presentes a mayores profundidades en el área de estudio pero nos una aproximación de la distribución de estas especies y

cuales pueden ser las causas por las que se concentran en estas áreas numerosos registros nuevos, tanto batimétricos como biogeográficos. Esta transgresión a través de la Antártida hacia la zona cálido-templada puede ser facilitada por las masas de agua que fluyen inferiormente desde el norte Antártico y que barren la zona oriental de taludes continentales de América del Sur. A esto hay que sumarle la escasez de estudios previos realizados en la región patagónica a las profundidades en las que los muestreos fueron realizados.

## 6.2. Estudio ecológico de las comunidades de corales bioconstructores "Framework-forming corals"

### 6.2.1. Distribución de las especies de corales duros (Scleractinia) por rangos batimétricos y dominios fisiográficos

En su mayor parte, todas las especies presentes en este estudio varían a lo largo del rango batimétrico analizado, alcanzando un pico de diversidad en los rangos más profundos (Figura 6.7.).

En la plataforma continental se encontraron cuatro especies: *B. candida*, *C. antarctica*, *F. thourasii* y *F. curvatum*, y todas ellas con un bajo porcentaje de presencia. Sin embargo, *F. thourasii* alcanzó su mayor abundancia en esta zona debido a su distribución más superficial. La mitad de las especies identificadas (*B. candida*, *C. cornu*, *S. australis*, *F. curvatum*, *F. thourasii*, *F. areum*, *J. antarctica*) aparecieron en el talud superior, pero también en un bajo porcentaje de presencias, a excepción de *F. curvatum*, que se apareció con el segundo porcentaje más alto de las especies de este rango de profundidad, el talud medio es donde esta especie apareció con el mayor porcentaje de presencia.

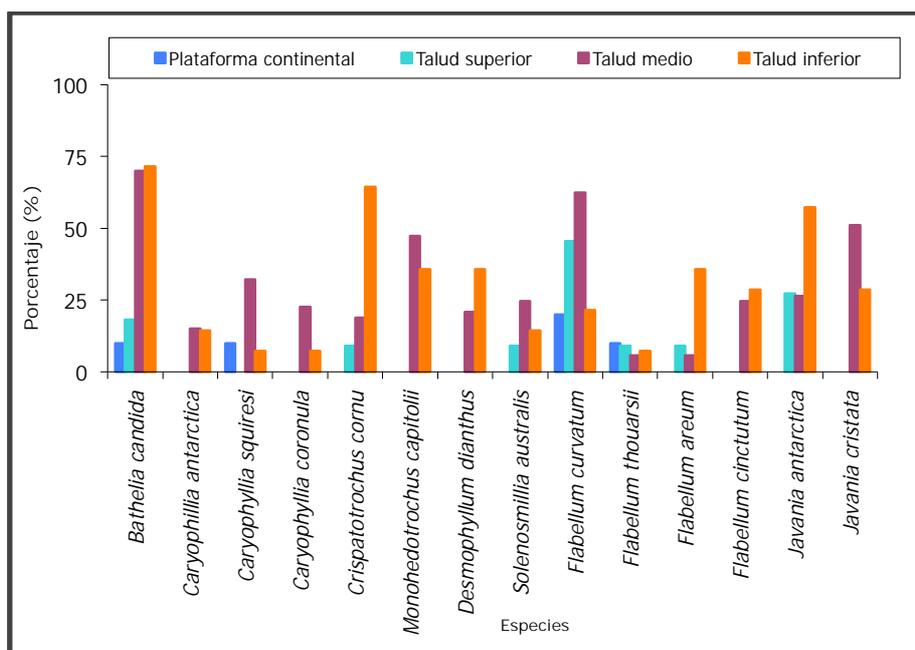


Figura 6.7. Porcentaje de presencia de cada una de las especies en cada uno de los rangos batimétricos establecidos en el área de estudio (azul= plataforma continental; turquesa= talud superior; magenta= talud medio; naranja= talud inferior).

El talud medio e inferior fueron similares en composición de especies y ambas áreas mostraron el mayor porcentaje de corales del Orden Scleractinia del área estudiada, ya que se encontraron las 14 especies identificadas. Las especies, *C. cornu*, *D. dianthus*, *F. areum* y *J. antarctica* mostraron mayor abundancia en el talud inferior. *Bathelia candida* fue significativa en términos de presencia en los dos rangos, lo que confirma su papel como una especie bioconstructora puesto que junto con otras especies forma la estructura tridimensional que da lugar a la formación del arrecife de profundidad.

El análisis de correlación lineal realizado para observar la tendencia de una mayor abundancia (nº de individuos) conforme aumentamos la profundidad mostró que existe una tendencia positiva y que por

tanto a mayor profundidad el número de individuos identificados es mayor ( $R^2=0,43048$ ;  $\alpha=0,01$ ; Figura 6.8.).

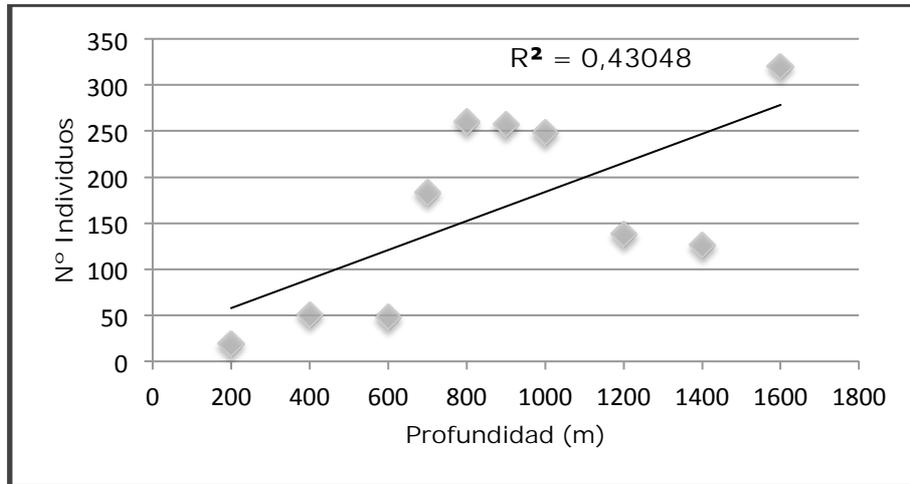


Figura 6.8. Gráfico de correlación lineal entre el nº de individuos de la familia Stylanderidae (abundancia) y la profundidad expresada en metros. ( $r^2= 0,43048$ ,  $\alpha=0,01$ )

Siguiendo la tendencia que observamos en el gráfico de dispersión al realizar el análisis de conglomerados (CLUSTER) mostró dos agrupaciones diferenciadas (Figura 6.9.) al 40 % de similitud: 1) la plataforma continental y el talud superior con pocas especies identificadas y con sólo una especie más abundante en estos rangos que en los rangos de mayor profundidad y 2) Talud medio e inferior, donde básicamente se encuentran todas las especies. En términos de abundancia, se encontró que el mayor número de especímenes está en el talud medio e inferior, con 744 y 320 ejemplares respectivamente, mientras que la plataforma continental y el talud superior se encontraron 19 y 79 respectivamente. Por lo que se distinguen claramente dos grupos de corales Scleractinia en términos de profundidad, 1) talud medio e inferior y 2) Plataforma continental y talud superior.

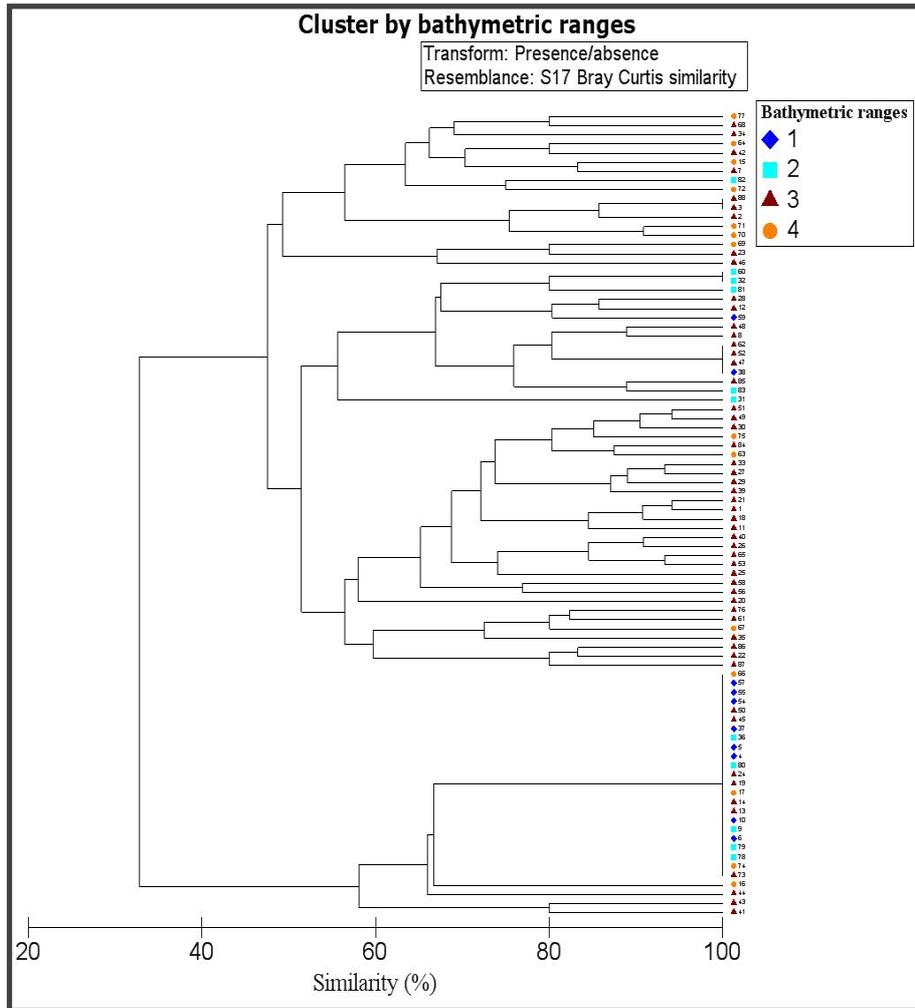


Figura 6.9. Dendrograma de análisis clúster por rangos batimétricos. Numeración de los rangos batimétricos; 1= plataforma continental; 2= talud superior; 3= talud medio; 4= talud inferior.

El análisis de escalamiento multidimensional, más conocido como *Multidimensional Scaling* (MDS) mostró resultados similares a los anteriores agrupando las muestras de niveles de profundidad 3 y 4 (talud medio e inferior) en un grupo y aunque algo más dispersas que el grupo citado anteriormente, las muestras de los rangos 1 y 2 (plataforma continental y el talud superior) en otro grupo diferenciado (Figura 6.10.)

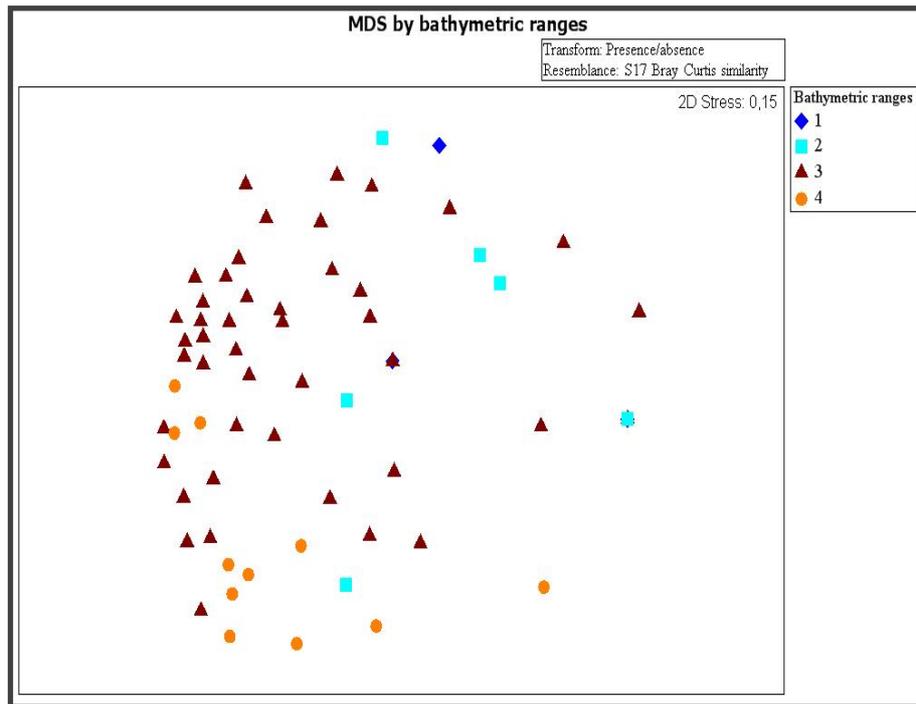


Figura 6.10. MDS por rangos batimétricos. stress=0.15. 1 (rombo azul)= plataforma continental; 2 (cuadrado turquesa)= talud superior; 3 (triángulo marrón)= talud medio; 4 (circulo naranja)=talud inferior.

El análisis SIMPER (Anexo I) permitió conocer la contribución de cada especie a la disimilitud entre los grupos (hasta un 90% acumulado de disimilitud). Entre el talud medio y de la plataforma continental, *B. candida* y *F. curvatum* aportaron casi el 40 % de la disimilitud con otros rangos batimétricos. Sobre todo, las especies restantes (más del 90 %) pertenecen a rangos más profundos, por lo que las especies con distribuciones más profundas fueron los responsables de la disimilitud. La plataforma continental y el rango más profundo, talud inferior, presentaron patrones similares al par comparativo descrito anteriormente, es decir, plataforma-talud medio. Sin embargo, la especie responsable de la mayor parte de las diferencias en la el talud inferior (sumando a *B. candida* y *F. curvatum* que siempre presentan grandes porcentajes) fue *C. cornu*. Esta especie fue casi

la única en contribuir a las diferencias entre rangos de profundidad mayores.

Los rangos de menor profundidad (es decir, los correspondientes a la plataforma continental y el talud superior) se caracterizaron por *F. curvatum*, *B. candida* y *F. thoursii* porque estas especies son casi las únicas que se encontraron en la plataforma continental, siendo este último el coral Scleractinia más superficial identificado en la zona de estudio.

El talud superior fue el que mostró mas diferencias con los rangos más profundos (es decir, talud medio e inferior), marcadas por la presencia de *B. candida* y *F. curvatum* y en menor proporción, *C. cornu* que también fue representativo en estos rangos.

Las 4 especies de corales azooxantelados (Scleractinia) que marcaron diferencias entre los diferentes rangos de profundidad y por tanto dominios fisiográficos fueron; *B. candida*, *F. curvatum*, *F. thoursii* y *C. cornu*, contribuyendo en la mayoría de las veces a más de un 50 % de disimilitud. (Figura 6.11.).

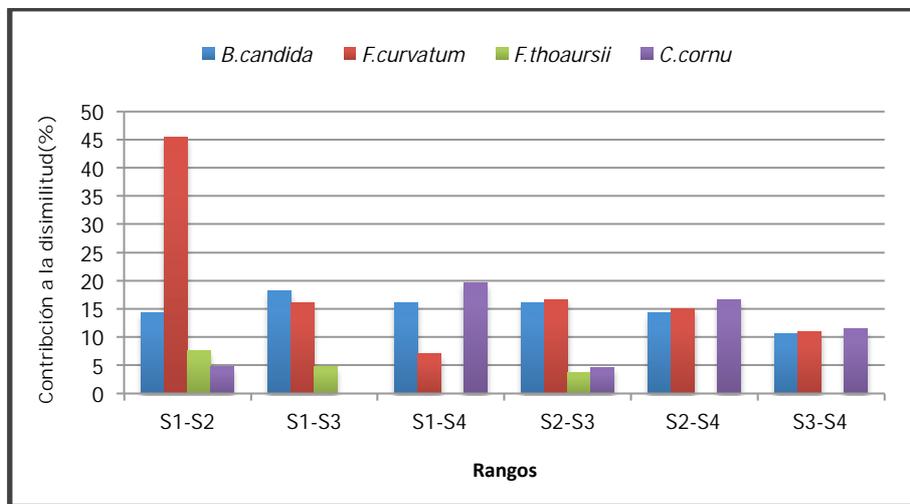


Figura 6.11. Porcentajes de contribución de las especies más representativas en la disimilitud entre dominios fisiográficos y rangos de profundidad analizados en el área de estudio.

Para corroborar el análisis SIMPER se realizó un test ANOSIM (Tabla 6.4.). Aunque en los resultados obtenidos no mostraron relaciones muy fuertes, encontramos los valores más cercanos a cero entre los dominios S1-S2 (plataforma continental y el talud superior) y S3-S4 (talud medio e inferior) que indican que no existen diferencias significativas entre los dominios comparados. Se observaron diferencias significativas entre los dos rangos más superficiales y los más profundos. El valor de R mayor se encontró para los dominios S1 y S4 (plataforma continental y talud inferior), con un  $R = 0,37$ . Después de esto, las diferencias entre los dominios S1 y S3 (plataforma continental y el talud medio) fueron significativas con un  $R = 0,30$ .

Tabla 6.4. Resultados del análisis ANOSIM para diferencias entre rangos batimétricos. Valores cercanos a cero representan grupos similares entre sí, sin diferencias significativas en su composición taxonómica.  $\alpha$ =nivel de significación entre los pares analizados. \*R (Global)= 0,216 Nivel de significancia= 0,1; R= valor para cada grupo Grupos; 1= Plataforma continental; 2= Talud superior; 3= Talud Medio; 4 = Talud inferior;  $\alpha$ =Porcentaje del nivel de significación.

| Pares analizados | R*   | p-valor ( $\alpha$ ) |
|------------------|------|----------------------|
| S3-S1            | 0,30 | 0,1                  |
| S3-S2            | 0,23 | 0,1                  |
| S3-S4            | 0,18 | 0,4                  |
| S1-S2            | 0,02 | 6,8                  |
| S1-S4            | 0,37 | 0,4                  |
| S2-S4            | 0,27 | 1,1                  |

#### 6.2.1.1 Índices de diversidad

Los índices de diversidad por realizados por intervalos de profundidad mostraron los valores más altos de la diversidad en el talud medio (Tabla 6.5.) con *M. capitoli*, *F. curvatum* y *B. Candida* como especie

dominante como se determinó con el análisis SIMPER. Esto se corresponde con los intervalos entre unos 800-1200 metros, siendo este último el que obtuvo los valores mayores en los diferentes índices realizados. Aunque los intervalos más profundos no fueron los que obtuvieron los valores más alto, se observa cierta tendencia a aumentar la diversidad con la profundidad. Como se ha observado en apartados anteriores, el dominio S3, correspondiente al talud medio es el más destacado en cuanto a diversidad y abundancia.

Tabla 6.5. Índices de diversidad por latitud, longitud y profundidad; s= total de especies; n= n° total de individuos; d= índice de Margalef (riqueza especies); j' = índice de Pielou's (uniformidad); es (14)= rarefacción; h'(log e)= índice de Shannon-Weaver; 1-lambda= índice de Simpson.

| Intervalos | S  | N   | d      | J'     | H'(loge) | 1-Lambda' |
|------------|----|-----|--------|--------|----------|-----------|
| 100        | 4  | 19  | 1,019  | 0,8034 | 1,114    | 0,6608    |
| 400        | 4  | 48  | 0,775  | 0,8074 | 1,119    | 0,6551    |
| 500        | 3  | 19  | 0,6792 | 0,5762 | 0,633    | 0,3684    |
| 600        | 4  | 10  | 1,303  | 0,9232 | 1,28     | 0,7778    |
| 700        | 9  | 183 | 1,536  | 0,8233 | 1,809    | 0,8111    |
| 800        | 11 | 260 | 1,798  | 0,8222 | 1,971    | 0,8123    |
| 900        | 12 | 257 | 1,982  | 0,8184 | 2,034    | 0,8434    |
| 1000       | 11 | 203 | 1,882  | 0,8097 | 1,942    | 0,8167    |
| 1100       | 6  | 45  | 1,313  | 0,8705 | 1,56     | 0,7596    |
| 1200 *     | 14 | 138 | 2,638  | 0,846  | 2,233    | 0,876     |
| 1400       | 11 | 126 | 2,068  | 0,8103 | 1,943    | 0,823     |
| 1500       | 13 | 233 | 2,201  | 0,734  | 1,883    | 0,7888    |
| 1600       | 12 | 87  | 2,463  | 0,7753 | 1,926    | 0,818     |

### 6.2.2. Distribución de las especies de corales blandos (Primnoidae) por rangos batimétricos y dominios fisiográficos

Observando la distribución de las especie, según el porcentaje de presencia de cada una de ellas en las divisiones realizadas para determinar diferentes rangos batimétricos así como dominios fisiográficos, concluimos que hay especies que aparecen en proporciones altas en todos las divisiones correspondiéndose los datos con el gráfico de profundidades mínimas y máximas que citamos con anterioridad, en la descripción general de los patrones de diversidad de la familia Primnoidae. Como es el caso de *T. antarctica*, presente en más del 50 % de los muestreos realizados en cada dominio fisiográfico y por tanto con presencia representativa en cada rango de profundidad, definiéndose así como especie dominante en el área de estudio en cuanto a corales blandos (Figura 6.12.). De lo contrario, también podemos observar especies que sólo aparecen en uno de los rangos de profundidad, como ocurre con *Heptoprimnoa patagónica*, *Plumarella bayeri* y *Thouarella crenelata* con presencia en el dominio S3 (talud medio). Así como, el dominio S3 es el único de ellos que presenta todas las especies identificadas en este estudio, por lo que es el rango más diverso. Sin embargo no es el más abundante si hablamos en términos de número de individuos (abundancia relativa) recolectados por especie.

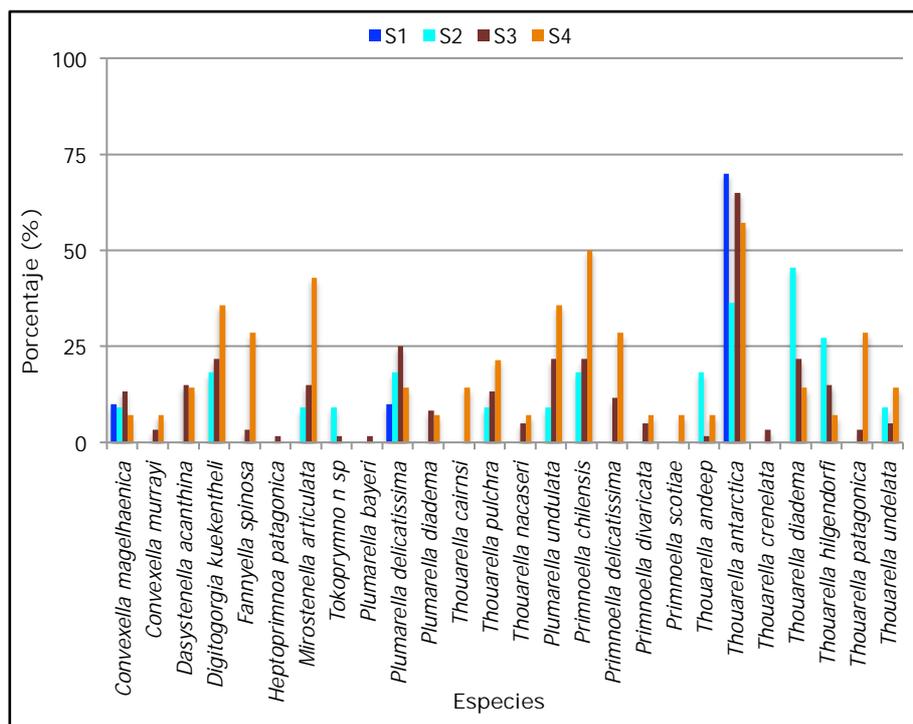


Figura 6.12. Gráfico de porcentajes de presencia de cada de las especies en cada dominio fisiográfico y/o rango batimétrico definido en el área de estudio. S1=Plataforma continental; S2= Talud superior; S3=Talud medio; S4= Talud inferior.

En el caso de los corales blandos Primnoidae, el dominio con mayor abundancia relativa; más abundante (mayor porcentaje de presencia de la mayor parte de las especies identificadas) que no diverso, sería el más profundo de ellos, el correspondiente con el talud inferior (S4). El patrón más definido en el estudio de la distribución de especies por profundidad, el dato más relevante, es que la mayoría de las especies recolectadas se encuentran entre los dominios S3 y S4, lo cual define la tendencia de hallar dichos corales blandos en zonas más profundas, como se observa en la gráfica anterior y como ocurría con los corales pertenecientes al orden Scleractinia.

El análisis de correlación lineal realizado para observar dicha tendencia en el que representamos el número de individuos (abundancia) frente a la profundidad mostró que existe una tendencia positiva y que por tanto a mayor profundidad el número de individuos identificados es mayor ( $R^2=0.50055$ ). No obstante, en la gráfica 6.13 se observa que entre las profundidades de 1000-1500 es donde se identificó mayor número de individuos.

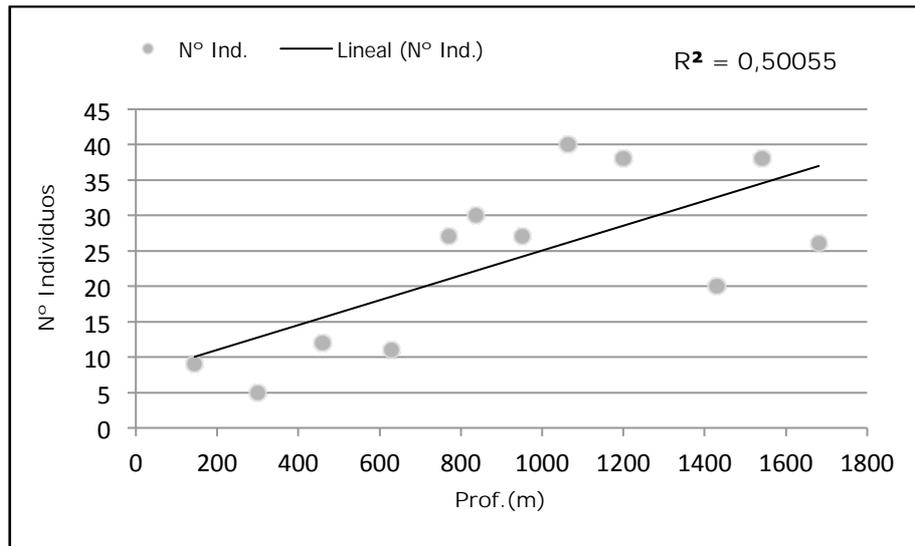


Figura 6.13. Gráfico de correlación lineal entre el nº de individuos de la familia Primnoidae (abundancia) y la profundidad expresada en metros. ( $r^2 = 0,50055$ ,  $\alpha = 0,01$ )

Una vez observado el gráfico de dispersión en el que podemos tener una idea generalizada de cómo se comportan nuestras variables se realizó un análisis de escalamiento multidimensional (MDS) a partir de las agrupaciones originadas por la matriz de similitudes de Bray Curtis previa transformación de los datos a las raíz cuarta para poder discriminar el peso de especies raras, permitiéndonos visualizar cual es el comportamiento de las especies por rangos batimétricos.

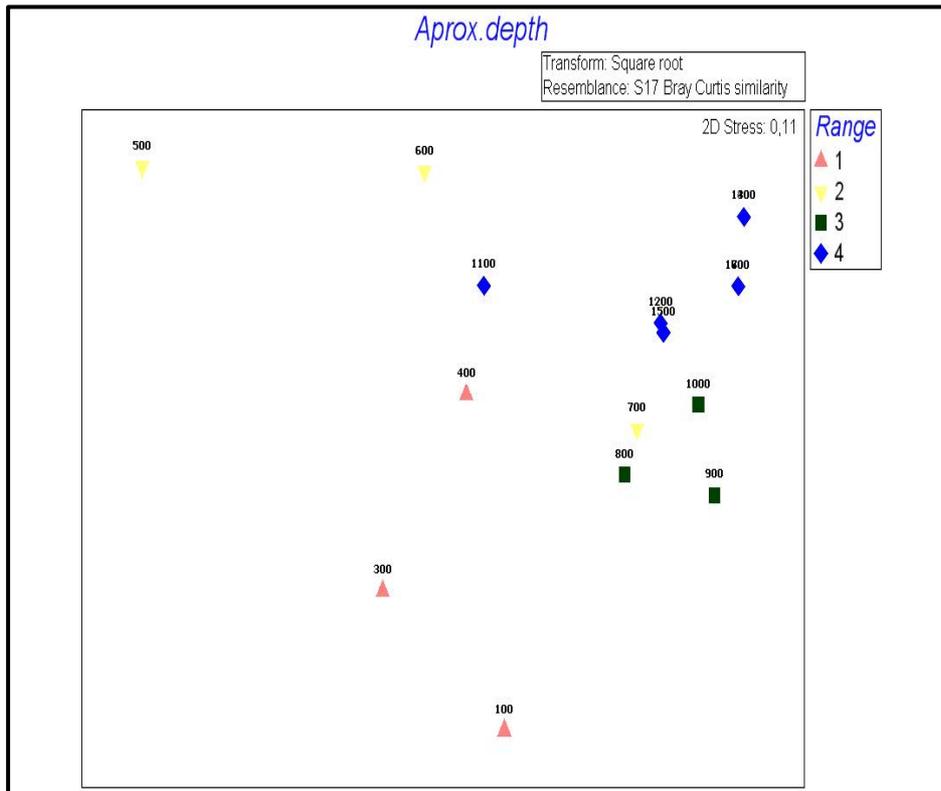


Figura 6.14. Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) de la familia Primnoidae por rangos batimétricos. \*(transformación raíz cuarta, similaridad Bray-Curtis).

El resultado obtenido el cual se puede apreciar tanto en la gráfica 6.14 de MDS como en el Cluster que se realizó (Figura 6.15.) y aunque este fuera menos clarificador que el MDS, ambas determinaron agrupaciones por profundidades, de forma general se observa como las profundidades más superficiales se alejan de las más profundas y como éstas permanecen más unidas en ambos casos, tanto para estratos profundos como para someros.

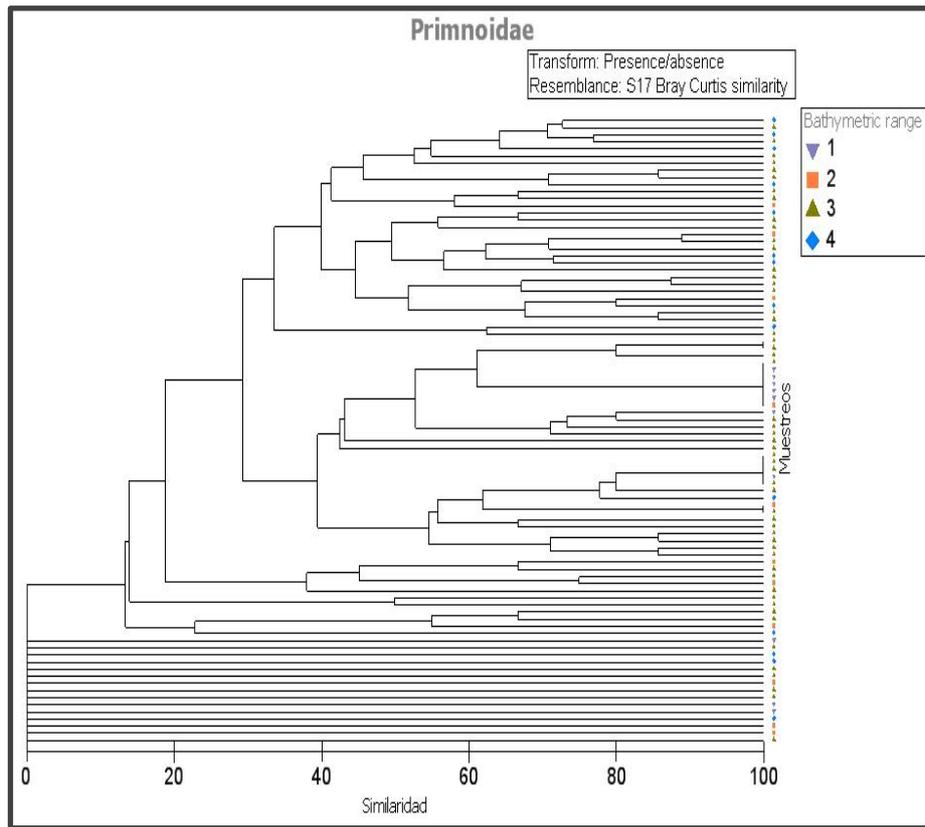


Figura 6.15. Dendrograma de análisis clúster por rangos batimétricos. Numeración de los rangos batimétricos; 1= plataforma continental; 2= talud superior; 3= talud medio; 4= talud inferior.

Para completar y estudiar más a fondo estas posibles diferencias entre rangos batimétricos y por tanto unidades fisiográficas se realizó un análisis de similitudes, ANOSIM, con el fin de estimar las diferencias entre las 4 regiones descritas. El análisis de similitudes realizado mediante permutaciones no paramétricas para medir la distancia entre grupos según la composición de especie (ANOSIM) nos originó la siguiente tabla de resultados que se detallan a continuación (Tabla 6.6.)

Tabla 6.6. Resultados del análisis ANOSIM. Valores de p-valor menores de 0,05 son significativos. se detallan con un asterisco (\*) los rangos que mostraron diferencias significativas. \*R= valor para cada grupo Grupos; S1= Plataforma continental; S2= Talud superior; S3= Talud Medio; S4 = Talud inferior; p-valor ( $\alpha$ )=Porcentaje del nivel de significación. \*p-valor menores o iguales que 0,05. R-global =0,131 p-valor=0,02

| Pares muestreados | R*    | p-valor |
|-------------------|-------|---------|
| S3-S1             | 0,058 | 0,258   |
| S3-S2             | 0,159 | 0,05*   |
| S3-S4             | 0,111 | 0,095   |
| S1-S2             | 0,113 | 0,054   |
| S1-S4             | 0,182 | 0,019*  |
| S2-S4             | 0,034 | 0,212   |

Una vez observados los valores del análisis ANOSIM, observamos que el valor de R global no es muy cercano a 1, indicando que la similitud entre grupos es alta, no obstante, el valor de  $\alpha$  obtenido para el par S1-S4 nos determinan que si existen diferencias significativas entre esos dos dominios, acercándonos nuevamente al resultado que obtuvimos en la gráfica inicial; el análisis MDS, en la que observamos que los rangos batimétricos o dominios fisiográficos que más difieren son los que pertenecen a profundidades menores frente a los de profundidades mayores.

EL análisis SIMPER (Anexo II) realizado para conocer cuales de las especies estudiadas aportaban mayor porcentaje de disimilitud entre los diferentes rangos estudiados, mostró que las especies *T. antarctica*, *P. delicatissima* y *P. diadema* son las especies que representan el mayor porcentaje de disimilitud entre pares muestreados, es decir, entre dominios fisiográficos. No obstante, no contribuyen igual en todos los estratos y por eso lo detallamos a continuación:

- S1-S2: en este caso estas tres especies contribuyen un 61 % a la disimilitud entre estos rangos, puesto que *T. antarctica* es más abundante en S1, de lo contrario *P. diadema* y *P. delicatissima* no están presentes en el dominio S1.
- S1-S3: Además de las 3 especies más contribuyentes mencionadas con antelación, hay que sumarle *P. undulata*, esta especie está representada sobre todo en los estratos más profundos. Es así como estas 4 especies contribuyen a un 56,45% de disimilitud entre estos dominios.
- S1-S4: Este par muestreado difiere de los anteriores realizados, es entre el estrato menos profundo (S1) y el estrato más profundo (S4) donde 5 especies son contabilizadas para contribuir a un 55% de disimilitud entre dominios. De las 3 más representadas sólo está reflejada en este 55% *T. antarctica*, aquí las especies que contribuyen principalmente son todas aquellas que no se encontraron en el dominio S1 y sí en los más profundos, de ahí que otorguen más disimilitud. Estas especies fueron por orden de contribución *P. undulata*, *M. articulata*, *P. chilensis* y *D. kuenkentheli*.
- S2-S3: Entre estos dos dominios para alcanzar el 56,45% de disimilitud entre ellos, además de las 3 principales especies, se añadieron en este mismo orden *P. undulata*, que aunque en este rango de profundidad se identificó su presencia no fue muy elevada como ocurrió con *T. diadema*, especie de distribución más profunda en el área de estudio.
- S2-S4: para alcanzar un 55,18% de disimilitud entre estos dos dominios ocurrió como en el caso de S1 con el más profundo, se contabilizaron mayor número de especies que en otros pares

estudiados, concretamente fueron estas 6 especies: *T. antarctica*, *P. undulata*, *P. diadema*, *M. articulata*, *P. chilensis* y *P. delicatissima*. Aunque las 3 especies más representadas estaban presente, no fueron las principales, estaban representadas en porcentajes menores, por lo que no eran las que aportaban más disimilitud. Además contribuyeron notablemente otras especies que sólo encontramos en los dominios S3 y S4 y en ocasiones en el S2 por ser especies identificadas en mayores % a profundidades mayores.

- S3-S4: Estos dos dominios fueron los más similares en cuanto a composición de especies, fueron pocas las especies que aparecían en sólo uno de los dos dominios, además también fueron los dominios con mayor diversidad. Para alcanzar un 52% de contribución a la disimilitud entre ellos, se contabilizaron un total de 6 especies, en el siguiente orden de contribución: *T. antarctica*, fue la única especie que dominó la zona más superficial del estudio, *P. undulata*, *P. chilensis*, *M. articulata*, *P. delicatissima* y *P. diadema* todas ellas como se mencionó con anterioridad tienen distribución más profundidad pero los porcentajes de presencias en ambos dominios profundos varió y por tanto marcó diferencia entre los mismos.

Apreciamos la contribución de estas especies que contribuyeron en todos los pares muestreados y como fue su porcentaje de presencia en cada uno de ellos en la figura 6.14.

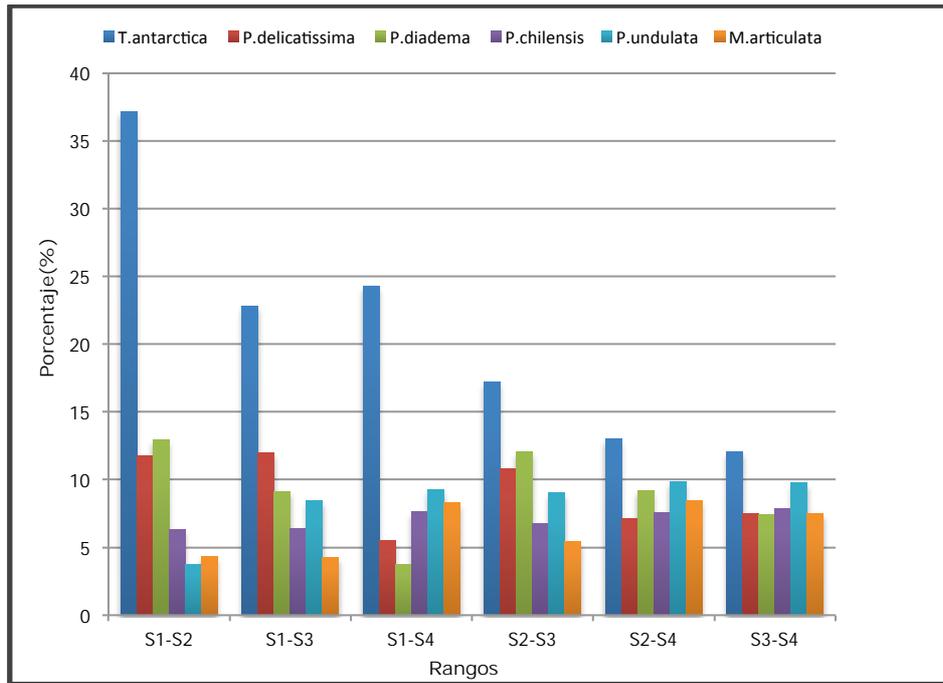


Figura 6.16. Porcentajes de contribución de las especies más representativas en la disimilitud entre dominios fisiográficos y rangos de profundidad analizados en el área de estudio (Gráfico obtenido de los resultados extraídos del análisis *simper*).

#### 6.2.2.1 Índices de diversidad

Se realizaron diferentes índices de diversidad para conocer si la diversidad de especies variaba con la profundidad así como determinar cuales fueron las profundidades que mostraron índices mayores.

Al igual que con los corales azooxantelados, se agruparon las diferentes profundidades muestreadas en intervalos de 100 metros y se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación en la tabla 6.7.

El valor mayor se encontró en el intervalo de 1500 metros de profundidad, observamos que hay un incremento de la diversidad con la profundidad. Estos

resultados corroboran a su vez el análisis SIMPER de disimilitudes entre rangos o dominios fisiográficos en los que las zonas más profundas tienen un mayor número de especies presentes, esto también se observó en el gráfico de dispersión, por lo que podemos asumir un incremento de la abundancia (nº de individuos) así como de la diversidad (nº de especies) con la profundidad.

Tabla 6.7. Índices de diversidad por intervalos de profundidad de 100 metros.  $s$ =nº de especies;  $n$ =nº de individuos;  $d$ =riqueza específica;  $J'$  = índice de Jaccard;  $h$ = índice de Shannon-Weaver;  $1-\lambda'$  = índice de Simpson.

| Prof.  | S  | N  | d      | J'     | H'(loge) | 1- $\lambda'$ |
|--------|----|----|--------|--------|----------|---------------|
| 100    | 3  | 9  | 0,9102 | 0,6224 | 0,6837   | 0,4167        |
| 300    | 5  | 5  | 2,485  | 1      | 1,609    | 1             |
| 400    | 9  | 12 | 3,219  | 0,9732 | 2,138    | 0,9545        |
| 500    | 2  | 2  | 1,443  | 1      | 0,6931   | 1             |
| 600    | 5  | 6  | 2,232  | 0,9697 | 1,561    | 0,9333        |
| 700    | 12 | 23 | 3,508  | 0,9178 | 2,281    | 0,917         |
| 800    | 11 | 33 | 2,86   | 0,9006 | 2,16     | 0,8845        |
| 900    | 16 | 90 | 3,333  | 0,8552 | 2,371    | 0,8784        |
| 1000   | 17 | 39 | 4,367  | 0,9097 | 2,577    | 0,9271        |
| 1100   | 6  | 9  | 2,276  | 0,9684 | 1,735    | 0,9167        |
| 1200   | 14 | 28 | 3,901  | 0,9252 | 2,442    | 0,9286        |
| 1300   | 11 | 18 | 3,46   | 0,9484 | 2,274    | 0,9346        |
| 1400   | 11 | 18 | 3,46   | 0,9484 | 2,274    | 0,9346        |
| * 1500 | 15 | 34 | 3,97   | 0,9576 | 2,593    | 0,9465        |
| 1600   | 13 | 23 | 3,827  | 0,9462 | 2,427    | 0,9407        |
| 1700   | 13 | 23 | 3,827  | 0,9462 | 2,427    | 0,9407        |

### 6.2.3. Distribución de las especies de hidrocorales (Stylasteridae) por rangos batimétricos y dominios fisiográficos

Como realizamos con los grupos anteriores de corales bioconstructores, observando la distribución de las especies según el porcentaje de presencia de cada una de ellas en las divisiones realizadas para determinar diferentes rangos batimétricos así como dominios fisiográficos, concluimos que la familia Stylasteridae como ya citó Cairns (1983), son especies de distribución profunda y la

mayor parte de las especies aparecen en los dominios S3 y S4, siendo los dominios S1 Y S2 muchos más escasos en cuanto a número de especies presentes en ellos. Esto ya se pudo intuir con los datos del gráfico de profundidades mínimas y máximas que citamos con anterioridad, en la descripción general de los patrones de diversidad de la familia Stylasteridae.

El dominio S1 de hecho, sólo tiene representación de una de las especies *S. densicaulis* puesto que esta especie es bastante cosmopolita en la zona y presenta un amplio rango de distribución en relación a la profundidad.

El dominio S2, aunque también con pocos hidrocorales, es más diverso que el S1, presentado más del 50 % de las especies descritas en el área de estudio, con 11 especies contabilizadas en las profundidades correspondientes al dominio S2 frente a las 18 especies totales que se identificaron en este estudio. Estudios anteriores demostraron (Bax & Cairns, 2013; Cairns, 1983) que la familia Stylasteridae, aunque puede aparecer en zonas muy someras de menos de 50 metros, tiene un papel fundamental en la formación de “jardines de corales” como especies bioestructuras y por tanto tiene su rango de distribución más profundo, entre los 400 metros, de esto que en el dominio S2 la presencia de hidrocorales sea mucho mayor que el estrato anterior, no obstante, la importancia de este estudio es debida a la existencia de nuevos registros de profundidad y distribución que sitúan el máximo de presencia de corales de la familia Stylasteridae en el dominio S3 donde se registraron todos los corales identificados dentro de esta familia. Fue el único de los

dominios que tuvo presencia de todas las especies ya que el dominio S4, contó con el 50 % de las especies al igual que el dominio S2, con la particularidad de que en el dominio S4 las especies presentes lo hacían con altos porcentajes de presencia.

Un estudio realizado por Cairns (2011) ya mostraba la tendencia a aparecer en zonas profundas de los géneros que normalmente aparecen en el dominio S4 (Figura 6.17.).

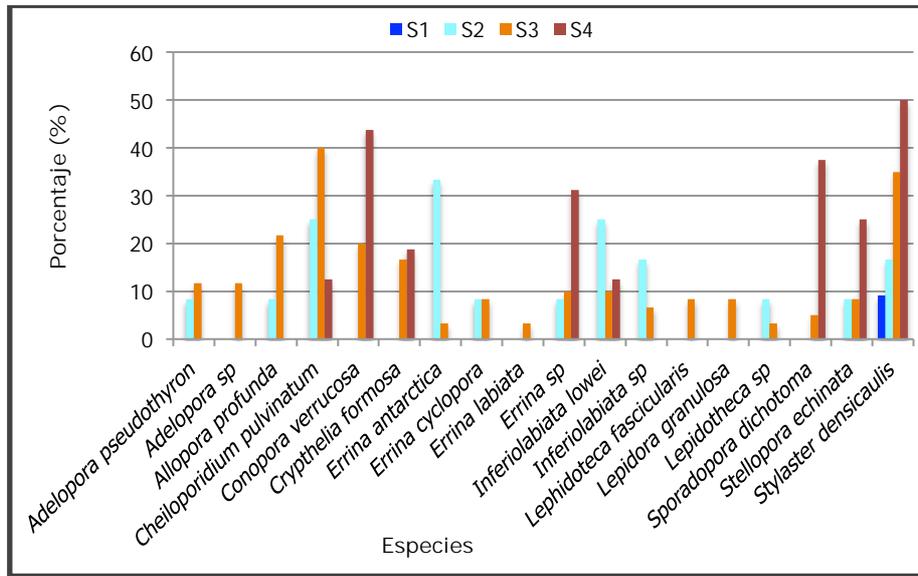


Figura 6.17. Gráfico de porcentajes de presencia de cada de las especies en cada dominio fisiográfico y/o rango batimétrico definido en el área de estudio. S1=Plataforma continental; S2= Talud superior; S3=Talud medio; S4= Talud inferior.

Se realizó un análisis de correlación lineal para observar la tendencia de las especies pertenecientes a la familia Stylasteridae, en el que se representó el número de individuos (abundancia) frente a la profundidad. Se mostró que existe una tendencia positiva y que por tanto a mayor profundidad el número de individuos identificados es mayor ( $R^2=0.55782$ ). Como se observó en el gráfico de porcentajes,

la tendencia de esta familia en nuestro área de estudio es a tener mayor abundancia en las zonas más profundas, lo cual no tiene que ser proporcional a la diversidad, la cual se mostró que era en el dominio S3 donde se identificaron todas las especies presentes en el área. Aún así, es en la profundidad de 800 metros donde se puede ver un número mayor de individuos. (Figura 6.18.)

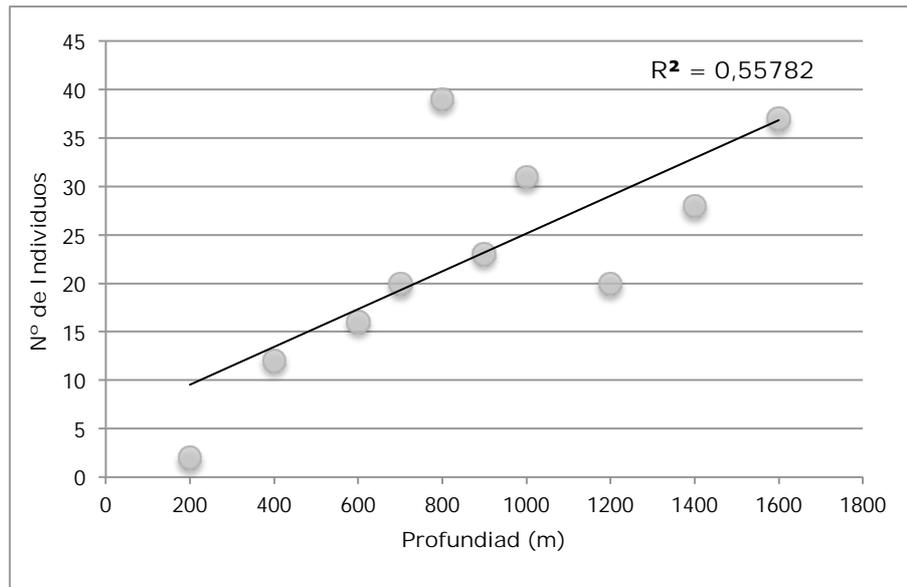


Figura 6.18. Gráfico de correlación lineal entre el nº de individuos de la familia Stylanderidae (abundancia) y la profundidad expresada en metros. ( $R = 0,55782$ ,  $\alpha = 0,01$ )

Siguiendo la tendencia que observamos en el gráfico de dispersión al realizar el análisis de conglomerados (CLUSTER) mostró dos agrupaciones diferenciadas (Figura 6.19.) al 40 % de similitud: 1) en el que observamos más mezcla de los dominios pero que en general están todos los muestreos que se realizaron en el dominio S2. 2) un segundo grupo donde se puede observar que están la mayor parte de los muestreos realizados en los dominios S3 y S4 que prácticamente no se diferencian en el grupo 1, sin embargo los muestreos realizados en el S2 se pueden observar que se reparten entre los dos grupos casi en igual proporción.

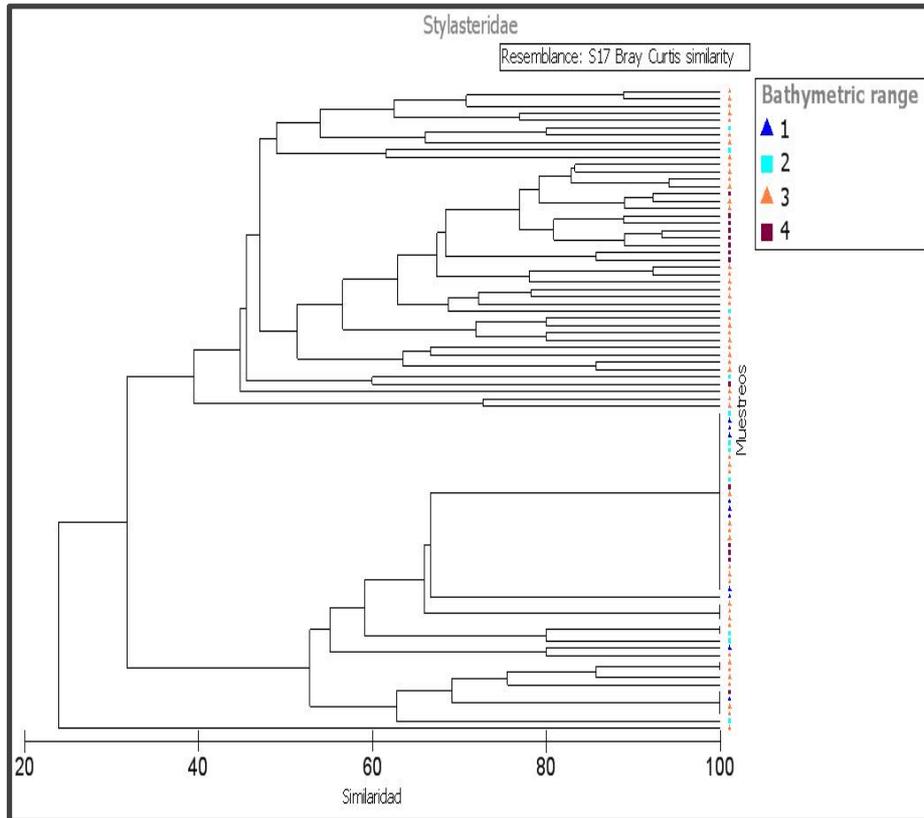


Figura 6.19. Dendrograma de análisis clúster por rangos batimétricos y/o dominios fisiográficos. Numeración de los rangos batimétricos; 1 (S1)= plataforma continental; 2 (S2)= talud superior; 3 (S3)= talud medio; 4 (S4)= talud inferior.

Con el fin de visualizar de forma más óptimo el resultado obtenido con el análisis cluster, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional (MDS) a partir de las agrupaciones originadas por la matriz de similitudes de Bray–Curtis previa transformación de los datos a la raíz cuarta para poder discriminar el peso de especies raras, permitiéndonos visualizar cual es el comportamiento de las especies por rangos batimétricos y/o dominios fisiográficos y se observó que los dominios S3 y S4 se agrupan mientras que S1 queda

más alejado de los demás y S2 como se advirtió en el cluster se reparte de forma más arbitraria (Figura 6.20.).

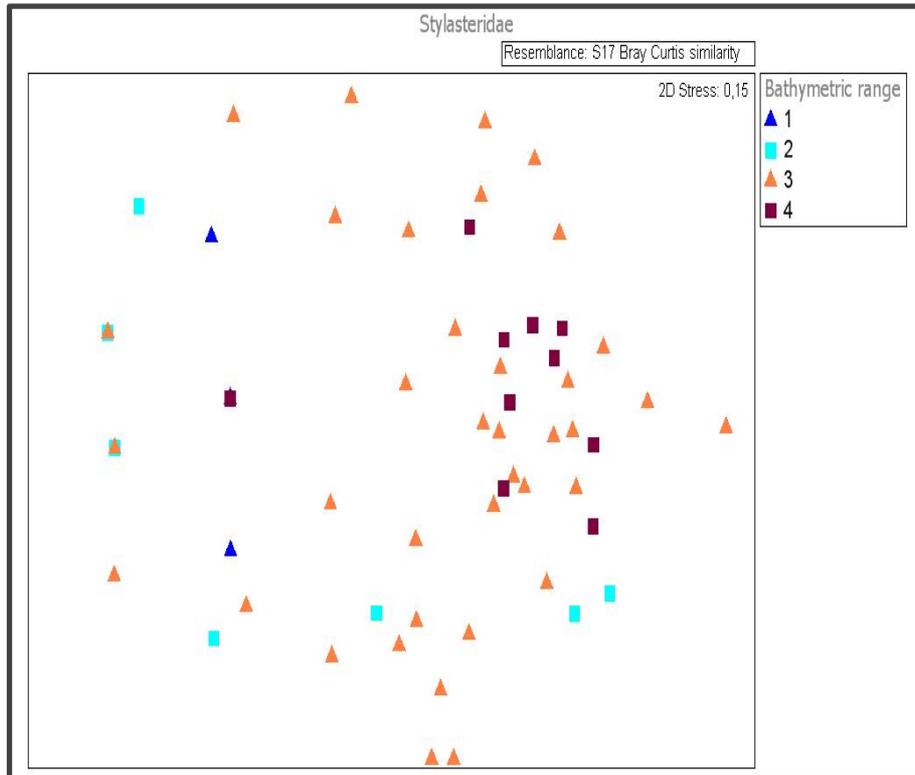


Figura 6.20. Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) de la familia Primnoidae por rangos batimétricos. \*(transformación raíz cuarta, similitud Bray-Curtis).

Para corroborar estas diferencias entre dominios y por tanto entre rangos de profundidad diferentes se llevó a cabo un análisis de similitudes (ANOSIM) el cual presentó los valores que se detallan en la tabla 6.8.

Los resultados del análisis ANOSIM corroboraron que existen diferencias en la composición de especies y por tanto en la distribución de éstas a lo largo del rango batimétrico estudiado, de hecho todos los pares muestreados presentaron diferencias significativas entre todos ellos excepto entre los dominios S3 y S4 correspondientes a las mayores profundidades muestreadas.

Tabla 6.8. Resultados del análisis ANOSIM. Valores de p-valor menores o iguales a 0,05 son significativos. Se detallan con un asterisco (\*) los rangos que mostraron diferencias significativas. \*R= valor para cada grupo Grupos; S1= Plataforma continental; S2= Talud superior; S3= Talud Medio; S4 = Talud inferior; p-valor ( $\alpha$ )=Porcentaje del nivel de significación. \*p-valor menores o iguales que 0,05. R-global =0,23 p-valor=0,02

| Pares muestreados | R*     | p-valor |
|-------------------|--------|---------|
| S3-S1             | 0,148  | 0,03*   |
| S3-S2             | 0,087  | 0,05*   |
| S3-S4             | -0,044 | 0,85    |
| S1-S2             | 0,087  | 0,05*   |
| S1-S4             | 0,248  | 0,02*   |
| S2-S4             | 0,181  | 0,03*   |

Es por tanto, que los corales pertenecientes a la familia Stylasteridae, al igual que ocurría con los pertenecientes al Orden Scleractinia y a la familia Primnoidae, guardan similitud de composición y distribución entre los estratos más profundos y en ocasiones en los someros entre sí, no obstante, en el caso de esta familia los dominios S1 y S2 no guardan tanta similitud como ocurre con Scleractinia y Primnoidae.

Para estudiar cual era la composición taxonómica de estos dominios y conocer que especies de la familia Stylasteridae marcaban la diferencia entre ellos se realizó, como en los casos anteriores, un análisis SIMPER (Anexo III) en el cual se estudiaba la contribución (%) de cada especie a la disimilitud entre dominios y/o rangos batimétricos.

En el análisis SIMPER se observó que son 5 las especies de Stylasteridae que otorgan más del 50% de disimilitudes entre los diferentes dominios, siendo la contribución (%) de las demás especies hasta el total de 18, menor del 10% y en la mayoría de los casos menor del 5%. Por lo tanto, son estas 5 especies las que conceden las diferencias en composición de cada uno de los dominios: *S. densiacualis*, *E. labiata*, *C. formosa*, *C. verrucosa* y *L. granulosa* (Figura 6.21.)

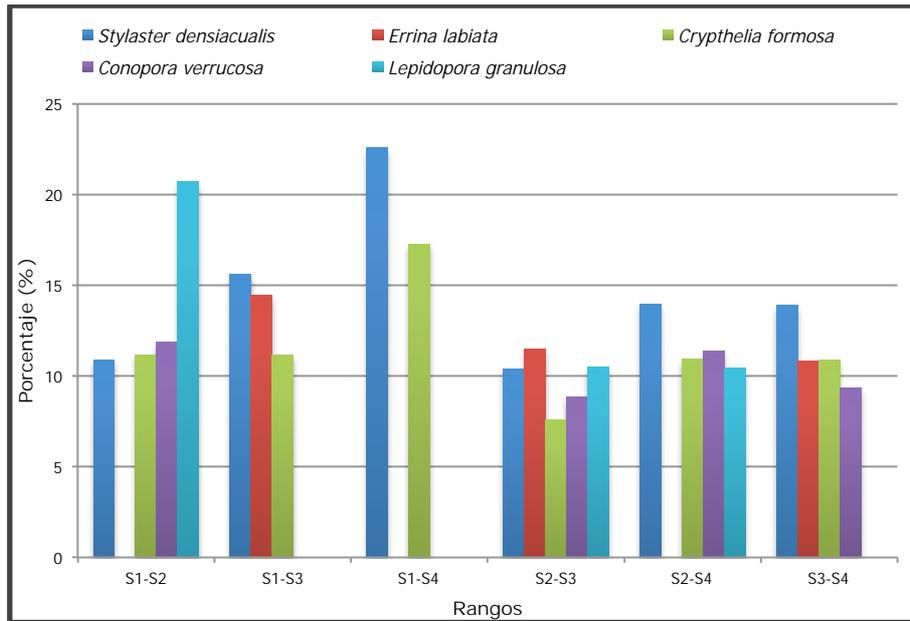


Figura 6.21. Porcentajes de contribución de las especies más representativas en la disimilitud entre dominios fisiográficos y rangos de profundidad analizados en el área de estudio. (Gráfico obtenido de los resultados extraídos del análisis simper)

No obstante, aunque estas fueron las especies que más contribuyeron a la disimilitud no todas lo hicieron de la misma forma en todos los estratos. El S1 estuvo marcado por la escasa contribución de *C. verrucosa*, la cual marcó diferencias entre los restantes dominios, pero sólo contribuyó entre S1-S2 y esto se debe a la distribución más profunda que tiene la especie.

El dominio S2 estuvo definido por los grandes porcentajes para la disimilitud presentados por *L. granulosa*, debido también a la escasa presencia de esta especie en las zonas que presentaron menor profundidad.

El dominio S3 y S4 fueron más similares entre sí y respecto a la contribución de las especies a la disimilitud entre pares muestreados. *Errina labiata* fue la especie que mayor porcentajes presentó cuando se estudiaron diferencias entre S3 y los dominios restantes ya que fue una especie que

exclusivamente se encontró en este dominio. *Stylaster densicualis* fue la única especie presente en todos los estudios comparativos realizados entre dominios, esto se debe a que como se mencionó con anterioridad fue la especie más cosmopolita del estudio y por tanto la que estuvo presente en todos los dominios, contribuyendo así a la disimilitudes halladas en cada uno de los dominios.

#### 6.2.3.1. Índices de diversidad

Se realizaron diferentes índices de diversidad para conocer si la diversidad de especies variaba con la profundidad así como determinar cuales fueron las profundidades que mostraron índices mayores como se realizaron con los otros grupos de corales bioconstructores.

Al igual que con los corales azooxantelados y los corales blandos, se agruparon las diferentes profundidades muestreadas en intervalos de 100 metros y se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación en la tabla 6.8.

El valor mayor se encontró en el intervalo de 1000 metros de profundidad, observamos que hay un cierto incremento de la diversidad con la profundidad. Estos resultados corroboran a su vez el análisis SIMPER de disimilitudes entre rangos o dominios fisiográficos en los que las zonas más profundas tienen un mayor número de especies presentes, pero en esta ocasión con la familia Stylasteridae se observó que aunque esta tendencia a aumentar el número de especies así como la diversidad con la profundidad es positiva y significativa, el dominio S3 y por tanto las profundidades entre 700 y 1000 metros son las que presentaron índices de diversidad mayores. Esto puede deberse a que como observamos en el análisis SIMPER el único dominio que presentó todas las especies identificadas fue el S3.

Tabla 6.8. Índices de diversidad por intervalos de profundidad de 100 metros . s=n° de especies; n=n° de individuos; d=riqueza específica; j' = índice de Jaccard; h= índice de Shannon-Weaver; 1-λ = índice de Simpson.

| Intervalos | S  | N  | d     | J'     | H'(loge) | 1-Lambda' |
|------------|----|----|-------|--------|----------|-----------|
| 100        | 2  | 2  | 1,443 | 1      | 0,6931   | 1         |
| 300        | 3  | 3  | 1,82  | 1      | 1,099    | 1         |
| 400        | 3  | 3  | 1,82  | 1      | 1,099    | 1         |
| 500        | 3  | 3  | 1,82  | 1      | 1,099    | 1         |
| 600        | 3  | 4  | 1,443 | 0,9464 | 1,04     | 0,8333    |
| 700        | 12 | 20 | 3,672 | 0,9614 | 2,389    | 0,9474    |
| 800        | 12 | 19 | 3,736 | 0,9683 | 2,406    | 0,9532    |
| 900        | 8  | 23 | 2,233 | 0,9134 | 1,899    | 0,8696    |
| 1000*      | 15 | 31 | 4,077 | 0,9318 | 2,523    | 0,9355    |
| 1100       | 3  | 4  | 1,443 | 0,9464 | 1,04     | 0,8333    |
| 1200       | 9  | 16 | 2,885 | 0,907  | 1,993    | 0,8917    |
| 1400       | 8  | 14 | 2,652 | 0,9654 | 2,008    | 0,9231    |
| 1500       | 8  | 25 | 2,175 | 0,9643 | 2,005    | 0,89      |
| 1600       | 5  | 12 | 1,61  | 0,9873 | 1,589    | 0,8636    |

#### 6.2.4 Discusión

Este estudio presenta los primeros patrones de distribución batimétrica y biogeográfica de corales duros "Stonycorals" (Scleractinia y Stylasteridae) y corales blandos (Primnoidae) para el Atlántico sudoccidental. Los corales de aguas profundas son muy importantes en la dinámica del fondo del mar, pero en la mayoría de las áreas han sido poco estudiados. Contrariamente a la opinión general , no todos los arrecifes de coral son localizados en aguas poco profundas. Zimbrowius (1989) y Squires ( 1962 ) fueron los pioneros en decir que "los arrecifes de coral" se pueden encontrar en aguas más profundas. Roberts et al.,(2009) ampliaron el concepto y la definición de los arrecifes de corales, así como de los corales que forman estos arrecifes y confirmaron que se pueden originar en aguas profundas. Este trabajo contribuye a un aumento del conocimiento de los corales de profundidad en la región de la Patagonia argentina.

En general , respecto a corales pertenecientes a el Orden Scleractinia encontramos 12 especies solitarias frente a 2 especies coloniales, de acuerdo con lo publicado por Cairns (2007), que mostró que el 74 % de las especies de corales profundos son solitarios y sólo el 26 % son especies coloniales.

Antes de este estudio sólo *S. variabilis* y *L. pertusa* eran identificadas como corales bioconstructores o "framework-forming corals" (Robert *et al.*, 2009), en este estudio, sugerimos que *B. candida* debe ser incluido como coral bioconstructor, como ya fue en Cairns & Polonio (2013) donde se citó esta especie por primera vez en una profundidad mayor a 1200 m, previo a este estudio este género no estaba considerado como típico de zonas profundas y por tanto no se conocía en extensión suficiente como para ser considerado bioconstructor (Roberts *et al.*, 2009).

Los hidrocorales pertenecientes a la familia Stylasteridae presentes en este estudio, así como con las Scleractinias, no están citados en muchos estudios previos. En los resultados observamos, tal y como otros estudios citan en áreas cercanas, (Cairns 2011 , Bax & Cairns 2013) que estos hidrocorales al contrario que la mayoría de las Scleractinias presentes, si son coloniales y se distribuyen en zonas más profundas; suelen estar asociados a la presencia de otros corales del Orden Scleractinia formando estructuras tridimensionales que originan los arrecifes de profundidad y dan cobijo a estos macroinvertebrados (Polonio et al., 2014).

Los corales blandos pertenecientes a la familia Primnoidea, también de morfologías coloniales, aunque no necesitan de sustratos tan rocosos como los grupos anteriores para desarrollarse, se encuentran también en estas zonas de arrecifes profundos y aunque no otorgan de sujeción al arrecife como los Stonycorals, sus morfologías ramificadas dan lugar a la aparición de numerosas especies de equinodermos, en especial del Orden Ophiurida (Taylor et al., 2013).

Estos tres tipos de corales que hemos estudiado se desarrollan, como se ha visto en el capítulo de resultados, en áreas muy similares puesto todos ellos aprovechan zonas de altos flujos de corrientes o cañones submarinos para formar sus colonias o fijarse, puesto que son áreas donde la alimentación es más sencilla debido a que la filtración es más fácil en estas zonas de corrientes además la acumulación de nutrientes es mucho mayor (Williams *et al.*, 2011).

Hay muchos estudios sobre la identificación de los Ecosistemas Marinos Vulnerables (EMVs), pero no mediante la identificación de estos corales debido a que son especies poco estudiadas. Son especies muy vulnerables frente a ciertas actividades antropogénicas y sirven de hábitats de otras especies de macrobentos (Davies *et al.*, 2008; Guinan *et al.*, 2009) por eso más estudios son necesarios para su protección. Los modelos predictivos de hábitats cada vez se están utilizando más como una herramienta para identificar dónde podrían existir estos Ecosistemas Marinos Vulnerables (EMVs) y también para dar una visión más clara de cuáles son los factores ambientales que controlan su distribución (Davies *et al.*, 2011). Son numerosos los corales indicadores de Ecosistemas Marinos Vulnerables (EMVs) que aparecen en el área de estudio de esta memoria, puesto que según directivas de organizaciones tales como NAFO o OSPAR declaran que la existencia de una de sólo de las familias que aquí hemos estudiado ya sería suficiente para declarar una zona como vulnerable, sólo que hasta la actualidad han sido escasos los estudios llevados en el área y por tanto existía un desconocimiento de la existencia de estas especies en el área. Por lo que, los resultados mostrados son de gran importancia y se deben considerar para proteger la región de estudio contra las actividades negativas como puede ser la pesca de arrastre.

No hay una respuesta sólida para explicar la presencia de especies bioconstrutoras en el área de estudio, se podría asumir que al no haber existido estudios previos en el área no había conocimiento de la existencia de ellas y por tanto de estos arrecifes de corales de aguas frías; así como de que *B. candida* no fuese considerada como bioconstrutora tal como es el caso de *L. pertusa* y *S. variabilis* (Roberts et al., 2009), ya que hasta ahora no se conocían regiones con extensiones suficientes como para reconocer su papel como "framework-forming corals"

Hay varios factores ambientales que podrían ser responsables del crecimiento de este tipo de corales. Los estudios llevados a cabo en el Océano Atlántico, en la región del Noroeste, mostraron que la saturación del horizonte de aragonito (ASH) puede prevenir que comunidades de *Lophelia* sp dominen las comunidades de corales en aguas más profundas (Morris et al., 2013 ). Por lo que , puede ocurrir que en la zona de estudio condiciones similares de ASH hagan que *B. candida* como Scleractinia más representada de nuestro estudio así como *S. densicualis* (Stylasteridae) dominen nuestra comunidad y de ahí la distribución que obtenemos, pero son escasos los estudios en relación a esto en el área por lo que esto no se puede corroborar. Además, los factores ambientales como el tipo de sustrato, cambio de los regímenes oceanográficos y la topografía pueden ser responsables de un entorno heterogéneo y desigual para diferentes taxones de corales (Morris et al.,2013), de ahí que nuestras especies dominantes sean unas y no otras como se observó en el capítulo de resultados. Lamentablemente, la información disponible acerca de estos factores es muy escasa en la zona de estudio, por lo que no se puede comprobar su potencial efecto sobre la abundancia y distribución de las especies bioconstrutoras que se encuentran en la región patagónica correspondiente al área estudiada.

La elevada presencia de ejemplares de la familia Caryophylliidae, en el caso del Orden Scleractinia, de ejemplares del género *Thouarella* en el caso de la familia Primnoidae y de casi todas las especies de Stylasteridae (puesto que estas suelen ser de distribución austral y profunda), tiene su razón en que no todos los corales de aguas frías se unen firmemente al sustrato, como en el caso de los arrecifes de coral de aguas poco profundas, que el 53 % están unidos, el 37% son solitarios, y otro 9 % se distribuyen de forma transversal (Cairns 2007). Varios estudios demuestran que tanto Caryophylliidae como *Thouarella* son la familia y género de distribución más profunda que podemos encontrar en el área de estudio (Cairns 2001a; Cairns *et al.*, 1999, Taylor *et al.*, 2013).

*F. curvatum* fue uno de los corales solitarios con presencia significativa, que se encontró hasta en los lances realizados con redes de pesca, lo que no ocurrió con otros tipos de corales pétreos, pero sí con corales de la familia Primnoidae. Estudios realizados en aguas de la Antártida cerca de nuestra área de estudio sobre la fecundidad y el desarrollo del embrión de la familia Flabellidae, mostraron que *Flabellum* es común en aguas frías y que *F. curvatum* tiene un tipo de reproducción de incubación (brooding) que favorece la expansión de los gametos ya fecundados incrementando el éxito reproductivo y de supervivencia de los mismo frente a los corales que son de tipo desovante (spawner) donde la fecundación se produce en la columna de agua (Wijgerde,2009), además se favorecen de las corrientes existentes en la zona para su dispersión (Waller *et al.*,2008). Esto podría explicar que las larvas tienen una distribución desde aguas antárticas hacia el área estudiada aquí. Esto ocurre también con el género *Thouarella* (Fadlallah & Pearse 1982; Kojis & Quinn, 1982; Szmant, 1986; Harriot, 1992). El hecho de que los arrastres de pesca se realicen en fondos menos rocosos también favorece la aparición de especies de Primnoidae en áreas más diversas, de diferentes tipos de sustratos a lo que lo hacen los corales pétreos que se identifican en este estudio.

La distribución y la diversidad de los corales estudiados mostraron diferentes patrones de distribución con respecto a la profundidad y dominios fisiográficos. Existen trabajos previos que demostraron que la profundidad es uno de los principales parámetros que controlan la presencia y distribución de los corales (Adjeroud, 1997; Dawson, 2002) y en aguas menos profundas la diversidad de corales azooxantelados es menor que en el área de estudio, las especies de Stylasteridae y Primnoidae son comunes en arrecifes superficiales además de abundantes pero suelen ser géneros diferentes a los encontrados en este estudio (Santodomingo *et al.*, 2013).

La distribución global de azooxantelados y corales bioconstructores en general como muestran otros estudios, presentan un pico de diversidad a 200-1000 m de profundidad (Cairns 2007;2011) son en estas profundidades donde normalmente se encontraron los mayores porcentajes de abundancia. Fue en el dominio S3 y concretamente en ese rango de profundidades donde nuestros resultados mostraron los valores más elevados, y es que en todos los grupos de corales estudiados se obtuvo un aumento de la abundancia con la profundidad siguiendo una distribución lineal.

La existencia de las dos corrientes principales (Matano 2010; 2011, Palma & Matano 2008) en el área podría ser la responsable, añadido a otros factores tales como los nutrientes proporcionados por la convergencia de las corrientes de las Malvinas y las corrientes subtropicales de Brasil; estos hacen que la distribución de estos corales se extienda hacia zonas más profundas (López - Gappa & Lichtschein 1989, Acha *et al.*, 2004, Miloslavich *et al.*, 2011 ). Estas corrientes hacen fácil la obtención de alimento , ya que favorecen la suspensión de los organismos y hay que tener en cuenta que los corales de este estudio son filtradores y eso, entre otros factores, facilitaría su crecimiento y desarrollo. Otro estudio realizado en la zona sobre la distribución y biodiversidad del Filo Bryozoa (Figuerola *et al.*,2013)

ya mostraba la importancia de estos nutrientes favorecidos por las corrientes descritas para el desarrollo de este phylum.

Los corales bioconstructores estudiados tienen mayor diversidad y número de especies en el talud medio (dominio S3), entre 700 a 1000 m de profundidad, coincidiendo con la zona de la corriente de Malvinas/ Falklands, donde la surgencia de aguas ricas en nutrientes y plancton asociado está más presente (Muñoz et al., 2012).

Aunque no existen muchos estudios sobre de los hábitos alimenticios de estos corales y por tanto el conocimiento no es muy elevado, estudios preliminares mostraron que los corales de aguas frías tienen diferencias en sus esqueletos, debido a estos hábitos de alimentación (Keller 1978; Keller 1985; Cairns & Keller, 1993), dependiendo del tipo de pólipos, los corales que poseen pólipos grandes son más capaces de atrapar el zooplancton libre; si por el contrario sus pólipos son pequeños se alimentan más de materia en suspensión y detritus. En el caso de algunas especies de Scleractinia así como de la mayoría de las especies de Primnoidae presentes en el área, sus pólipos son grandes así que eso les otorgará cierta ventaja frente a otras especies puesto que ayudadas por las corrientes existentes en la zona, su estrategia alimenticia podría ser mejor que en aquellas especies de pólipos pequeños y por tanto ser más competitivas frente a otras especies de corales. Porter (1976), observó que estos ciertos corales del Orden Scleractinia tenían más capacidad para conseguir el zooplancton que otros. Estas razones, junto con el afloramiento de la zona podría explicar la gran diversidad que encontramos en el dominio S3 correspondiente al talud medio, aunque necesitaríamos más estudios sobre los hábitos de alimentación para confirmar esta teoría. También estos resultados deben ser tratados con cuidado porque el esfuerzo de muestreo en el talud medio fue mayor y esto podría interferir en los resultados, como ocurre con las especies del Filo Bryozoa (Figuerola *et al.*, 2013).

En otras regiones del océano, los estudios acerca de cómo los factores ambientales pueden jugar un papel significativo en la presencia y riqueza de especies de corales bioconstructores demostraron que la luz no es un factor determinante, pero un cambio en la salinidad, temperatura, nutrientes y sedimentos a lo largo del rango batimétrico si fueron significativos para la distribución de dichos corales (Cruz Piñón 2000, Kitahara, 2007). Las correlaciones realizadas para cada grupo de corales mostraron que la abundancia fue mayor en la zona más profunda, por lo que suponemos que la abundancia tiene relación con los valores más altos de salinidad y temperaturas más frías. Se necesitan más conocimiento sobre cómo estos factores ambientales influyen en la distribución de estos grupos de corales, ya que como ocurre en otras especies de macroinvertebrados marinos, deben tener un impacto en la distribución a lo largo del área de estudio. Esto si se ha estudiado en otras áreas con el coral *L.pertusa* resultando positivas y significativas la influencia de estos factores en su distribución (Davies et al., 2011). Entonces, si otros corales bioconstructores son afectados y este hecho ha sido demostrado en otras áreas, podríamos asumir que tendrá un efecto en nuestra área que debería ser estudiado en un futuro.

Los índices de diversidad realizados también indicaron que conforme aumentábamos en profundidad la diversidad era mayor, no siempre fue máxima en los dominios más profundos que como otros estudios indican en otras áreas (Morris et al., 2012), es en la zona de cañones pero no en las profundidades mayores ya que las condiciones son más adversas donde se conocen los mayores índices de abundancia y diversidad. Estas áreas se corresponden con las cabeceras de estos cañones que favorecen la circulación de alimento.

### 6.3. Características geomorfológicas de los cañones presentes en el área de estudio.

En la zona estudiada se han cartografiado 7 cañones (0 al 6). Las características de los cañones 1 al 6 parecen corresponder a un origen generado por corrientes de turbidez, favorecidas por la presencia de gases sub-superficiales que generan cadenas o trenes de pockmarks que a su vez inician cárcavas submarinas. El cañón 0, el más al sur de la zona presenta un origen asociado a escapes de gas que originan mega pockmarks y colapsos de la cobertera sedimentaria. La estructura geológica e hidrológica compleja asociada a estos cañones hace que se les considere mega-hábitats y son zonas proclives a contener especies vulnerables (Muñoz et al., 2012). La mayoría de las cabeceras de estos cañones están situadas en el dominio S3, correspondiente con el talud medio, aunque tienen extensiones que los hacen llegar hasta el talud superior, como es el caso del cañón número 6, que está situado más al Norte en el área de estudio y que tiene una extensión que permite que esta morfología se adentre hasta el margen de la plataforma continental (Muñoz et al., 2013). La mayoría de los cañones tienen una forma típica de estas estructuras geomorfológicas un brazo central de gran extensión y profundidad, que en la mayoría de los cañones definidos en el área de estudio terminan cortando la pendiente del talud medio y numerosos afluentes de menor profundidad y longitud que parten del brazo principal. El cañón que es un poco más llamativo en cuanto a morfología es el número 3 (Figura 6.22.) el cual presentan gran número de afluentes, estos son mucho más numerosos que el resto de ellos. (Muñoz et al., 2013)

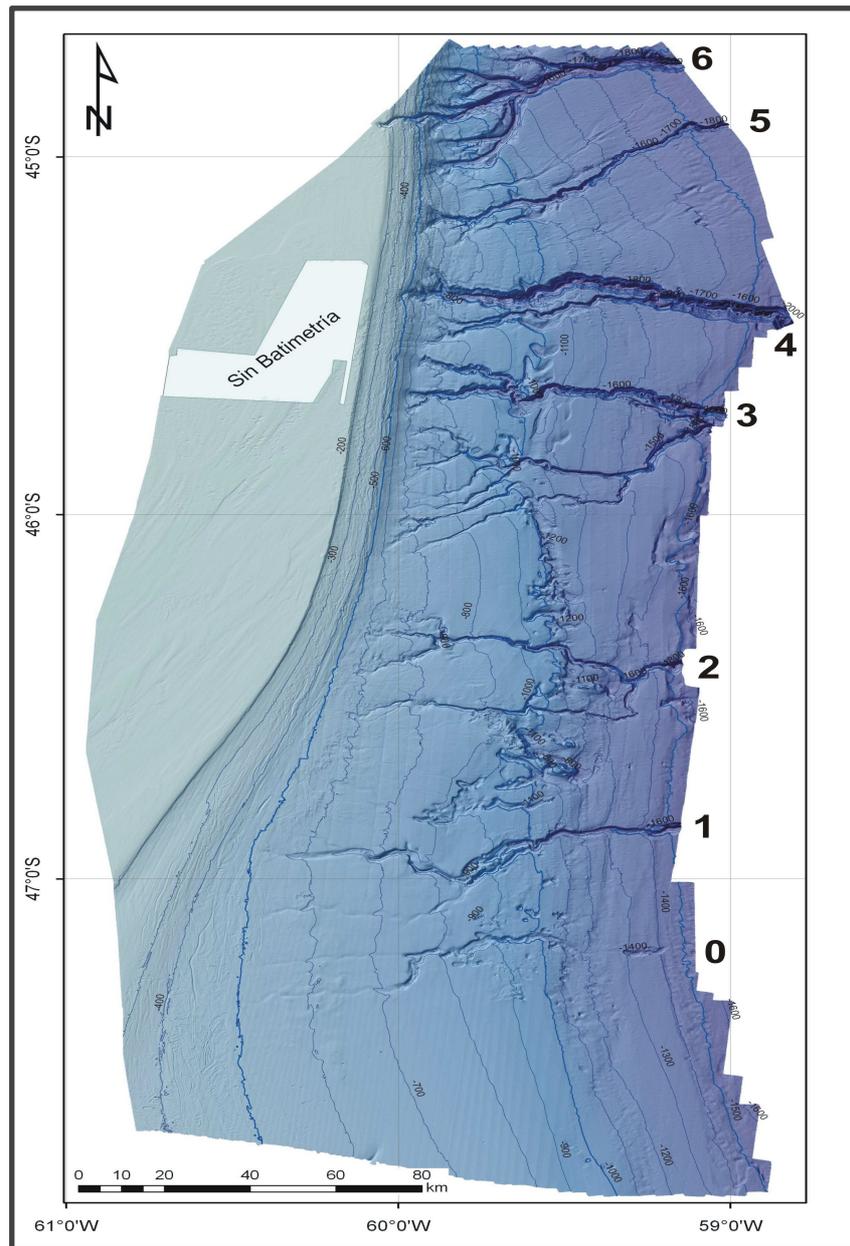


Figura 6.22. Localización de los siete cañones presentes en el área de estudio con sus correspondientes afluentes asociados al brazo principal del cañón. (Fuente extraída de: Muñoz, A., Acosta, J., Cristobo, J., Druet, M., Uchupi, E., *Geomorphology and Shallow Structure of a Segment of the Atlantic Patagonian Margin*, *Earth Science Reviews* (2013).

### 6.3.1. Distribución de las tres especies de corales formadores de arrefices en los diferentes cañones presentes en el área de estudio

Con el fin de conocer la distribución de los principales grupos de corales bioconstructores en los diferentes cañones descritos en el apartado anterior se estudió la presencia de cada una de las especies en cada cañón. Para ello se identificaron el número de individuos que se contabilizaron en cada cañón.

Con respecto a los corales del Orden Scleractinia se observó que en la zona más al sur donde se sitúa el cañón C0, el primero de ellos y el de distribución más austral, se encontraron sólo tres especies de estos corales, una de ellas fue *F.curvatum* que como se ha visto hasta ahora fue el coral de este Orden con distribución más cosmopolita además de ser muy abundante en el área de estudio. Por otro lado, el cañón C6 que fue el más situado al Norte, aunque presentó más de la mitad de las especies identificadas, todas ellas aparecieron con baja abundancia, menos de 5 individuos por especie representada.

Otro dato de importancia, fue que *F.thouarsii*, el coral de este Orden con distribución más superficial sólo apareció en dos de los cañones del área de estudio, el C2 y C4.

El resto de los cañones, con diferencias en el número de individuos según la especie, se mostraron con un patrón similar en cuanto a número de especies e individuos.

Cabe destacar, que *B.candida*, otro coral que de gran importancia en este estudio por su papel como bioconstructor siendo descrito por primera vez en Cairns & Polonio (2013), presentó su mayor número de individuos en el cañón C2, el cual está situado más hacia el Sur y ocupando en su mayoría la zona de el talud medio, como se observó con anterioridad esta especie

ha presentado cierta tendencia a tener una distribución mayor en este dominio, S3 y por tanto a profundidades mayores (Figura 6.23.).

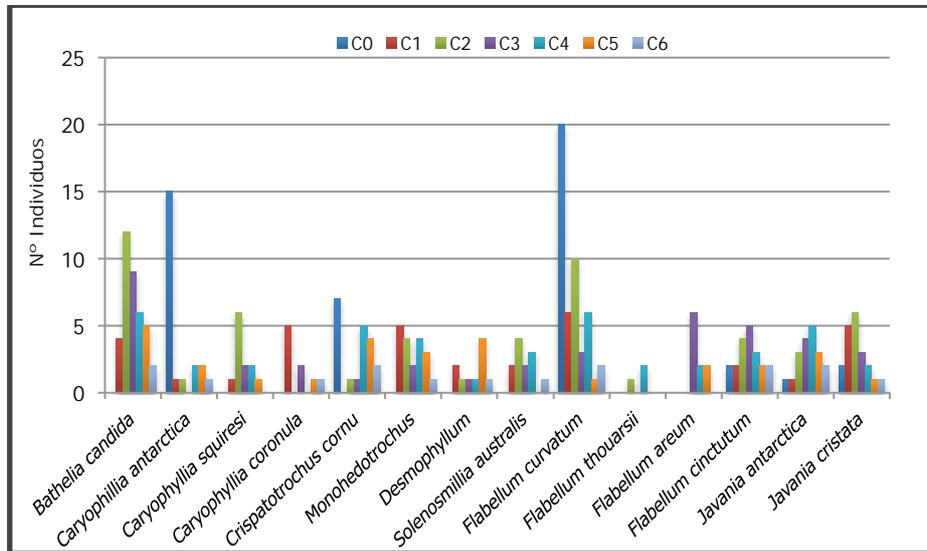


Figura 6.23. Distribución de los corales del Orden Scleractinia en los diferentes cañones (0-6) identificados en el área de estudio. Número de individuos presentes en cada uno de los cañones.

Con respecto a la distribución de los corales de la familia Stylasteridae respecto a los cañones presentes, se observó que su presencia en cañones es menor que los corales Scleractinia, siendo ambos corales los considerados como corales pétreos o duros dentro de los corales bioconstructores, esto parece destacar el papel de las Scleractinias como corales que se desarrollan en los fondos más duros, otros estudios realizados en diferentes regiones determinan que el número de corales del Orden Scleractinias que habitan zonas más profundas es mayor al número de especies de hidrocorales que habitan esas mismas profundidades (Murray et al., 2009). Diversas especies de corales de la familia Stylasteridae, no se identificaron dentro de los cañones, el cañón con mayor número de individuos de dicha familia fue el C2, superó ampliamente el

porcentaje de corales presentes con respecto a los demás cañones, no obstante, 3 de los corales de esta familia, *S. densicualis*, *C. formosa* y *C. pulvinatum*, se identificaron en al menos cinco de los seis cañones descritos en el área. Se observó que en los cañones situados más al Norte del área de estudio sólo tres de las especies fueron identificadas, una de ellas fue *S.densicualis*, que como ya se ha referido en apartados anteriores, fue uno de los corales Stylasteridae más cosmopolitas del área de estudio.

Como ya se observó con anterioridad y debido a los escasos estudios sobre esta familia en el área de estudio (Cairns 2011), estos corales suelen tener distribución antártica y parece que hacia el Norte, donde hay más influencia Atlántica, su presencia es menor (Figura 6.24.).

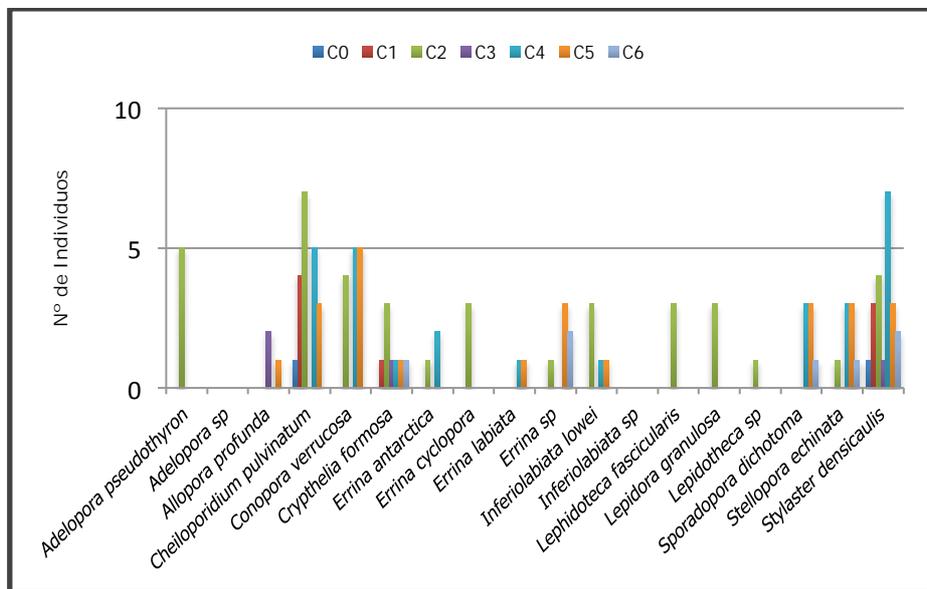


Figura 6.24. Distribución de los corales de la familia Stylasteridae en los diferentes cañones (0-6) identificados en el área de estudio. Número de individuos presentes en cada uno de los cañones.

La familia Primnoidae mostró comportamientos más diversos dependiendo de la especie en concreto, la distribución de las especie que aparecían en cañone suele ser similar en cuanto a números de individuos, no se

identifican grandes diferencias, sin embargo, si se puede observar que lael género *Thouarella*, que es típico de distribución antártica, como cabia esperar aparece en mayores cantidades en los cañones situados más al Sur, mostrando una preferencia por áreas más australes, con tan sólo un representante en el cañón C6.

*Plumarella bayeri*, no se identificó en las zonas de cañones, y otras dos de las especies sólo se encontraron en uno de los cañones, *T. anatinus* en el cañón más al Sur, C0 y *P. scotiae* en el más Norte, C6, definiendo de forma muy estricta su distribución más Austral o más Atlántica (Figura 6.25.).

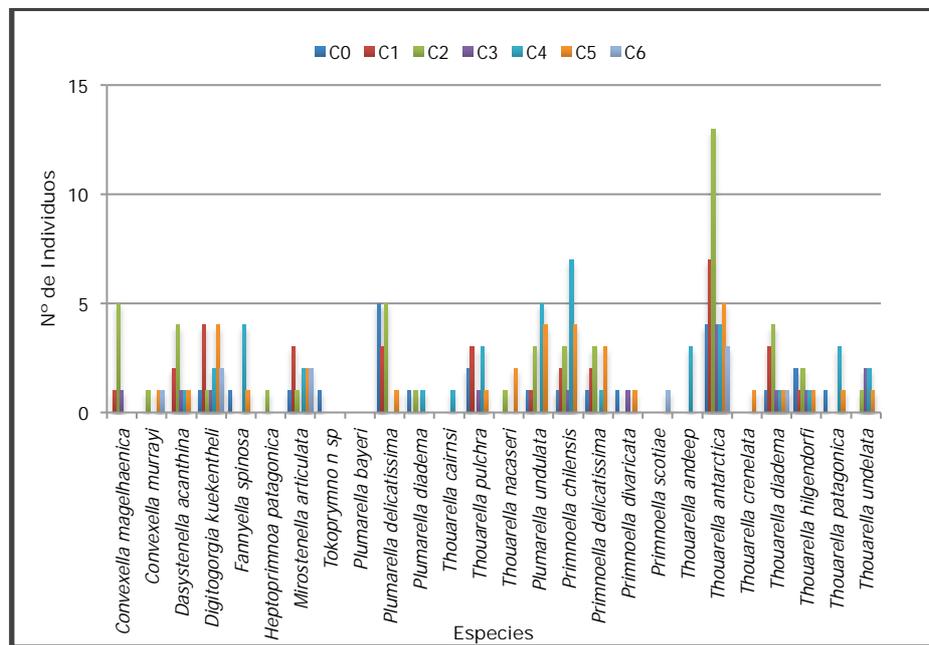


Figura 6.25. Distribución de los corales de la familia Primnoidae en los diferentes cañones (0-6) identificados en el área de estudio. Número de individuos presentes en cada uno de los cañones.

6.3.2. Diversidad de los corales en el área de estudio: Cañon versus no cañon

Una vez conocida la distribución general de las especies de corales bioconstructores en el área de estudio, se determinó si la distribución dentro y fuera de los cañones tenía algún patrón diferente. Se separaron los diferentes tipos de corales en corales petreos o duros y corales blandos, puesto que los corales del Orden Scleractinia y los pertenecientes a la familia Stylasteridae son considerados como los “stonycorals” formadores primarios de las estructuras que dan lugar al arrecife de coral de aguas frías o “corals gardens”. Así pues, como se observaba en la distribución por especies de cada uno de los tipos de coral estudiados, los corales del Orden Scleractinia, de forma general se distribuyen más en las zonas de cañon, los de la familia Stylasteridae aunque también siguen esa tendencia, tienen especies que son más representadas fuera del cañon, suelen ser especies que no están en porcentajes muy elevados en este estudio y que además la diferencia entre el porcentaje dentro y fuera del área de cañones no es muy elevada (Figura 6.26.).

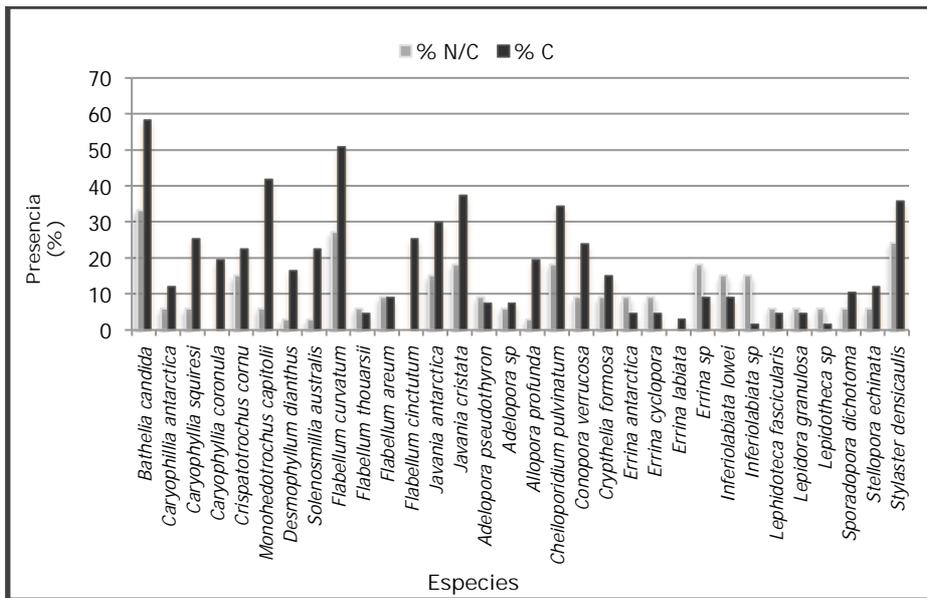


Figura 6.26. Porcentaje de presencia de cada una de las especies correspondientes a los denominados “Stonycorals” (Scleractinia y Stylasteridae) en zonas de cañones frente a zonas de no cañones.

Si observamos los corales de la familia Primnoidae, corales blandos, en la mayoría de los casos ocurre como con los grupos anteriores, se encuentran en mayor porcentaje dentro de las áreas de cañones, no obstante, alguna especie en concreto tienen mayor presencia en zonas de no cañon, pero tan sólo en dos de los casos los porcentajes del área de no cañón son el doble del valor del área de cañones, es en el caso de *C. magelhaenica* y *T. diadema*, ambas especies presentaron distribuciones más superficiales hecho que puede contribuir a no estar presentes en los cañones del área que normalmente se sitúan ocupando en su mayor parte el dominio S3 y por tanto profundidades mayores a las que acostumbran a aparecer estas especies (Figura 6.25).

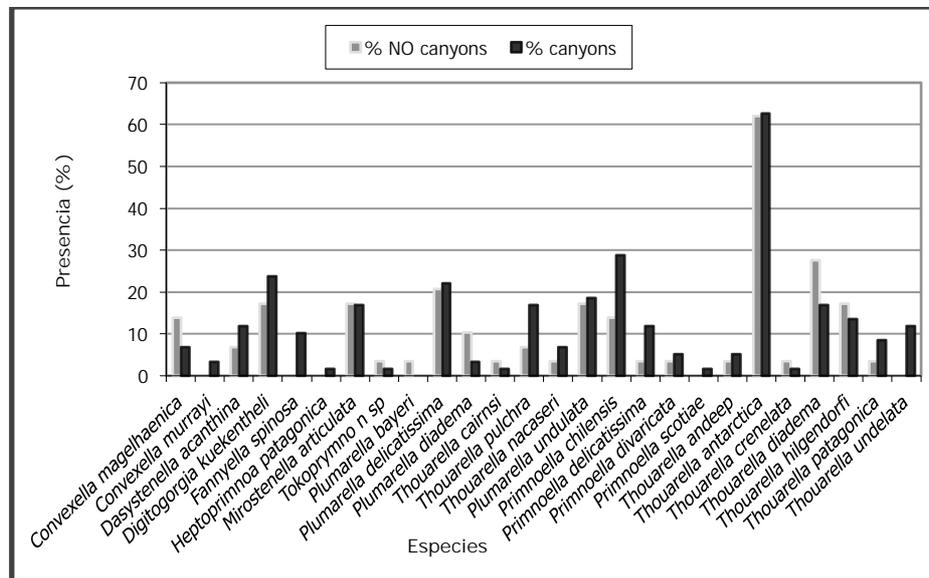


Figura 6.27. Porcentaje de presencia de cada una de las especies correspondientes a los denominados corales blandos (Primnoidae) en zonas de cañones frente a zonas de no cañones.

Se realizaron diversos índices de diversidad con el fin de conocer si efectivamente la diversidad de los cañones del área de estudio era mayor que en las zonas de no cañones dada la tendencia de dichos cañones a ser hotpost para el desarrollo de arrecifes de corales de aguas frías por la

mayor disponibilidad e nutrientes que son aportados por las corrientes y dinámicas propias del cañon.

El resultado se obtuvo para los tres tipos de corales bioconstructores en general y se pudo observar que la diversidad es mayor en zonas de cañones frente a las zonas de no cañones, el índice de Shannon que se obtuvo fue mayor para la zona de cañones y se representaron 57 de las especies identificadas, siendo 58 el total de especies corales bioconstructores descritas en el área de estudio.

En la tabla 6.8 se observan los diferentes valores de los índices realizados, aunque la diferencia no fue muy elevada en cuanto a diversidad, cabe decir que el área de cañones fue más diverso y mucho más abundante, casi tres veces mayor el número de individuos encontrados en cañones que en zonas de no cañones.

Tabla 6.8. Índices de diversidad por intervalos de profundidad de 100 metros.  $s$ =nº de especies;  $n$ =nº de individuos;  $d$ =riqueza específica;  $J'$ = índice de Jaccard;  $h$ = índice de Shannon-Weaver;  $1-\lambda'$ = índice de Simpson

| Muestras   | S  | N   | d     | J'     | H'(loge) | 1-Lambda' |
|------------|----|-----|-------|--------|----------|-----------|
| No cañones | 50 | 183 | 9,406 | 0,9271 | 3,627    | 0,9709    |
| Cañones    | 57 | 575 | 8,813 | 0,9091 | 3,676    | 0,9696    |

### 6.3.3. Discusión

Estudios llevados a cabo por Muñoz et al, (2012) destacan que la formación de estos cañones tiene diversos orígenes y destaca que la influencia de las corrientes en estas zonas las convierten en hábitat potenciales para el desarrollo de campos de esponjas así como jardines de corales. Estudios llevados a cabo en el Atlántico noreste mostraron valores más altos de diversidad y abundancia de especies de corales duros (Stonycorals), describiendo estas regiones de cañones como entornos altamente

heterogéneos que conducen a la creación de una amplia variedad de nichos para las comunidades biológicas (Morris et al. , 2013 ). Como demuestran estos dos estudios, aquí donde existen 7 cañones también resultó más diversa, aunque estos valores no fueran mucho más elevados que fuera de los cañones si lo fueron en cuanto a abundancia de las especies identificadas, éstas se registraron en valores mucho más elevados en cuanto a números de ejemplares en muestreos realizados dentro de cañones.

Los cañones están siendo considerados como estructuras “keystone”, otros estudios en zonas del Mar Cantabrico ya refieren este término para cañones de esa región (Serrano et al., 2011). Este término se introdujo para los ecosistemas terrestres, se refieren a los sistemas que tienen refugio esencial y recursos para especies o conjuntos y contribuyen así a la heterogeneidad del hábitat y al desarrollo de áreas endémicas con elevados índices de diversidad (Tews et al., 2004, Hauray et al., 2000). Los montes submarinos son también considerados ecosistemas “Keystone”. Vetter et al. (2009) sugirieron también que los cañones son estructuras “keystone” ya que son fuentes recurrentes de la heterogeneidad del hábitat como ya mencionaron en estudios posteriores. Los cañones submarinos son potenciales sumideros de materiales en partículas, sedimentos ricos en materia orgánica, la productividad bentónica y son áreas de aceleración corrientes. Estos factores hacen que estas áreas sean posibles hábitats para muchas especies de macroinvertebrados incluyendo los corales que aquí hemos estudiado. Muñoz et al. (2012) documentó la presencia de corales de aguas profundas en la zona del cañón del margen de la Patagonia por primera vez. Ahora, este estudio muestra que estas áreas tienen los más altos valores de diversidad y abundancia de estos corales. Por lo tanto se recomienda llevar a cabo más muestreos en la región patagónica para mejorar el conocimiento sobre estos corales de aguas profundas “framework-forming corals” en el área.

Por otra parte , las directrices de la FAO , que se utilizan para determinar los ecosistemas marinos vulnerables , consideran que las áreas con cañones tienen que ser clasificadas como áreas marinas protegidas (EMVs) porque la presencia de estas estructuras afirma la presencia de especies marinas vulnerables, como los corales duros , esponjas, corales blandos, hidrocorales, etc. Los cañones tienen características que contribuyen positivamente al desarrollo de estas comunidades bentónicas. Por todas estas razones , el área de estudio tiene suficientes características para ser considerado un área vulnerable y tratar de conservar estos cañones presentes en el estudio.

#### 6.4. Estudio de las comunidades macrobentónicas y las posibles interacciones con las actividades pesqueras

##### 6.4.1. Campañas ATLANTIS. Estudio taxonómico de los principales grupos de macrobentos presentes en área

Fueron tres las campañas realizadas en la serie Atlantis, que se desarrollaron durante el verano austral de los años 2008, 2009 y 2010. Como se describió en el capítulo de Material y Métodos, las campañas Atlantis fueron llevadas a cabo para la determinación del estado del Stock pesquero del área de pesca de la zona del Atlántico Sudoccidental (FAO 41 Subdivisiones 3.1 y 3.2). Los especímenes empleados como material para esta tesis fueron capturas accesorias a los lances realizados para la evaluación del stock pesquero. Dadas las dimensiones de las capturas con arrastre de tipo lófoten y el elevado número de especímenes, las especies de macroinvertebrados que se estudian en este apartado fueron identificadas hasta el nivel taxonómico de familia.

Un total 11047 especímenes fueron recolectados e identificados pertenecientes a 204 familias. Puesto que algunas de las familias descritas presentaron una presencia mínima y casi simbólica en el conjunto de todos los lances realizados, para el estudio de la distribución de estos grupos principales de macroinvertebrados se emplearon aquellas familias que se identificaron con un porcentaje de presencia de al menos un 10 % en el total de lances realizados (341 lances). De esta forma, sólo 54 familias de las 204 identificadas en total estuvieron presentes en al menos 34 lances de los 341 realizados (Tabla 6.9.). Como se puede observar, algunos grupos por dificultad en la identificación taxonómica, no fueron determinados hasta el nivel de familia, pero dada su abundancia e importancia en el macrobentos del área se dejaron a nivel de Phylum para unificar las identificaciones y evitar posibles errores en la determinación de niveles taxonómicos diferentes, en concreto fue el caso del Filo Bryozoa el más abundante en el área de estudio, con mayor presencia; apareció en 251 lances, el 74 % de los muestreos realizados.

El Phylum porífera también fue muy abundante y ocurrió como con el filo Bryozoa, algunas de las familias las cuales eran utilizadas para determinar campos de esponjas si fueron identificadas hasta el nivel de familia e incluso inferior pero por término general no eran identificadas y se contabilizaban como porífera, su aparición fue de al menos el 50% de los muestreos realizados.

Dos familias de hidrozoos fueron identificadas, Sertulariidae Dana 1852 (52%) y Aglocopheriidae Marktanner-Turneretscher 1890 (56%), con porcentajes de presencia entre el 70-50 % del total de lances realizados y por tanto se podría asumir que serían las familias que son más dominantes en el área de estudios.

Otra familia de Cnidarios que estuvo entre las más representadas, esta fue la familia Primnoidae Milnes Edwards 1857 (59%). Además, se identificó una familia de crustáceos, Serolidae Dana 1852 (51%) y una familia de Equinodermos, Ctenodiscidae Sladen 1889 (61%). Los Cnidarios, crustáceos y equinodermos son los tres grupos más representados, además las familias que se describen son familias que tienen amplias distribuciones en zonas de sedimentos blandos, como es el caso de la familia Ctenodiscidae, Asteroideos que son muy abundantes en el área de estudio (Bernasconi 1964).

Se observó que de los corales bioconstructores estudiados, sólo la familia Primnoidae tuvo una presencia significativa en las áreas de sedimentos blandos o zonas susceptibles de ser muestreadas con red Lofoten puesto que la familia Stylasteridae así como los corales del Orden Scleractinia tuvieron una presencia escasa cuando se realizaron muestreos con este tipo de muestreador y es que estos corales se asientan y dan base a zonas de arrecifes donde son los sustratos rocosos los que dominan el sedimento (Figura 6.26.)

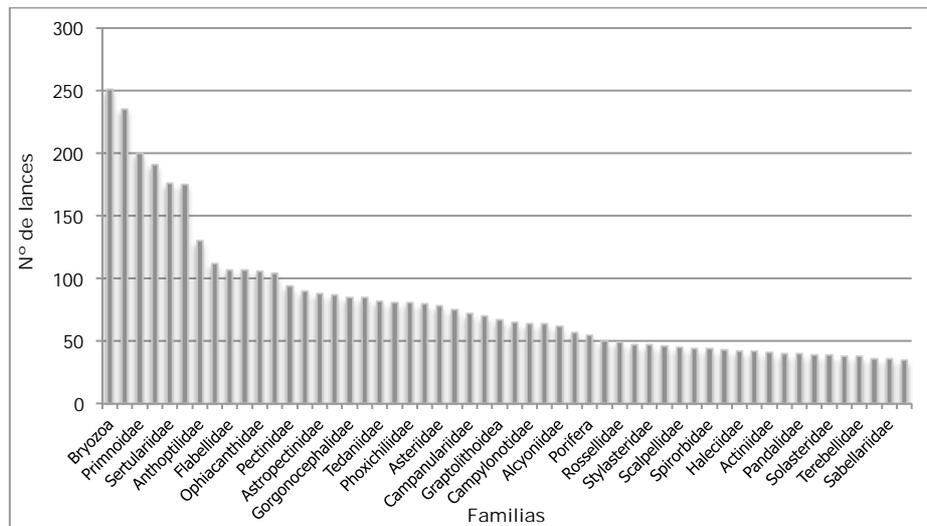


Figura 6.26. Número de lances con presencia de las principales familias de macroinvertebrados identificadas en las campañas de la serie Atlantis.

#### 6.4.2. Patrones de distribución de los principales grupos de invertebrados bentónicos identificados durante las campañas ATLANTIS

Como se destacó en el apartado anterior se identificaron las familias de macroinvertebrados presentes en el área de estudio con una presencia mínima del 10 % de lances realizados. Dado que se realizaron tres campañas en años consecutivos, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional (MDS) con el fin de conocer si existieron diferencias en las campañas realizadas durante los años 2008, 2009 y 2010.

El MDS mostró que las campañas de los años 2008 y 2009 tienen una composición taxonómica similar, se agrupaban, pero sin embargo, la campaña realizada durante el año 2010, se agrupa entre sí y se aleja de las campañas realizadas en los años anteriores (Figura 6.27.)

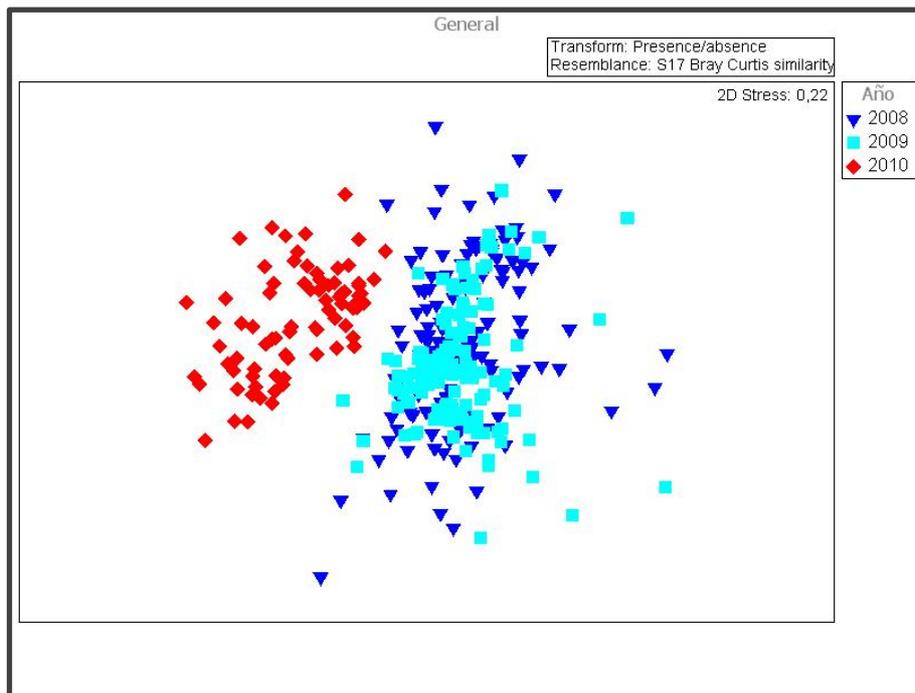


Figura 6.27. Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) de las tres campañas realizadas en el proyecto Atlantis durante los años 2008, 2009 y 2010.

Estas diferencias pueden deberse a las variaciones en el esquema de muestreo mediante pescas, puesto que en los informes realizados durante las campañas de 2008 y 2009 ya se determinaron posibles zonas vulnerables por la presencia en dichas campañas de especies indicadoras de EMVs, así pues debido a esta información para el año 2010 se produjo una reducción del área muestreada así como del número de lances realizados a profundidades de más de 500 metros. Los estratos pertenecientes a dichas profundidades tuvieron un esfuerzo de muestreo menor, esto puede originar la captura de menos especies de familias que marcan la diferencia de composición taxonómica entre los diferentes años y por tanto se origina esta agrupación que se observa en el MDS. Las capturas de especies comerciales de la pesquería que se lleva a cabo en esta zona también tuvieron una notoria disminución en cuanto a captura por unidad de esfuerzo (CPUE), así pues además de este factor de muestreo otros factores relacionados con el aporte de nutrientes o a fenómenos vinculados con las precipitaciones que hacen que haya mayores aportes desde las zonas fluviales hasta la plataforma, zona donde tienen lugar la gran parte de las capturas pesqueras. (Del Rio et al., 2012).

Con los datos recogidos con la draga box-corer y el colector de red, se realizaron análisis de la composición de sedimentos presentes en el área de estudio, llegando a la siguiente caracterización de los fondos de la región patagónica:

- R- zonas donde principalmente no había sedimentos blandos sólo presencia de sustrato rocoso o de corales muertos.
- AM- arenas medias donde el mayor porcentaje de sedimento tenía un tamaño de grano mayor de 500  $\mu\text{m}$ .
- AMF- arenas medio finas donde el mayor porcentaje de sedimento muestreado tenía un tamaño de grano de entre 62 y 500  $\mu\text{m}$

- AF- arenas finas donde el mayor porcentaje de sedimento muestreado tenía un tamaño de grano menor de 62  $\mu\text{m}$ .

De forma general, las zonas más superficiales estaban compuestas por arenas finas mientras que las más profundas eran las que presentaron mayores porcentajes de sustratos rocosos. En términos globales de la zona estudiada, los sedimentos están formados principalmente por arenas, de bajo a moderado contenido orgánico y de selección media moderada. En general, los tipos sedimentarios más finos y con mayor contenido orgánico los encontramos en la zona sur del área de estudio, por debajo del paralelo 46°50'S.

Para ver como se distribuían las diferentes familias de macroinvertebrados según el tipo de sustrato de la zona muestreada, realizamos un análisis de escalamiento multidimensional (MDS) observándose que los muestreos realizados en fondos blandos, más arenosos tanto siendo arenas medias como finas se agregaban y unían, mientras que los muestreos realizados en fondos más duros, sustratos rocosos, se alejaban de los anteriores. (Figura 6.28.). Este hecho era algo previsible puesto que la mayoría de las familias más comunes en las campañas Atlantis son aquellas que se distribuyen por este tipo de fondos blandos y que no son abundantes e incluso no están presentes cuando los fondos son duros y viceversa.

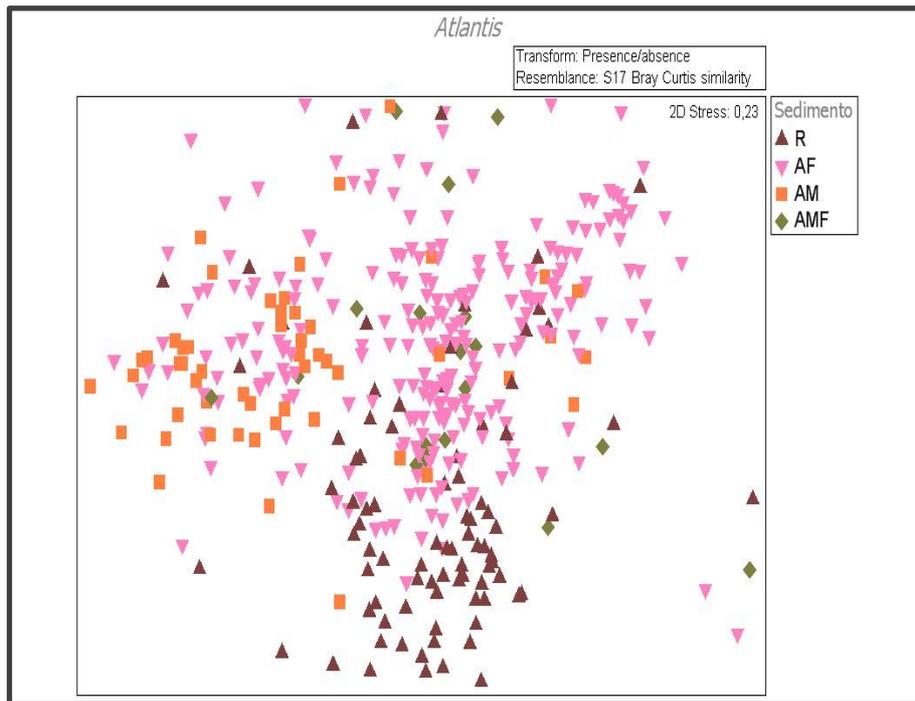


Figura 6.28. Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) de las tres campañas realizadas en el proyecto Atlantis durante los años 2008, 2009 y 2010.

#### 6.4.3. Determinación de EMVs según valores de los principales grupos de bentos considerados indicadores.

Para la determinación de los posibles ecosistemas marinos vulnerables (EMVs) se siguieron los criterios establecidos por el convenio OSPAR, los cuales son definidos por 15 países miembros de la Unión Europea para la conservación de la biodiversidad marina en el Atlántico Norte. Dada la inexistencia de algún convenio similar para las zonas no económicas exclusivas del Atlántico sudoccidental, se establecieron los criterios de dicho convenio.

Son numerosos los grupos de invertebrados que son establecidos como indicadores de EMVs, pero dado la finalidad de esta memoria y puesto que en este estudio se ha realizado mayor esfuerzo en los grupos de corales

“framework-forming corals” sólo se detallaran los criterios establecidos referentes a estos grupos y las zonas donde se registraron en cantidades mayores a las establecidas para declarar una zona como vulnerable.

- Orden Scleractinia

Como ya se comentó en el apartado referente al estudio de este orden, las especies coloniales de corales azooxantelados originan en su lento crecimiento estructuras tridimensionales muy complejas que albergan a gran cantidad y diversidad de organismos tanto sésiles, como pueden ser otras especies de corales coloniales y solitarios, como móviles entre ellos numerosos equinodermos y son lugares potenciales de puesta de muchas especies de peces. Estos corales coloniales precisan de sustratos duros o consolidados para su fijación y desarrollo.

Como es sabido estos organismos, debido a su gran fragilidad al impacto directo o indirecto de diversas actividades humanas entre las que se incluye la pesca de fondo y a que presentan tasas anuales de crecimiento de escasos mm, son uno de los grupos prioritarios de protección que se establecen en las diferentes reglamentos de conservaciones existentes, por lo que forman una parte estructural primordial de los EMV (Convenio OSPAR; [www.magrama.es](http://www.magrama.es)).

En el desarrollo de las campañas de investigación del proyecto Atlantis, en las cuales se constató la presencia de corales del Orden Scleractinia, tanto coloniales como solitarios, siendo la presencia de estos muy abundante en algunas áreas concretas como se pudo observó con anterioridad. El estudio por métodos directos por medio de ROV y cámara submarina de algunas de estas áreas de elevadas densidades confirmó la existencia de estructuras de arrecife de gran extensión y potencia, constituyendo hábitats de gran

complejidad estructural y biodiversidad, altamente vulnerables (Figura 6.28.)

Dada la importancia de *B. candida*, como coral "framework-forming coral" (Cairns & Polonio,2013) se adoptó el criterio de presencia/ausencia de esta especie para determinar posibles áreas vulnerables. (Figura 6.29.)

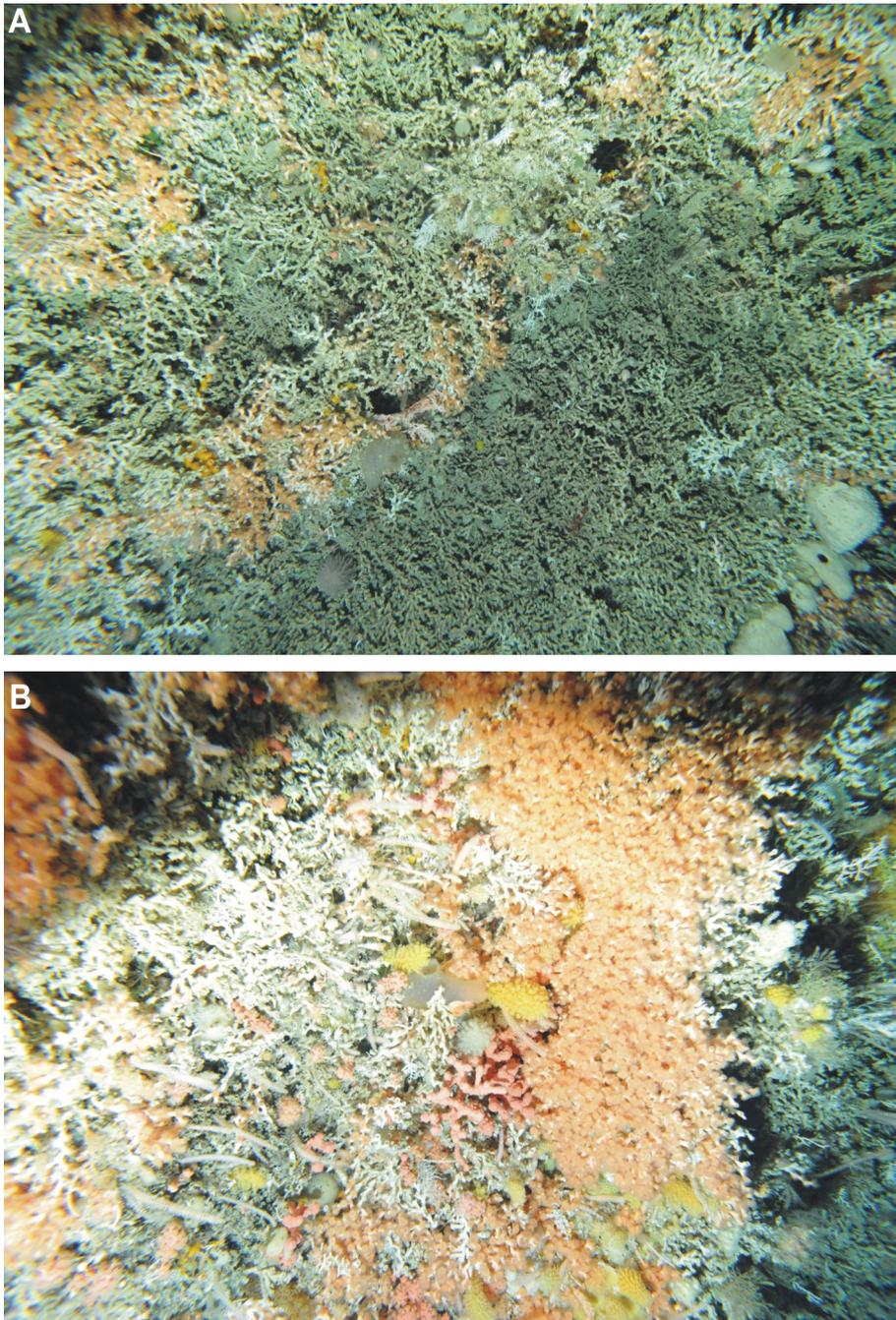


Figura 6.28. A.B. Comunidad de corales de aguas frías *Bathelia candida* donde puede observarse la complejidad y la densidad de la población del arrecife.

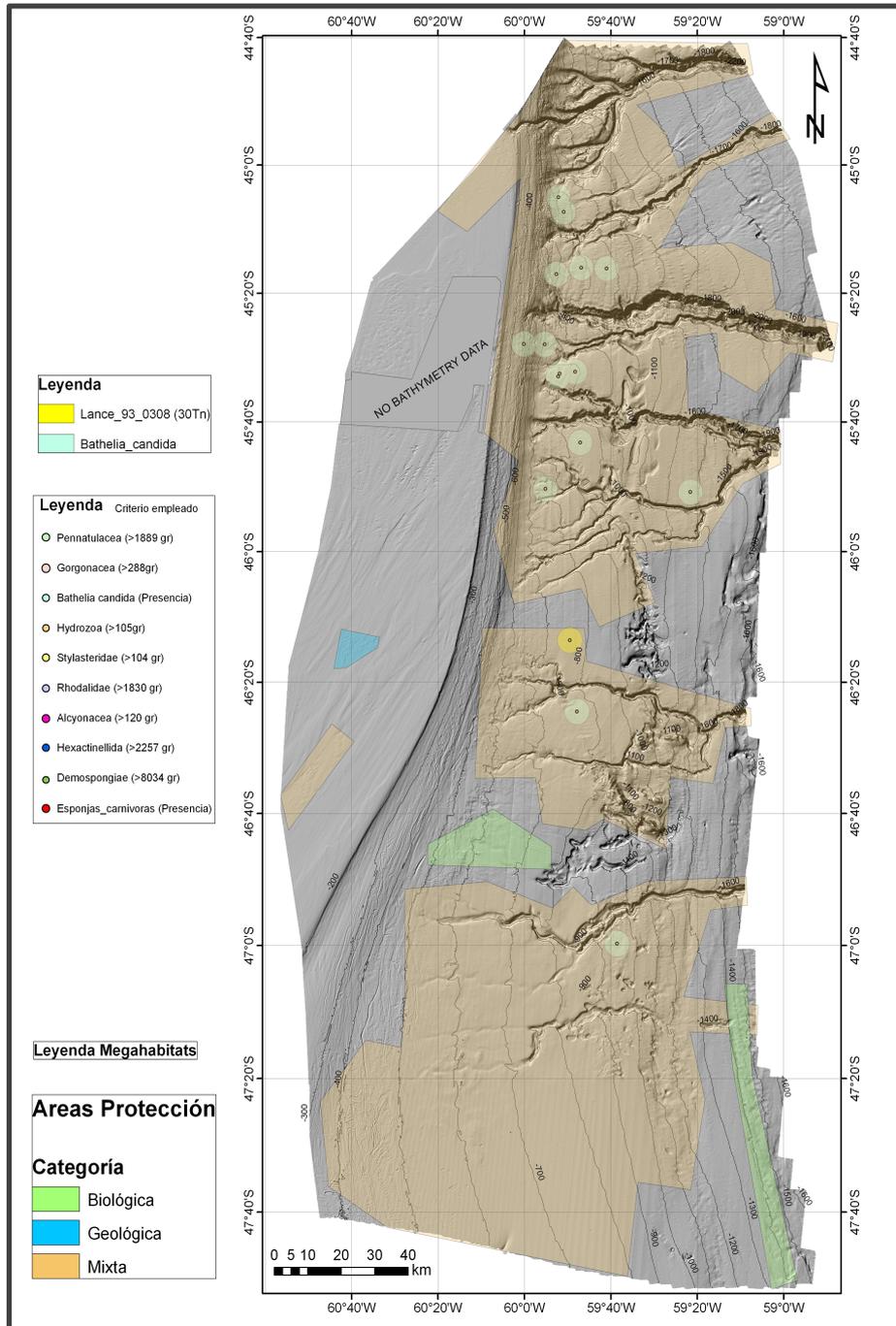


Figura 6.29. Situación de los lances con presencia de la especie *Bathelia candida*.

- Orden Gorgonacea

En las campañas llevadas a cabo bajo el proyecto Atlantis, como se observó en los resultados de la serie Atlantis, los cnidarios en general tuvieron una importante presencia. En este Phylum tuvo gran importancia la Clase Octocorallia y dentro de esta, el orden Gorgonacea. A este orden pertenecen las conocidas gorgonias, que están incluidas en todas las directrices y resoluciones aprobadas por la ONU y OSPAR para el estudio y la conservación de los EMVs. Estos organismos, de estrategia trófica suspensívora, forman parte de los ecosistemas denominados como "Coral Gardens" (Figura 6.30.). Sus lentas tasas de crecimiento, requerimientos tróficos, fragilidad, etc, los convierten en organismos altamente vulnerables.

En el estudio realizado, estos organismos estuvieron representados mayoritariamente por especies de la familia Primnoidae. Estas gorgonias frecuentemente originan áreas de elevada densidad de tipo monoespecífico, constituyendo hábitats esenciales para una gran diversidad de organismos (Cairns & Bayer, 2009). La familia Primnoidae es la que presenta un mayor número de géneros y especies con distribución en latitudes australes (Cairns & Bayer, 2005), dominando las comunidades de octocorales, como ha sido observado en áreas como South Georgia (Bayer, 1988) y la plataforma argentina (Pérez & Zamponi, 2001). Por tanto, se empleó el porcentaje de presencia de las especies de la familia Primnoidae para determinar posibles EMVs. (Figura 6.31.)

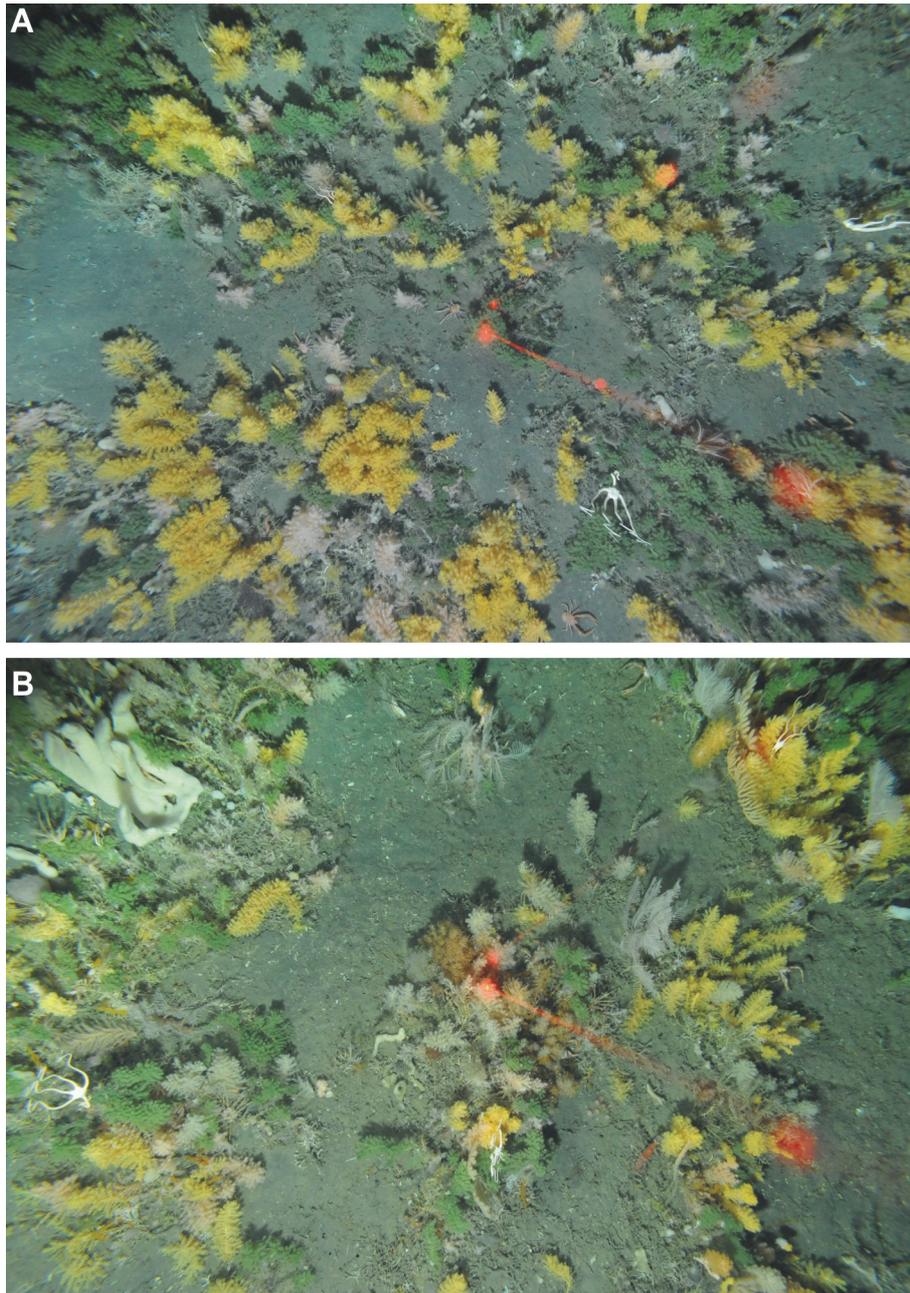


Figura 6.30. A.B. los jardines de coral son ecosistemas vulnerables en los que hay una alta densidad de especies, principalmente gorgonias de la familia Primnoidae. Los puntos laser indican una separación de 5 cm.

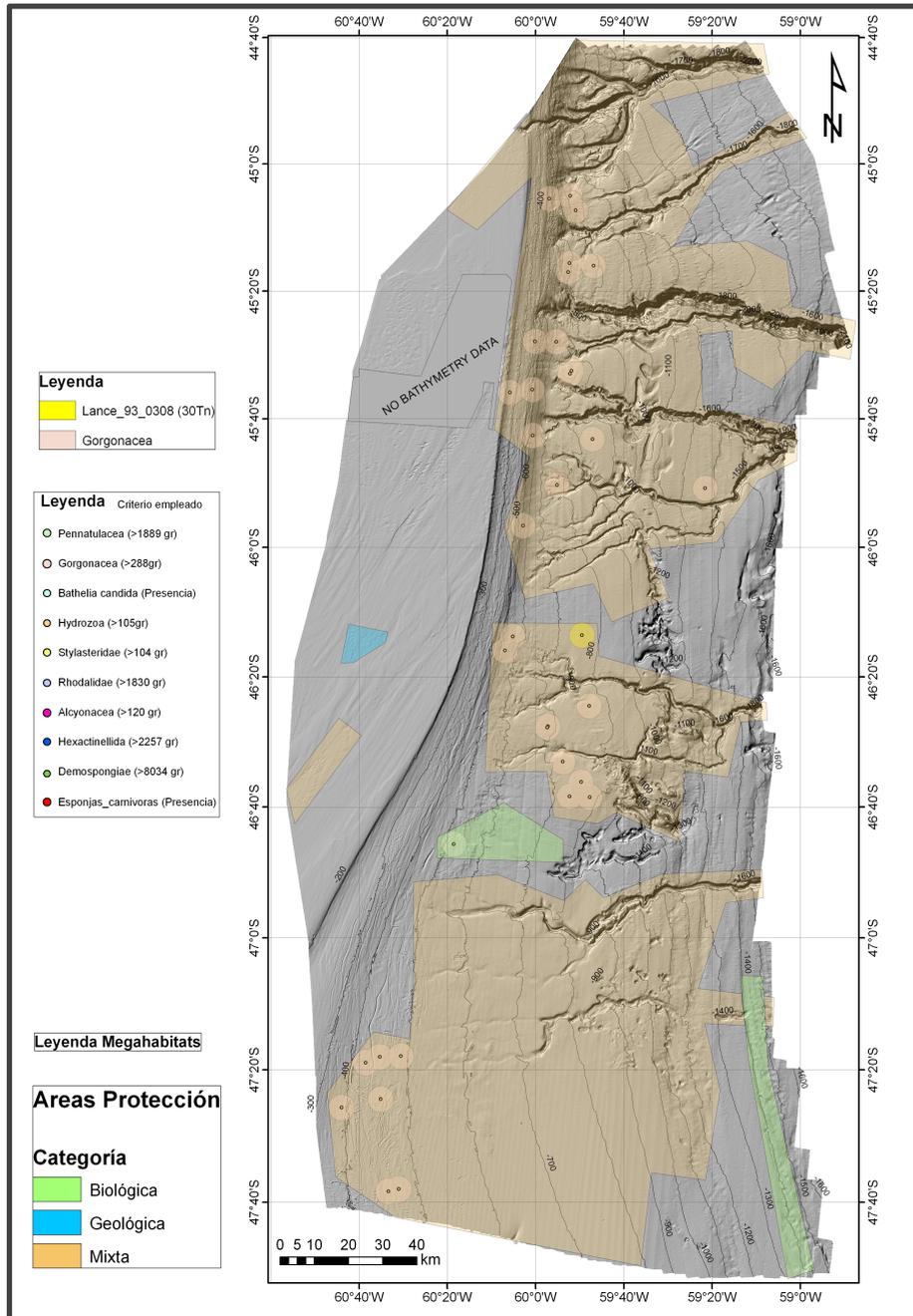


Figura 6.31.- Situación de los lances con presencia de organismos de la familia Primnodaee (Gorgonacea) con valores de captura superiores a la considerada significativa para este Orden.

- Familia Stylasteridae

Estos hidrocorales son organismos que presentan un exoesqueleto (cenosteo) fuertemente calcificado lo que les confiere un aspecto externo de corales verdaderos (Scleractinia). Estos organismos biogénicos son muy importantes como ya se citó debido a su papel como “framework-forming coral” así pues, están enmarcados en los criterios establecidos por la ONU y OSPAR para ser indicadores de EMVs.

La presencia de estos organismos en las campañas de la serie Atlantis estuvo representada por diversas especies pero como ya se observó el género *Stylaster* Gray, 1831 fue muy dominante en el área estudiada (Figura 6.32.), los estudios sobre estas especies de Stylasteridae con distribución subantártica, determinan ritmos de crecimiento del orden de 1 mm anual (Stratford *et al.*, 2001), constatando su fragilidad y vulnerabilidad. Se utilizó su presencia para establecer la zona como vulnerable. (Figura 6.33.).

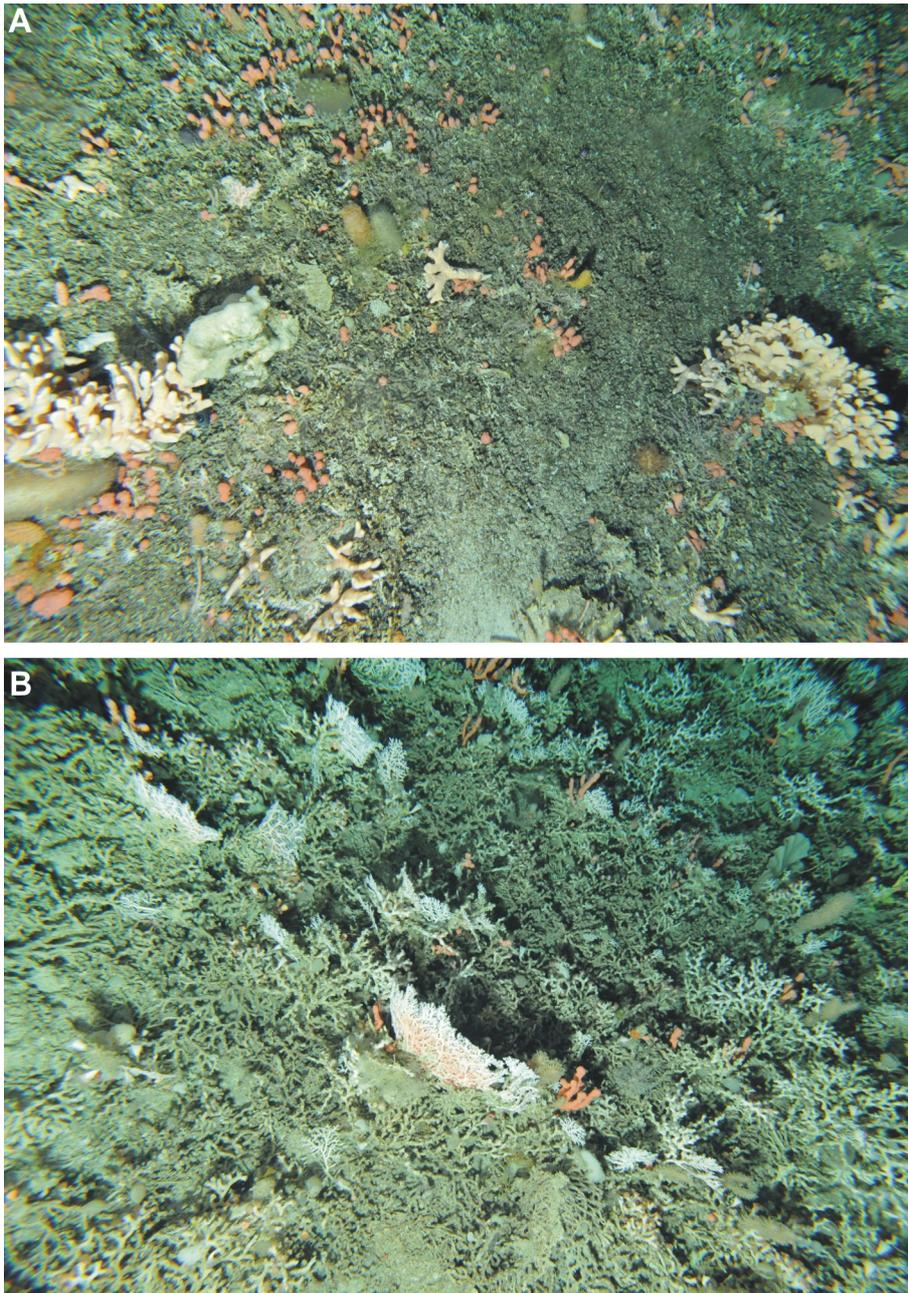


Figura 6.32. A. B. Los Stylasteridos son una familia de hidrocorales muy abundantes en aguas del Atlántico sudoccidental. La fotografía fue tomada en el área de estudio a 575 m de profundidad.

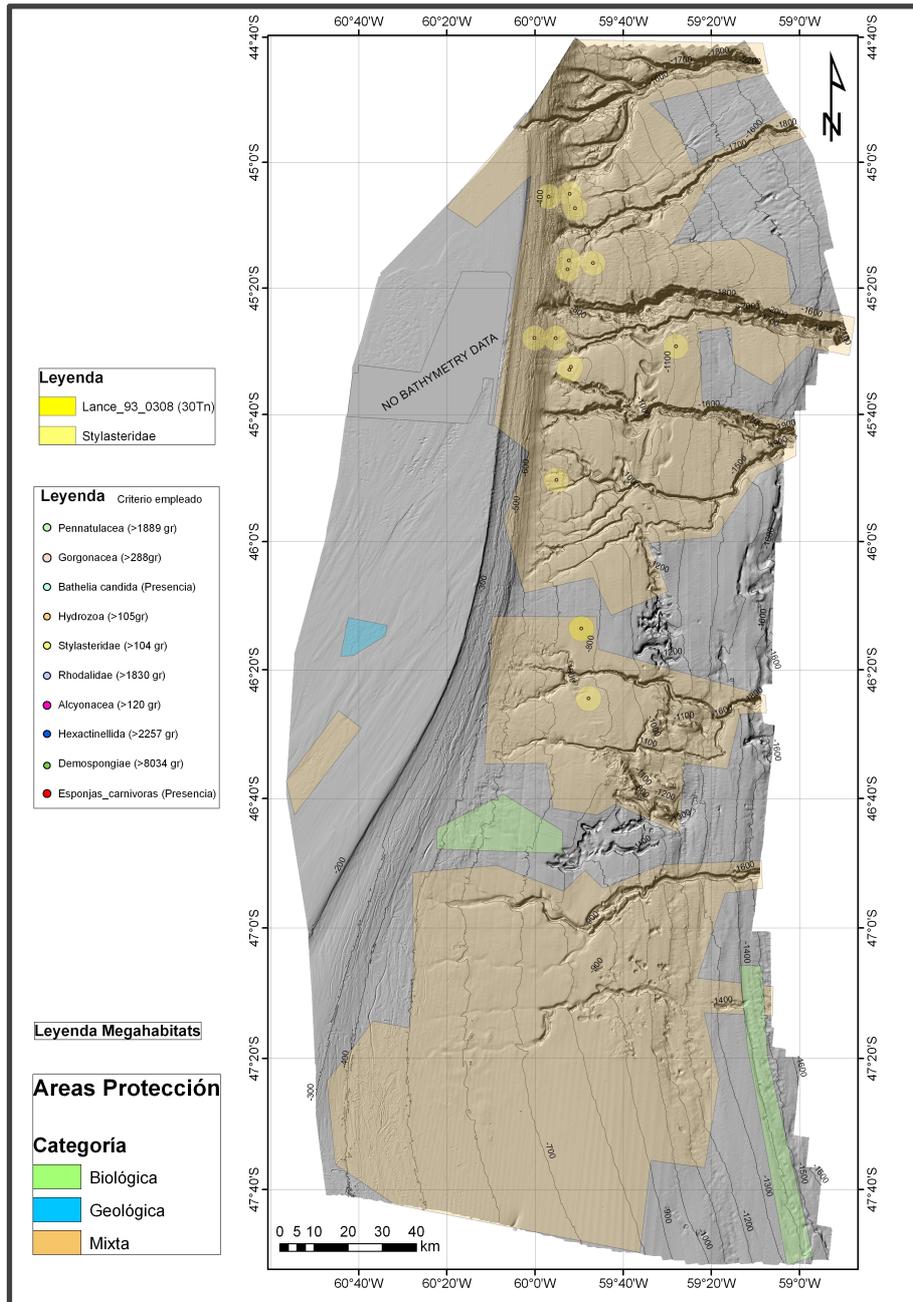


Figura 6.33.- Situación de los lances con presencia de la Familia Stylasteridae en cantidades suficientes como para determinarlas como EMVs.

#### 6.4.4. Discusión

Del total de las tres campañas realizadas bajo la serie Atlantis, con el objetivo principal de evaluar el stock pesquero del área de estudio se recopiló información suficiente de macroinvertebrados como para estudiar las posibles áreas marinas a proteger en la región patagónica.

El estudio de las comunidades bentónicas de profundidad en la zona reveló la existencia de una fauna muy diversa, con predominio de los phylum Porifera y Cnidaria, en términos de biomasa y diversidad. En estratos de profundidad inferior (menos de 400 m) la presencia de organismos vulnerables era bajo o insignificante, mientras que la más profundas alrededor de 800 a 1500 m la biodiversidad era más elevada así como la abundancia, esto ya fue descrito con los datos obtenidos en las dos primeras campañas de la serie: Atlantis 2008 y Atlantis 2009 (Portela et al., 2012). El conocimiento de la existencia de zonas vulnerables en estas campañas llevó a la modificación del plan de muestreo de la última campaña de la serie, Atlantis 2010 para evitar arrastres pesqueros en zonas donde ya se conocía la existencia de EMVs, normalmente a profundidades de más de 500 m. Así que, aunque los datos obtenidos en esta memoria y otros datos pesqueros obtenidos en Del Rio et al. 2012 hacen pensar que la abundancia de especies fue menor en la campaña de 2010 así como se identificaron menos corales bioconstructores no se puede corroborar que esto pueda ser debido a un descenso de los macroinvertebrados presentes en el área o a una degradación de la misma. Más estudios harían falta así como completar estudios taxonómicos más rigurosos con otras especies macrobentónicas asociadas a estos arrecifes de coral para confirmar esta hipótesis.

No obstante, si se puede corroborar que las especies de corales presentes presentan preferencias tanto en sentido batimétrico como de tipo de

sustrato. Las zonas más rocosas, con menor contenido en arenas, solían corresponderse con zonas más profundas; estas zonas mantenían una composición taxonómica diferente a las zonas más superficiales compuestas en mayor porcentaje por arenas medias o finas y que a su vez se correspondían con zonas más superficiales. Las zonas de sustratos rocosos presentaron mayor porcentaje de corales bioconstructores y de organismos filtradores en general, como podían ser hidrozooos o campos de esponjas.

Resultados similares ya se han obtenido en otras regiones biogeográficas (Cartes 2002; 2007, Serrano *et al.*, 2011), asumiendo que los corales bioconstructores ocupan distribuciones más profundas que se corresponden con el talud medio (dominio S3) y que por tanto esto es un resultado muy interesante, ya que no es muy común encontrar "barreras" en las zonas más profundas respecto a las más someras como otros estudios describían asumiendo que las zonas profundas eran áreas estables y sin cambios en su composición (Cartes *et al.*, 2002, Carney, 2005). La conclusión general que se puede extraer es que la supuesta estabilidad de la fauna de aguas profundas es sólo aparente (Sanders, 1968; Stuart *et al.*, 2003; Cartes *et al.*, 1994), y que existen tanto cambios geográficos pronunciados batimétricos, son ecosistemas muy ricos en cuanto a valores de diversidad y más estudios deben ser realizados para asegurar su protección.

#### 6.5. Propuesta de Áreas Marinas Protegidas

A partir de todos los estudios realizados previamente con cada uno de los grupos de corales bioconstructores estudiados en esta memoria en la figura 6.34 se representan las diferentes zonas para las que, en base a criterios biológicos (bentos), geológicos y mixtos, se ha elaborado una propuesta de áreas marinas que deberían ser consideradas como candidatas a ser protegidas. Los criterios mixtos se refieren a los casos en los que en una zona determinada se ha apreciado la existencia de ambos criterios (biológico

y geológico), por lo que la propuesta de zona candidata a ser protegida adquiere mayor consistencia.

Finalmente con los estudios realizados no sólo en el ámbito de esta tesis sino en el marco del proyecto Atlantis en general se establecieron siete zonas prioritarias para ser protegidas frente al uso de pescas de arrastres así como cualquier actividad que derive un riesgo para la conservación de estas zonas. La inexistencia de un organismo regulador tipo OROP (organizaciones regionales para la regulación pesquera) plantea un grave problema a la hora de analizar el impacto de estas actividades pesqueras sobre los EMVs y proponer las medidas adecuadas de gestión y conservación, así como garantizar su cumplimiento. Básicamente, la totalidad de la zona estudiada debería ser tratada como un EMVs y regir su uso y gestión bajo normativas que protejan dichas áreas.

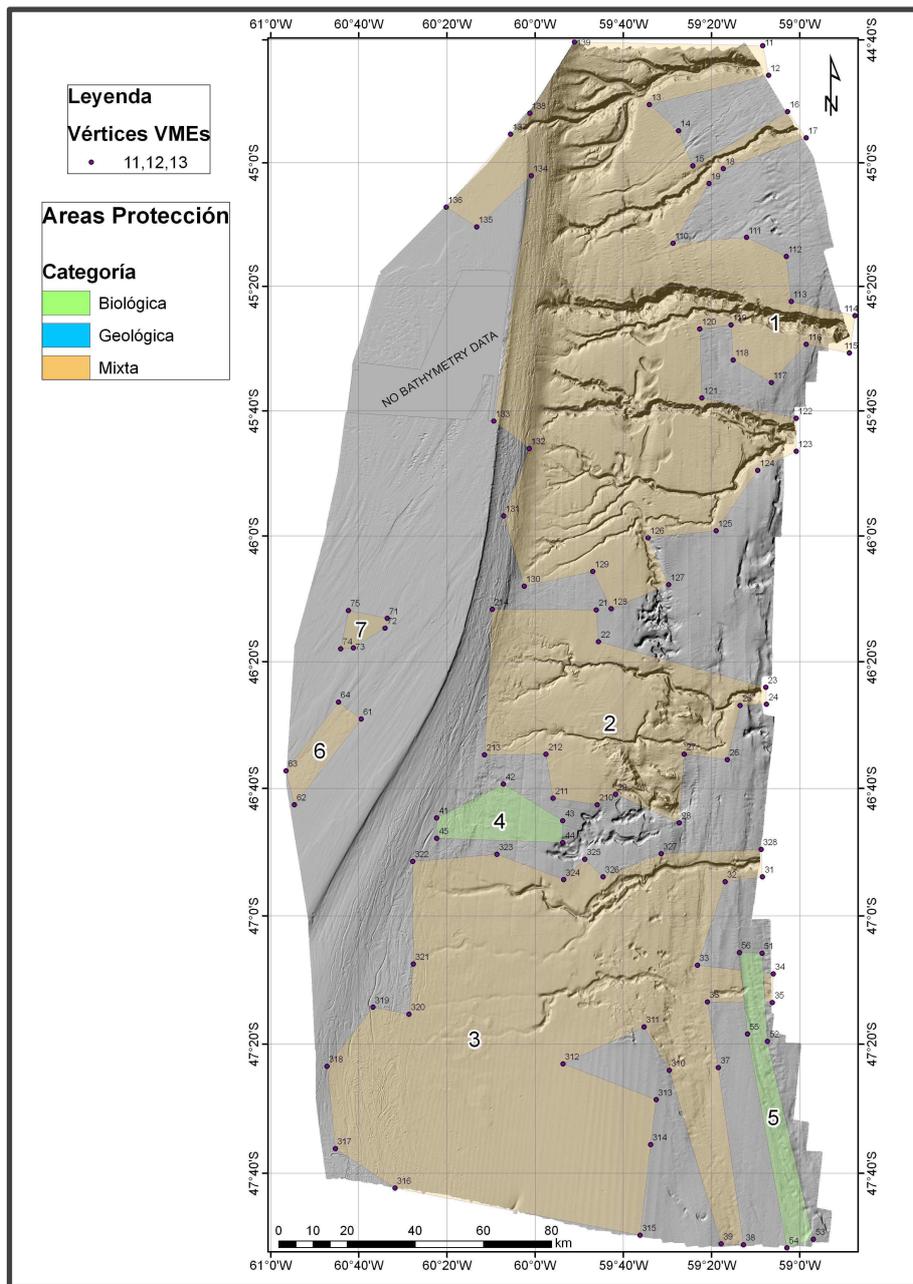


Figura 6.34. Propuesta de zonas candidatas a ser protegidas siguiendo criterios biológicos, geológicos, geomorfológicos y mixtos (polígonos 1 a 7).

## 7. Conclusiones

1. En la totalidad de las 88 dragas analizadas, respecto a corales bioconstructores se han identificado 13 nuevas especies de estos corales: 4 del Orden Scleractinia; *F. cinctutum*, *S. australis*, *C. coronula* y *J. cristata* y 5 de la familia Primnoidae; *T.pulchra*, *T. patagónica*, *T.cairnsi*, *T.nacaseri* y *T. anatinus* y 4 de la familia Stylasteridae; *Errina n.sp*, *Inferiolabiata n.sp*, *Lepidotheca n.sp*, *Adelopora n.sp*. Además, se han registrado: 5 nuevos registros batimétricos y 6 nuevos registros biogeográficos de la familia Stylasteridae; 2 nuevos registros batimétricos y 2 biogeográficos de la familia Primnoidae.
2. Respecto al Orden Scleractinia 4 fueron las especies más destacadas; *F.thoarsii* por ser la especie de distribución más superficial y marcar diferencias entre los dominios más superficiales y los más profundos; *C.cornu* por su distribución más profunda y por tanto ser la especie que contribuía más a la disimilitud entre dominios profundos y someros; *F.curvatum* por ser la especie de mayor distribución en todas las áreas estudiadas, además de ser la única especie de Scleractinia con presencia significativa en las zonas de pesca; *B.candida* por su papel como especie "framework-forming corals" descrito por primera vez en Cairns & Polonio (2013) dado el desconocimiento de su amplia distribución en la zona. Fue el único coral colonial con elevada abundancia en la zona de estudio.
3. La diversidad respecto al Orden Scleractinia presentó su máximo en el intervalo de 1200 m. de profundidad seguido del intervalo de 900 m. Los estratos de menos de 500 m. no presentaron índices de diversidad elevados.
4. Dentro familia Stylasteridae destacó *S. densicualis* que fue muy abundante en todo el área estudiada. Además *C. pulvinatum*, *C. formosa*, *C. verrucosa* fueron junto a este de las especies más

abundantes en la región. *E. labiata* destacó por su distribución más antártica, registrada en las dragas realizadas más al Sur. *L. granulosa* presentó una distribución más superficial y por tanto fue la especie que marcó altas contribuciones a la disimilitud entre dominios profundos y superficiales.

5. En términos de diversidad la familia Stylasteridae presentó sus máximos valores entre los 700-1000 metros de profundidad, donde se sitúa el dominio S3 y por tanto el talud medio.
6. La familia Primnoidae mostró algunas especies como principales dentro del área de estudio, estas especies fueron; *T. antartica* que se registró en todos los dominios estudiados y con un amplio rango batimétrico de distribución. *P. undulata* fue la especie con distribución más profunda y por tanto la marcó diferencias entre los estratos profundos y los someros. Por el contrario, *P. diadema* y *P. delicatissima* fueron especies registradas en zonas menos profundas y por tanto las que más contribuyeron a la disimilitud entre dominios someros y profundos.
7. Las especies de la familia Primnoidae fueron las más diversas a mayor profundidad, mostrando su pico a 1500 m, aunque también fueron muy abundantes a profundidades de 1200-1400m.
8. De manera general, todos los corales "framework-forming corals" mostraron mayor distribución y abundancia en el dominio S3 perteneciente al talud medio. El dominio S4 fue muy similar al S3 en cuanto a composición pero normalmente la abundancia fue mayor en el talud medio.
9. Los dominios S1 y S2, correspondientes a la plataforma continental y talud superior fueron los que presentaron menor diversidad y abundancia, sobre todo el caso de la plataforma continental que contó

en ocasiones con tan sólo una o dos especies de corales bioconstructores.

10. Las áreas de cañones fueron más diversas que las áreas de no cañones y en términos de abundancia esta fue mucho más elevada en las áreas de cañón.
11. Los cañones situados más al Norte presentaron una abundancia menor que los situados más al Sur.
12. El cañón C2 presentó el mayor porcentaje de presencia de *B. candida* siendo el cañón que más se extendía por el talud medio, mostrando una vez más la preferencia por esta área más profunda por parte del coral colonial más significativo del estudio por su papel como "framework-forming corals"
13. En cuanto a la familia Stylasteridae también fue más diversa en el cañón C2, por lo que los corales "Stonycorals" se distribuyen más en el dominio S3.
14. La familia Primnoidae mostró comportamientos más diversos en su distribución dentro el área de cañones; *P. bayeri* fue la única especie que no estuvo presente en ninguno de los cañones. En algunos la abundancia de esta especie era menor que la de "Stonycorals", esto puede ser debido al escaso contenido de sedimentos arenosos en estas áreas, algunas especies de Primnoidea se desarrollan de forma óptima en sedimentos blandos.
15. La captura de macroinvertebrados bentónicos observada en las campañas de la serie ATLANTIS, muestra una dominancia tanto en biomasa como en diversidad de los Phylum Porifera y Cnidaria. A estos Filos pertenecen gran parte de los organismos considerados vulnerables, según los últimos criterios establecidos internacionalmente por la ONU y OSPAR: las esponjas, los Octocorales (Primnoidae), corales Scleractinia,

Antipatharios, hidrozoos calcificados (Stylasteridae) son indicadores de EMVs. Las características de estos organismos como su lenta tasa de crecimiento (escasos milímetros anuales) así como la complejidad de las estructuras tridimensionales que forman hacen de estas áreas ecosistemas de alta vulnerabilidad.

16. Las campañas de los años 2008 y 2009 guardan mayor similitud en cuanto a composición taxonómica que la campaña realizada en 2010, esto pudo deberse a la variación realizada en la estrategia de muestreo para proteger estratos de más de 500 m de profundidad frente a actividades pesqueras.
17. Los sedimentos de la zona de estudio están formados principalmente por arenas, de bajo a moderado contenido orgánico y de selección media moderada. En general, los tipos sedimentarios más finos y con mayor contenido orgánico los encontramos en zonas de menor profundidad y los rocosos en zonas más profundas.
18. Los estratos más someros (<400 m), son los estratos de menor captura en biomasa, abundancia y diversidad. Estos estratos son coincidentes en gran medida con la "huella" del esfuerzo pesquero de la flota española de arrastre. La presencia de los organismos considerados vulnerables fue muy escasa, estando poco representados en los estratos de menor profundidad. El incremento de profundidad, inverso al esfuerzo pesquero, va acompañado por un aumento de la diversidad de los corales bioconstructores estudiados así como de otros macroinvertebrados asociados a estos arrecifes de aguas frías.
19. La abundancia de fauna sésil, de estrategia trófica filtradora y/o suspensiva, es indicadora de ecosistemas complejos, estructurados y no alterados. En los dominios S3 y S4 que se corresponden con las profundidades mayores se encontró la mayor parte de este tipo de organismos.

20. En cuanto a hidrología un factor que influye en la distribución de las comunidades identificadas en la región Patagónica, es que el agua de la zona estudiada tiene características que resultan de la mezcla de las aguas subantárticas que fluyen de Sur a Norte con las masas de agua de la descarga continental a lo largo de la costa, siendo modificadas por intercambio con la atmósfera; por tanto la estructura del campo termohalino de la zona estudiada muestra diferencias estacionales asociadas a la batimetría y a la latitud. Estas características hidrológicas pudieron influir en la distribución de especies más hacia la zona Sur (Antártica) o Norte (Atlántica).
21. Los estudios realizados con los grupos de corales bioconstructores (Scleractinia, Stylasteridae y Primnoidae) para la determinación de áreas marinas protegidas demostraron claramente que estos corales tienen distribución y abundancia suficiente para determinar estas áreas como protegidas según las directrices del convenio OSPAR.
22. Se proponen siete zonas marinas de protección, basadas en criterios biológicos, geológicos, geomorfológicos y mixtos. La mayor parte de las áreas de protección están en la parte del talud medio, dominio S3 pero hay tres pequeñas zonas en la parte de la plataforma y otra en el borde del talud que podrían afectar a las actividades de la flota pesquera.

## 8. Bibliografía

- Acha, E. M., H. W. Mianzan, R. A. Guerrero, M. Favero, and J. Bava. 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America. *Journal of Marine Systems* 44:83–105.
- Adjeroud M. 1997. Factors influencing spatial patterns on coral reefs around Moorea, French Polynesia. *Mar.Ecol.Prog.Ser.* 159:105–11.
- Adjeroud, M. 1998. Factors influencing spatial patterns on coral reefs around Moorea, French Polynesia. *Oceanographic Literature Review* 45.
- Bax, N., Cairns S.D. & Polonio, V. 2014. New Records of Deep-Water *Stylasterina* off Argentina and the Falkland Islands. *Zootaxa* in press.
- Bensch, A.; Gianni, M.; Gréboval, D.; Sanders, J.S.; Hjort, A., 2008. Worldwide review of bottom fisheries in the high seas. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 522. Rome, FAO. 2008. 145p.
- Bianchi, A., M. Masonneau, and R. Oliviera, 1982. Análisis estadístico de las características TS del sector austral de la plataforma continental argentina. *Acta Oceanográfica Argentina*. 3 (1). 93-118.
- Bonilla, H. R., and G. C. Piñón. 2002. Influence of temperature and nutrients on species richness of deep water corals from the western coast of the Americas. *Hydrobiologia* 471:35–41.
- Bouma, A.H. and M.F. Marshall, 1964. A method for obtaining and analyzing undisturbed oceanic bed samples. *Marine Geology*, 2: 81-99.
- Brandhorst, W. and J.P. Castello, 1971. Evaluación de recursos de anchoita (*Engraulis anchoita*) frente a la Argentina y Uruguay. Condiciones oceanográficas, sinopsis del conocimiento actual sobre la anchoita y el plan para su evaluación. Technical Report 29,63pp, Proy. Des. Pesq. FAO.
- Bridge, D.; Cunningham, C. W.; Desalle, R.; Buss, L. W. 1995: Class-level relationships in the phylum Cnidaria: molecular and morphological evidence. *Molecular Biology and Evolution* 12: 679–689.
- Briggs, J.C., 1974. *Marine Zoogeography*. McGraw-Hill: New York, 475 pp.
- Brusca, R. C. & Brusca, G. J., 2005. *Invertebrados*, 2ª edición. McGraw-Hill-

- Interamericana, Madrid, XXVI+1005 pp. ISBN 0-87893-097-3.
- Cairns, S. D., 1982. Antarctic and subantarctic Scleractinia. Antarctic Research Series 34:1–74.
  - Cairns, S.D., 1982a. A new subfamily of operculate stylasterine (Coelenterata: Hydrozoa) from the Sub- antarctic. J. Nat. Hist. 16(1): 71-81, 5 pis.
  - Cairns, S.D., 1982b. Stony corals of Carrie Bow Cay, Belize. Smith. Cant. Mar. Sci. 12: 271-302, pis. 119-133.
  - Cairns, S.D., 1990. Synopses of the Antarctic Benthos. Volume 1. Antarctic Scleractinia. Theses Zoologicae, 121, 78 pp.
  - Cairns, S.D., and N. B. Keller. 1993. New taxa and distributional records of azooxanthellate scleractinia( Cnidaria: Anthozoa) from the tropical South-West Indian Ocean with comments on their zoogeography and ecology. Annals of South African Museum 103:213–292.
  - Cairns, S.D., 1994. Scleractinia of the temperate North Pacific. Smithsonian Contributions to Zoology, 557,150 pp.
  - Cairns, S.D., 1999. Cnidaria Anthozoa: deep-water azooxanthellate Scleractinia from Vanuatu, and Wallis and Futuna Islands. Mem Mus Natl Hist 180:31–167.
  - Cairns, S.D., 2000. A revision of the shallow-water azooxanthellate Scleractinia of the Western Atlantic. Stud Nat Hist Caribb Reg 75:1–231.
  - Cairns, S.D., 2001. A brief history of taxonomic research on azooxanthellate Scleractinia (Cnidaria: Anthozoa). Bulletin of the Biological Society of Washington 10:191–203.
  - Cairns, S.D, Häussermann, V. & Försterra, G., 2005. A review of the Scleractinia (Cnidaria: Anthozoa) of Chile, with the description of two new species. Zootaxa, 1018, 15–46.
  - Cairns, S.D., 2007. Deep-water corals: an overview with special reference to diversity and distribution of deep-water scleractinian corals. Bulletin of Marine Science 81 (3), 311–32.
  - Cairns, S. D., 2011. Global Diversity of the Stylasteridae (Cnidaria: Hydrozoa:Athecatae). PLoS ONE, 6 (7).

- Cairns, S. D., 2012. New primnoid genus and species (Alcyonacea: Primnoidae) from the southwestern Atlantic.
- Cairns, S.D. & Kitahara, M.V., 2012. An illustrated key to the genera and subgenera of the Recent azooxanthellate Scleractinia, with an attached glossary. *ZooKeys*, 227, 1–47.
- Cairns, S.D., and V. Polonio. 2013. New records of deep-water Scleractinia off Argentina and the Falkland Islands. *Zootaxa* 3691:58.
- Carney, R.S., 2005. Zonation of deep biota in continental margins. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 43: 211-278.
- Cartes, J.E., J.B. Company and F. Maynou., 1994. Deep-water decapod crustacean communities in the Northwestern Mediterranean: influence of submarine canyons and season. *Mar. Biol.*, 157(1): 221-229.
- Cartes, J.E., P. Abelló, D. Lloris, A. Carbonell, P. Torres, F. Maynou and L. Gil de Sola. 2002. Feeding guilds of western Mediterranean demersal fish and crustaceans: analysis based on a spring survey. *Sci. Mar.*, 66(2): 209-220.
- Cartes, J.E., A. Serrano, F. Velasco, S. Parra and F. Sánchez., 2007. Community structure and dynamics of deep-water decapod assemblages from Le Danois Bank (Cantabrian Sea, NE Atlantic): Influence of environmental variables and food availability. *Prog. Oceanogr.*, 75: 797-816 .
- Cartes, J.E., F. Maynou, E. Fanelli, C. Romano, V. Mamouridis and V. Papiol., 2009. The distribution of megabenthic, invertebrate epifauna in the Balearic Basin (western Mediterranean) between 400 and 2300 m: Environmental gradients influencing assemblages composition and biomass trends. *J. Sea Res.*, 61: 244-257.
- Clarke K.R & R. N. Gorley (2001 & 2006) PRIMER v5 (& v6): User manual/tutorial, PRIMER-E, Plymouth UK, 91pp (& 192pp) [2,769].
- Coggan, R|., Populus, J., White, J., Sheehan, K., Fitzpatrick, F. and Piel, St. (eds.) (2007). Review of Standards and Protocols for Seabed Habitat Mapping. MESH.
- Crame, J.A., 1999. An evolutionary perspective on marine faunal connections

- between southernmost South America and Antarctica. *Sci. Mar.*, 63 (Supl. 1): 1-14.
- Cruz-Piñón G, Reyes-Bonilla H. 1999. Corales ahermatípicos del Pacífico tropical mexicano (Guerrero, Oaxaca y Chiapas). *Ciencia y Mar* 3(7): 39–46.
  - Davies, A., Wisshak, M., Orr, J.C., Roberts, J.M., 2008. Predicting suitable habitat for cold-water coral *Lophelia pertusa* (Scleractinia). *Deep-Sea Research I* 55, 1048e1062.
  - Davies, A. J., and J. M. Guinotte. 2011. Global habitat suitability for framework-forming cold-water corals. *PLoS ONE* 6:e18483.
  - Dawson, J. 2002. Biogeography of azooxanthellate corals in the Caribbean and surrounding areas. *Coral Reefs* 21:27–40.
  - Del Río, J.L., Portela, J., Sacau, M. y Patrocinio, T., 2008b. Informe de la Campaña de investigación pesquera AT- LANTIS 2008. Dpto. Pesquerías Lejanas. Informe Interno Instituto Español de Oceanografía. 118 pp.
  - Del Río, J.L. y Vilela, R., 2009a. Proyecto de Campaña de investigación pesquera ATLANTIS 2009. Dpto. Pesquerías Lejanas. Informe Interno Instituto Español de Oceanografía. 61 pp.
  - Del Río, J.L. y Vilela R., 2010. Proyecto de Campaña de investigación pesquera ATLANTIS 2010. Dpto. Pesquerías Lejanas. Informe Interno Instituto Español de Oceanografía. 63 pp.
  - Eleftheriou, A. and A.D. McIntyre (Ed), 2005. *Methods for the study of marine benthos*. 3rd edition. Blackwell Science: Oxford, UK. 418 pp.
  - Ewing, M. and Lonardi, A.G., 1971. Sediment transport and distribution in the Argentine Basin. 5. Sediment structure of the Argentina margin, basin, and related provinces. In: Ahrens, L.H., Press, F., Runcorn, S.K., Urey, H.C.(Eds.), *Physics and Chemistry of the Earth* 8. Pergamon Press, New York, pp. 123-251.
  - Fadlallah, Y.H., & Pearse, J.S. 1982. Sexual reproduction in solitary corals: Synchronous gametogenesis and broadcast spawning in *Paracyathus stearnsii*. *Marine Biology*, 1982. Vol.71,Number 3,pp.233.

- Fadlallah, Y.H., 1983. Sexual reproduction, development and larval biology in scleractinian corals: a review. *Coral Reefs* 2, 129–150.
- FAO, 2005. Review of the state of world marine fishery resources. FAO Fisheries Technical Paper 457. Rome. 235 pp.
- FAO, 2008. Consulta técnica sobre las directrices Internacionales para la ordenación de las Pesquerías de aguas profundas en alta mar, Roma (Italia), 4-8 de febrero de 2008. TC: DSF/2008/Inf.3. p. 33.
- Figuerola, B., Gordon, D.P., Polonio, V., Cristobo J., Avila, C., 2013. Cheilostome bryozoan diversity from the South- West Atlantic region: is Antarctica really isolated?.
- Franke, D., Neben, S., Ladage, S., Schreckenbergen, B. and Hinz, K., 2007. Margin segmentation and volcano-tectonic architecture along the volcanic margin off Argentina/Uruguay, South Atlantic. *Marine Geology* 244, 46-67.
- Freiwald, A., J. H. Fossá, A. Grehan, T. Koslow, and J. M. Roberts. 2004. Cold-water coral reefs. UNEP-WCMC, Cambridge, UK:84.
- Gage, J.D and P.A. Tyler., 1991. *Deep-Sea Biology. A natural history of organisms at the deep-sea floor.* Cambridge University Press. 504 pp.
- Gardiner, J.S. (1939) Madreporarian corals, with an account of variation in Caryophyllia. *Discovery Reports*, 18, 323–338.
- Goni, G., S. Kamholz, S. Garzoli and D. Olson, 1996. Dynamics of the Brazil-Malvinas Confluence based on inverted echo sounders and altimetry. *Journal of Geophysical Research*, 101, 16273-16289.
- Guerrero, R.A. and A.R. Piola., 1997. Masas de agua en la plataforma continental. En "El Mar Argentino y sus recursos pesqueros 1", pp. 107-118. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) ISBN: 987-96244-8-3.
- Harriott, V.J., 1992. Recruitment patterns of scleractinian corals in an isolated sub tropical reef system. *Coral Reefs* 11, 215–219.
- Harrison, P. L. 2010. Coral Reefs: An Ecosystem in Transition. Pages 59–85 (Z. Dubinsky and N. Stambler, Eds.). Springer Netherlands, Dordrecht.
- Haury L, Fey C, Newland C, Genin A (2000) Zooplankton distribution around

- four eastern North Pacific seamounts. *Progress in Oceanography*, 45, 69–105.
- Hedgpeth, J.W. (1969) Distribution of selected groups of marine invertebrates in waters south of 35°S latitude. *Introduction to Antarctic zoogeography. Antarctic Map Folio Series*, 11, 1–9. Keller, N.B. (1974).
  - Hernández-Molina, F.J., Paterlini, M., Violante, R., Marshall, P., Isasi, M. de, Somoza, L. and Rebesco, M., 2009. Contourite depositional system on the Argentine slope: an exceptional record of the influence of the Antarctic water masses. *Geology* 37, 507-510.
  - Hernández-Molina, F.J., Paterlini, M, Somoza, L., Violante, R., Arecco, M.A., de Isai, M., Rebesco, M., Uenzelmann-Neben, G., Neben, S., Marshall, P., 2010. Giant mounded drifts in the Argentine continental margin: origins, and global implications for the history of thermohaline circulation. *Marine and Petroleum Geology* 27: 1508-1530.
  - Hessler, R.R. and Jumars, P.A., 1974. Abyssal community analysis for replicate box corers in the central North Pacific. *Deep-Sea Research*, 21: 185-209.
  - Keller, N.B. 1978. Morphological Nodule Ontogenetic Features of Deep-Water Corals. *Tr. Inst. Okeanol. Akad. Nauk SSSR* 113, 44–50.
  - Keller N.B. 1989. A Comparative Characteristic of Coral Associations from Selected Near-Continental and MidOcean Ridges of the Atlantic Ocean. *Tr. Inst. Okeanol. Akad. Nauk SSSR* 123, 59–70 (1989).
  - Kitahara, M., and S. D. Cairns. 2005. *Monohedotrochus capitollii*, a new genus and species of solitary azooxanthellate coral(scleractinia, Caryophylliidae) from southern Brazil. *Zool.Med.Leiden* 79:117–123.
  - Kitahara, M. V. 2006. Novas ocorrências de corais azooxantelados (Anthozoa, Scleractinia) na plataforma e talude continental do sul do Brasil (25-34o S). *Biotemas* 19:55–63.
  - Kitahara, M. V. 2007. Species richness and distribution of azooxanthellate Scleractinia in Brazil. *Bulletin of marine science* 81:497–518.
  - Kojis, B.L., Quinn, N.J., 1982. Reproductive ecology of two faviid corals

- (Coelenterata: Scleractinia). *Marine Ecology Progress Series* 8, 251–255.
- Lonardi, A.G. and Ewing, M., 1971. Sediment transport and distribution in the Argentine Basin. 4. Bathymetry of the continental margin, Argentine Basin and other related provinces. Canyons and sources of sediments. In: Ahrens, L.H., Press, F., Runcorn, S.K., Urey, H.C.(Eds.), *Physics and Chemistry of the Earth* 8. Pergamon Press, New York, pp. 79-121.
  - Lusquiños, A. and A.J. Valdez, 1971. Aportes al conocimiento de las masas de agua en el atlántico sudoccidental. *Serv. Hidrog. Naval*, 659:48.
  - Lusquiños, A.J. and A.G. Schrott, 1983. Corrientes en el mar epicontinental argentino en invierno. Technical Report 74, Subsecretaría de Estado de Ciencia y Técnica. Programa Nacional de Recursos Naturales Renovables, Buenos Aires.
  - Martos, P. and M.C. Piccolo., 1988. Hydrography of the Argentine continental shelf between 38-42°S. *Continental Shelf Research*, 8(9):1043-1056.
  - Matano, R.P., Palma, E.D., 2008. On the upwelling of downwelling currents. *Journal of Physical Oceanography* 38, 2482-2500.
  - Matano, R.P., Palma, E.D., Piola, A.R., 2010. The influence of the Brazil and Malvinas currents on the southwestern Atlantic shelf circulation. *Ocean Science, Discussion Paper* 7, pp. 837.
  - Menzies, R.J. (1962) The zoogeography, ecology, and systematics of the Chilean marine isopods. *Lunds. Univ. Arsskrift.*, 57, 162 pp.
  - Milne Edwards, H. & Haime, J. (1848) Recherches sur les Polypiers, deuxième mémoire: Monographie des Turbinolides. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie*, (3)9, 211–344, pls. 7–10.
  - Miloslavich, P., E. Klein, J. M. Díaz, C. E. Hernández, G. Bigatti, L. Campos, F. Artigas, J. Castillo, P. E. Penchaszadeh, P. E. Neill, A. Carranza, M. V. Retana, J. M. Díaz de Astarloa, M. Lewis, P. Yorío, M. L. Piriz, D. Rodríguez, Y. Yoneshigue-Valentin, L. Gamboa, and A. Martín. 2011. Marine Biodiversity in the Atlantic and Pacific Coasts of South America: Knowledge and Gaps. *PLoS ONE* 6:e14631.
  - Morris, K., P. A. Tyler, B. Murton, and A. D. Rogers. 2012. Lower bathyal and

- abyssal distribution of coral in the axial volcanic ridge of the Mid-Atlantic Ridge at 45°N. *Deep-Sea Research Part I* 62:32–39.
- Morris, K. J., P. A. Tyler, D. G. Masson, V. I. A. Huvenne, and A. D. Rogers. 2013. Distribution of cold-water corals in the Whittard Canyon, NE Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research Part II* 92:136–144.
  - Moseley, H.N. (1881) Report on certain hydroid, alcyonarian, and madreporarian corals procured during the voyage of H. M. S. Challenger, in the years 1873–1876. Report on the Scientific Results of the Voyage of H. M. S. Challenger during the Years 1873–76, *Zoology*, 2, 248 pp.
  - Muñoz, A., Cristobo, J., Ríos, P., Druet, M., Polonio, V., Uchupi, E., Acosta, J. and ATLANTIS Group, 2012. Sediment drifts and cold-water coral reefs in the Patagonian upper and middle continental slope. *Marine and Petroleum Geology*, 36: 70-82.
  - Muñoz, A., J. Acosta, J. Cristobo, M. Druet, E. Uchupi, and A. Group. 2013. Geomorphology and Shallow Structure of a Segment of the Atlantic Patagonian Margin. *Earth Science Reviews*:1–68.
  - Muñoz, A., Acosta, J., Cristobo, J., Druet, M., Uchupi, E. and ATLANTIS Group. Geomorphology of the Argentine Patagonian continental shelf and upper and middle continental slope from 44°40'S to 47°51'S to 58°52'W to 60°56'W. *Earth Science Review* (Submitted 2014).
  - NAFO, 2008. Report of the NAFO SC Working Group on Ecosystem Approach to Fisheries Management (WGEAFM). Response to Fisheries Commission Request 9.a. NAFO SCS Doc. 08/24. Serial No. N5592. 19 pp.
  - Piola, A.R. and Gordon A.R., 1989. Intermediate waters in southeast south atlantic. *Deep-Sea Research*, 36:1-16.
  - Piola, A.R. and Rivas, A.L., 1997. Corrientes en la plataforma continental. In: Boschi, E.E. (Ed.), *Antecedentes Históricos de las Exploraciones en el mar y las Características Ambientales. Mar Argentino Y Sus Recursos Pesqueros 1*, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar de Plata, pp. 119-132.
  - Piola, A.R. and Matano, R.P., 2001. En: *Encyclopedia of Ocean Sciences*. (J.H.

- Steele, S.A. Thorpe y K.K. Turekian, Eds). London, Academic Press,1, 340 - 349.
- Polonio, V., Cairns, S.D., Cristobo, F.J., 2014. Distributional and diversity patterns of deep-sea corals (Order: Scleractinia) in Patagonian area, Southwestern Atlantic Ocean. Deep sea research: Part II, in press.
  - Polonio, V., Taylor, M., Cristobo, F.J., 2014. Study of primnoidae communities of Southwestern Atlantic Ocean, patagonian region. Descriptions of five new species. Zootaxa, in press.
  - Portela J.M., Pierce G.J., Del Río J.L., Sacau M., Patrocinio T. and Vilela R., 2010. Preliminary description of the overlap between squid fisheries and VMEs on the high seas of the Patagonian Shelf. Fisheries Research, Vol.106, No.2 (November 2010), pp. 229–238.
  - Porter, J. W. (1976). Autotrophy, heterotrophy, and resource partitioning in Caribbean reef-building corals. The American Naturalist, 110(975), 731-742.
  - Reineck, H.E., 1963. Der kastengreifer. Natur und Museums, 93: 102-108.
  - Richmond, R. H., and C. L. Hunter. 1990. Reproduction and recruitment of corals: Comparisons among the Caribbean, the Tropical Pacific, and the Red Sea. Marine ecology progress series. Oldendorf 60:185–203.
  - Ríos, P., Kelly, M. & J. Vacelet, 2011. Cercicladia australis, a new carnivorous sponge with novel chelae from the Tasman Basin and the Argentine Patagonian Margin (Porifera, Cladorhizidae). Zootaxa 3131: 52-62.
  - Roberts, J.M., Wheeler, A., Freiwald, A., Cairns, S.D. (2009) Cold-Water Corals. Cambridge University Press, Cambridge, 334 pp. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511581588>
  - Rogers, A.D., 1999. The biology of *Lophelia pertusa* (Linnaeus 1758) and other deep-water reef-forming corals and impacts from human activities. International Review of Hydrobiology 84 (4), 315–406.
  - Rogers, A. D., 2004. The biology, ecology and vulnerability of deep-water coral reefs.
  - Rumohr, H., 2009. Soft-bottom macrofauna: collection, treatment, and quality

- assurance of samples. ICES Techniques in Marine Environmental Science No. 43. 20 pp.
- Ruppert, Edward E. y Robert D. Barnes . (1996). *Zoología de los Invertebrados*. McGraw - Hill Interamericana. México. 1114 pp.
  - Sanders, H.L. – 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *Am. Nat.*, 102 (925): 243-282
  - Santodomingo, N., J. Reyes, P. Flórez, I. C. Chacón-Gómez, L. P. Ofwegen, and B. W. Hoeksema. 2012. Diversity and distribution of azooxanthellate corals in the Colombian Caribbean. *Marine Biodiversity* 43:7–22.
  - Scasso, L.M. and A.R. Piola., 1988. Intercambio neto de agua entre el mar y la atmósfera en el Golfo San Matías. *Geoacta*, 15:1331.
  - Squires, D.F. (1969) Distribution of selected groups of marine invertebrates in waters south of 35°S latitude: Scleractinia. *Antarctic Map Folio Series*, 11, 15–18, pl. 6.
  - Stuart, C.T., M.A. Rex and R.J. Etter. – 2003. Large-scale spatial and temporal patterns of deep-sea benthic species diversity. In: P.A. Tyler (ed.), *Ecosystems of the Deep Ocean*. *Ecosystems of the World* 28, pp. 293-311. Elsevier, Amsterdam.
  - Stuart, C.T., M.A. Rex and R.J. Etter. – 2003. Large-scale spatial and temporal patterns of deep-sea benthic species diversity. In: P.A. Tyler (ed.), *Ecosystems of the Deep Ocean*. *Ecosystems of the World* 28, pp. 293-311. Elsevier, Amsterdam.
  - Studer, T. (1878) Übersicht der Steinkorallen aus der Familie de Madreporaria aporosa, Eupsammina und Turbinaria, welche auf der Reise S. M. S. Gazelle um die Erde gesammelt wurden. *Monatsbericht der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 1877, 625–654.
  - Szmant, A.M. 1986. Reproductive ecology of Caribbean reef corals. *Coral Reef* 5: 43-54.
  - Szmant, A.M., 1986. Reproductive ecology of Caribbean reef corals. *Coral Reefs* 5, 43–54.
  - Taylor, M. L., S. D. Cairns, D. J. Agnew, and A. D. Rogers. 2013. A revision of

- the genus *Thouarella* Gray, 1870 (Octocorallia: Primnoidae), including an illustrated dichotomous key, a new species description, and comments on *Plumarella* Gray, 1870 and *Dasystenella*, Versluys, 1906. *Zootaxa* 3602.
- Tews J, Brose U, Grimm V, Tielborger K, Wichmann MC, Schwager M, Jeltsch F (2004). Animal species diversity driven by habitat heterogeneity diversity: the importance of key- stone structures. *Journal of Biogeography*, 31, 79–92.
  - Urien, C. M.; Martins, L. R.; Cazenave, R., 1995. Late Quaternary Geology of the Rio de La Plata, Buenos Aires-Rio Negro Coastal Plain and Continental Shelf. *Simposio de Geologia do Cone Sul 1º. Resumos Expandidos*. 273-274. Porto Alegre. Brasil.
  - Vetter, E.W., Smith., C.R., De Leo, F.C., 2010. Hawaiian hotspots: enhanced mega- faunal abundance and diversity in submarine canyons on the oceanic island of Hawaii. *Mar. Ecol.* 31, 183–199.
  - Viana, A. R. 2001. Seismic expression of shallow-to deep-water contourites along the south-eastern Brazilian margin. *Marine Geophysical Researches* 22:509–521.
  - Viana, A. R., J.-C. Faugères, and D. Stow. 1998. Bottom-current-controlled sand deposits—a review of modern shallow-to deep-water environments. *Sedimentary Geology* 115:53–80.
  - Waller, R. G., and P. A. Tyler. 2005. The reproductive biology of two deep-water, reef-building scleractinians from the NE Atlantic Ocean. *Coral Reefs* 24:514–522.
  - Waller, R. G., P. A. Tyler, and C. R. Smith. 2008. Fecundity and embryo development of three Antarctic deep-water scleractinians: *Flabellum thouarsii*, *F. curvatum* and *F. impensum*. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 55:2527–2534.
  - Zapata-Guardiola, R., and P. J. López-González. 2009. Two new gorgonian genera (Octocorallia: Primnoidae) from Southern Ocean waters. *Polar Biology* 33:313–320.
  - Zapata-Guardiola, R. 2010. *Zootaxa*, Redescription of *Thouarella brucei*

- Thomson and Ritchie, 1906...:1–21.
- Zapata-Guardiola, R., and P. J. López-González. 2010a. Four new species of *Thouarella* (Anthozoa: Octocorallia: Primnoidae) from Antarctic waters. *Scientia Marina* 74:131–146.
  - Zapata-Guardiola, R., and P. J. López-González. 2010b. Designation of *Thouarella abies* Broch, 1965 as the type species of the subgenus *Fannyella* (Scyphogorgia) Cairns and Bayer, 2009, and description of a new genus for *Stenella* (Dasystenella) liouvillei Gravier, 1913 (Octocorallia: Primnoidae). *Journal of Natural History* 44:1995–2013.
  - Zibrowius, H., 1980. Les Scléactinaires de la Méditerranée et de l'Atlantique nord-oriental. *Mémoires de la Institut Océanographique, Monaco* 11, p.227.

## ANEXO I

Resultados del análisis SIMPER realizados para estudiar la contribución de los corales del Orden Scleractinia a la disimilitud entre dominios fisiográficos y/o rangos batimétrico.

| SIMPER ANALYSIS                 |          | Middle slope (S3)      | Continental shelf (S1) | Contrib | Cum.  |
|---------------------------------|----------|------------------------|------------------------|---------|-------|
| Species                         | Av.Abund | Av.Abund               |                        | %       | %     |
| <i>Bathelia candida</i>         | 0,70     | 0,10                   |                        | 18,14   | 18,14 |
| <i>Flabellum curvatum</i>       | 0,62     | 0,20                   |                        | 16,12   | 34,26 |
| <i>Javania cristata</i>         | 0,51     | 0,00                   |                        | 12,49   | 46,75 |
| <i>Monohedotrochus capitoli</i> | 0,47     | 0,00                   |                        | 10,88   | 57,63 |
| <i>Caryophyllia squiresi</i>    | 0,32     | 0,10                   |                        | 8,65    | 66,28 |
| <i>Solenosmillia variabilis</i> | 0,25     | 0,00                   |                        | 5,22    | 71,50 |
| <i>Javania antarctica</i>       | 0,26     | 0,00                   |                        | 5,12    | 76,62 |
| <i>Flabellum thouarsii</i>      | 0,04     | 0,10                   |                        | 4,75    | 81,37 |
| <i>Caryophyllia coronula</i>    | 0,23     | 0,00                   |                        | 4,42    | 85,78 |
| <i>Caryophyllia antarctica</i>  | 0,25     | 0,00                   |                        | 4,23    | 90,01 |
|                                 |          | Continental shelf (S1) | Low slope (S4)         | Contrib | Cum.  |
| Species                         | Av.Abund | Av.Abund               |                        | %       | %     |
| <i>Crispatotrochus cornu</i>    | 0,00     | 0,64                   |                        | 19,62   | 19,62 |
| <i>Bathelia candida</i>         | 0,10     | 0,71                   |                        | 16,13   | 35,75 |
| <i>Javania antarctica</i>       | 0,00     | 0,57                   |                        | 11,30   | 47,05 |
| <i>Flabellum areum</i>          | 0,00     | 0,36                   |                        | 8,86    | 55,91 |
| <i>Desmophyllum dianthus</i>    | 0,00     | 0,36                   |                        | 7,88    | 63,79 |
| <i>Flabellum curvatum</i>       | 0,20     | 0,21                   |                        | 7,09    | 70,88 |
| <i>Monohedotrochus capitoli</i> | 0,00     | 0,36                   |                        | 6,82    | 77,70 |
| <i>Flabellum cinctutum</i>      | 0,00     | 0,29                   |                        | 5,09    | 82,79 |
| <i>Javania cristata</i>         | 0,00     | 0,29                   |                        | 5,09    | 87,88 |
| <i>Caryophyllia squiresi</i>    | 0,10     | 0,07                   |                        | 3,61    | 91,49 |
|                                 |          | Continental shelf (S1) | Upper slope (S2)       | Contrib | Cum.  |
| Species                         | Av.Abund | Av.Abund               |                        | %       | %     |
| <i>Flabellum curvatum</i>       | 0,20     | 0,45                   |                        | 45,39   | 45,39 |
| <i>Bathelia candida</i>         | 0,10     | 0,18                   |                        | 14,38   | 59,77 |
| <i>Javania antarctica</i>       | 0,00     | 0,27                   |                        | 13,02   | 72,79 |
| <i>Flabellum thouarsii</i>      | 0,10     | 0,09                   |                        | 7,57    | 80,36 |
| <i>Flabellum aerum</i>          | 0,00     | 0,09                   |                        | 6,92    | 87,28 |
| <i>Crispatotrochus cornu</i>    | 0,00     | 0,09                   |                        | 4,72    | 91,99 |
|                                 |          | Middle slope (S3)      | Upper slope (S4)       | Contrib | Cum.  |
| Species                         | Av.Abund | Av.Abund               |                        | %       | %     |
| <i>Flabellum curvatum</i>       | 0,62     | 0,45                   |                        | 16,60   | 16,60 |
| <i>Bathelia candida</i>         | 0,70     | 0,18                   |                        | 16,07   | 32,67 |
| <i>Javania cristata</i>         | 0,51     | 0,00                   |                        | 11,29   | 43,97 |
| <i>Monohedotrochus capitoli</i> | 0,47     | 0,00                   |                        | 9,98    | 53,95 |

|                                |      |      |      |       |
|--------------------------------|------|------|------|-------|
| <i>Javania antarctica</i>      | 0,26 | 0,27 | 8,20 | 62,15 |
| <i>Caryophyllia squiresi</i>   | 0,32 | 0,00 | 7,00 | 69,15 |
| <i>Solenosmillia australis</i> | 0,25 | 0,09 | 5,84 | 74,99 |
| <i>Crispatotrochus cornu</i>   | 0,19 | 0,09 | 4,61 | 79,60 |
| <i>Caryophyllia coronula</i>   | 0,23 | 0,00 | 4,14 | 83,74 |
| <i>Flabellum cinctutum</i>     | 0,25 | 0,00 | 4,02 | 87,76 |
| <i>Flabellum thouarsii</i>     | 0,04 | 0,09 | 3,79 | 91,55 |

|                                 | Upper slope (S2) | Low slope (S4) | Contrib | Cum.  |
|---------------------------------|------------------|----------------|---------|-------|
| Species                         | Av.Abund         | Av.Abund       | %       | %     |
| <i>Crispatotrochus cornu</i>    | 0,09             | 0,64           | 16,64   | 16,64 |
| <i>Flabellum curvatum</i>       | 0,45             | 0,21           | 15,02   | 31,66 |
| <i>Bathelia candida</i>         | 0,18             | 0,71           | 14,24   | 45,90 |
| <i>Javania antarctica</i>       | 0,27             | 0,57           | 11,70   | 57,61 |
| <i>Flabellum aerum</i>          | 0,09             | 0,36           | 9,30    | 66,90 |
| <i>Desmophyllum dianthus</i>    | 0,00             | 0,36           | 7,11    | 74,02 |
| <i>Monohedotrochus capitoli</i> | 0,00             | 0,36           | 6,21    | 80,23 |
| <i>Flabellum cinctutum</i>      | 0,00             | 0,29           | 4,67    | 84,90 |
| <i>Javania antarctica</i>       | 0,00             | 0,29           | 4,67    | 89,58 |
| <i>Solenosmillia variabilis</i> | 0,09             | 0,14           | 3,26    | 92,83 |

|                                 | Middle slope (S3) | Low slope (S4) | Contrib | Cum.  |
|---------------------------------|-------------------|----------------|---------|-------|
| Species                         | Av.Abund          | Av.Abund       | %       | %     |
| <i>Crispatotrochus cornu</i>    | 0,19              | 0,64           | 11,42   | 11,42 |
| <i>Flabellum curvatum</i>       | 0,62              | 0,21           | 10,93   | 22,35 |
| <i>Bathelia candida</i>         | 0,70              | 0,71           | 10,63   | 32,98 |
| <i>Javania cristata</i>         | 0,51              | 0,29           | 9,39    | 42,37 |
| <i>Monohedotrochus capitoli</i> | 0,47              | 0,36           | 9,04    | 51,41 |
| <i>Javania antarctica</i>       | 0,26              | 0,57           | 8,87    | 60,28 |
| <i>Desmophyllum dianthus</i>    | 0,13              | 0,36           | 6,47    | 66,75 |
| <i>Flabellum aerum</i>          | 0,06              | 0,36           | 6,40    | 73,15 |
| <i>Caryophyllia squiresi</i>    | 0,32              | 0,07           | 6,10    | 79,25 |
| <i>Flabellum cinctutum</i>      | 0,25              | 0,29           | 5,83    | 85,07 |
| <i>Solenosmillia variabilis</i> | 0,25              | 0,14           | 4,89    | 89,97 |
| <i>Caryophyllia coronula</i>    | 0,23              | 0,07           | 3,90    | 93,87 |

**ANEXO II**

Resultados del análisis SIMPER realizados para estudiar la contribución de los corales de la familia Primnoidae a la disimilitud entre dominios fisiográficos y/o rangos batimétrico.

| SIMPER-ANALYSIS                 |                        |                        |            |        |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------|--------|
|                                 | Middle slope (S3)      | Continental shelf (S1) |            |        |
| Species                         | Av.Abund               | Av.Abund               | Contrib. % | Cum. % |
| <i>Thouarella antarctica</i>    | 0,74                   | 0,7                    | 22,83      | 22,83  |
| <i>Plumarella delicatissima</i> | 0,28                   | 0,1                    | 12,01      | 34,84  |
| <i>Plumarella diadema</i>       | 0,34                   | 0                      | 9,13       | 43,97  |
| <i>Plumarella undulata</i>      | 0,3                    | 0                      | 8,44       | 52,42  |
| <i>Digitogorgia kuekentheli</i> | 0,25                   | 0                      | 6,47       | 58,89  |
| <i>Primnoella chilensis</i>     | 0,25                   | 0                      | 6,39       | 65,28  |
| <i>Convexella magelhaenica</i>  | 0,15                   | 0,1                    | 6,3        | 71,58  |
| <i>Thouarella diadema</i>       | 0,17                   | 0                      | 5,18       | 76,76  |
| <i>Dasystenella acanthina</i>   | 0,17                   | 0                      | 4,5        | 81,27  |
| <i>Mirostenella articulata</i>  | 0,17                   | 0                      | 4,25       | 85,52  |
| <i>Thouarella pulchra</i>       | 0,15                   | 0                      | 3,79       | 89,31  |
| <i>Primnoella delicatissima</i> | 0,13                   | 0                      | 2,78       | 92,09  |
|                                 | Middle slope (S3)      | Upper slope (S2)       |            |        |
| Species                         | Av.Abund               | Av.Abund               | Contrib. % | Cum. % |
| <i>Thouarella antarctica</i>    | 0,74                   | 0,36                   | 17,23      | 17,23  |
| <i>Plumarella diadema</i>       | 0,34                   | 0,45                   | 12,03      | 29,26  |
| <i>Plumarella delicatissima</i> | 0,28                   | 0,18                   | 10,82      | 40,08  |
| <i>Plumarella undulata</i>      | 0,3                    | 0,18                   | 9,01       | 49,09  |
| <i>Thouarella diadema</i>       | 0,17                   | 0,27                   | 7,36       | 56,45  |
| <i>Primnoella chilensis</i>     | 0,25                   | 0,18                   | 6,73       | 63,18  |
| <i>Digitogorgia kuekentheli</i> | 0,25                   | 0,18                   | 6,67       | 69,85  |
| <i>Mirostenella articulata</i>  | 0,17                   | 0,09                   | 5,41       | 75,26  |
| <i>Convexella magelhaenica</i>  | 0,15                   | 0,09                   | 4,66       | 79,92  |
| <i>Thouarella pulchra</i>       | 0,15                   | 0,09                   | 3,99       | 83,91  |
| <i>Dasystenella acanthina</i>   | 0,17                   | 0                      | 3,57       | 87,49  |
| <i>Thouarella andeep</i>        | 0,02                   | 0,18                   | 3,11       | 90,59  |
|                                 | Continental shelf (S1) | Upper slope (S2)       |            |        |
| Species                         | Av.Abund               | Av.Abund               | Contrib. % | Cum. % |
| <i>Thouarella antarctica</i>    | 0,7                    | 0,36                   | 37,18      | 37,18  |
| <i>Plumarella diadema</i>       | 0                      | 0,45                   | 12,92      | 50,1   |
| <i>Plumarella delicatissima</i> | 0,1                    | 0,18                   | 11,75      | 61,86  |
| <i>Thouarella diadema</i>       | 0                      | 0,27                   | 6,57       | 68,43  |

|                                 |                        |          |                  |        |
|---------------------------------|------------------------|----------|------------------|--------|
| <i>Convexella magelhaenica</i>  | 0,1                    | 0,09     | 6,49             | 74,92  |
| <i>Plumarella undulata</i>      | 0                      | 0,18     | 6,35             | 81,27  |
| <i>Mirostenella articulata</i>  | 0                      | 0,09     | 4,32             | 85,59  |
| <i>Primnoella chilensis</i>     | 0                      | 0,18     | 3,75             | 89,35  |
| <i>Thouarella andeep</i>        | 0                      | 0,18     | 3,75             | 93,1   |
|                                 | Middle slope (S3)      |          | Lower slope (S4) |        |
| Species                         | Av.Abund               | Av.Abund | Contrib. %       | Cum. % |
| <i>Thouarella antarctica</i>    | 0,74                   | 0,57     | 12,08            | 12,08  |
| <i>Plumarella undulata</i>      | 0,3                    | 0,5      | 9,74             | 21,82  |
| <i>Primnoella chilensis</i>     | 0,25                   | 0,5      | 7,83             | 29,65  |
| <i>Mirostenella articulata</i>  | 0,17                   | 0,43     | 7,51             | 37,16  |
| <i>Plumarella delicatissima</i> | 0,28                   | 0,14     | 7,51             | 44,66  |
| <i>Plumarella diadema</i>       | 0,34                   | 0,21     | 7,41             | 52,08  |
| <i>Digitogorgia kuekentheli</i> | 0,25                   | 0,36     | 7,03             | 59,11  |
| <i>Primnoella delicatissima</i> | 0,13                   | 0,29     | 4,57             | 63,68  |
| <i>Thouarella pulchra</i>       | 0,15                   | 0,21     | 4,3              | 67,98  |
| <i>Dasystenella acanthina</i>   | 0,17                   | 0,14     | 4,11             | 72,08  |
| <i>Fannyella spinosa</i>        | 0,04                   | 0,29     | 3,85             | 75,93  |
| <i>Thouarella diadema</i>       | 0,17                   | 0,07     | 3,84             | 79,77  |
| <i>Convexella magelhaenica</i>  | 0,15                   | 0,07     | 3,79             | 83,56  |
| <i>Thouarella hilgendorfi</i>   | 0,04                   | 0,29     | 3,78             | 87,34  |
| <i>Thouarella andeep</i>        | 0,02                   | 0,07     | 3,32             | 90,66  |
|                                 | Continental shelf (S1) |          | Lower slope (S4) |        |
| Species                         | Av.Abund               | Av.Abund | Contrib. %       | Cum. % |
| <i>Thouarella antarctica</i>    | 0,7                    | 0,57     | 24,3             | 24,3   |
| <i>Plumarella undulata</i>      | 0                      | 0,5      | 9,25             | 33,54  |
| <i>Mirostenella articulata</i>  | 0                      | 0,43     | 8,28             | 41,82  |
| <i>Primnoella chilensis</i>     | 0                      | 0,5      | 7,61             | 49,43  |
| <i>Digitogorgia kuekentheli</i> | 0                      | 0,36     | 5,94             | 55,37  |
| <i>Plumarella delicatissima</i> | 0,1                    | 0,14     | 5,49             | 60,86  |
| <i>Thouarella andeep</i>        | 0                      | 0,07     | 5,45             | 66,31  |
| <i>Convexella magelhaenica</i>  | 0,1                    | 0,07     | 4,75             | 71,06  |
| <i>Fannyella spinosa</i>        | 0                      | 0,29     | 4,19             | 75,25  |
| <i>Thouarella hilgendorfi</i>   | 0                      | 0,29     | 4,19             | 79,44  |
| <i>Primnoella delicatissima</i> | 0                      | 0,29     | 4,02             | 83,46  |
| <i>Plumarella diadema</i>       | 0                      | 0,21     | 3,71             | 87,17  |
| <i>Thouarella pulchra</i>       | 0                      | 0,21     | 2,89             | 90,07  |
|                                 | Upper slope (S2)       |          | Lower slope (S4) |        |
| Species                         | Av.Abund               | Av.Abund | Contrib. %       | Cum. % |
| <i>Thouarella antarctica</i>    | 0,36                   | 0,57     | 13               | 13     |

|                                 |      |      |      |       |
|---------------------------------|------|------|------|-------|
| <i>Plumarella undulata</i>      | 0,18 | 0,5  | 9,86 | 22,86 |
| <i>Plumarella diadema</i>       | 0,45 | 0,21 | 9,16 | 32,02 |
| <i>Mirostenella articulata</i>  | 0,09 | 0,43 | 8,45 | 40,47 |
| <i>Primnoella chilensis</i>     | 0,18 | 0,5  | 7,55 | 48,03 |
| <i>Plumarella delicatissima</i> | 0,18 | 0,14 | 7,15 | 55,18 |
| <i>Thouarella andeep</i>        | 0,18 | 0,07 | 6,39 | 61,57 |
| <i>Digitogorgia kuekentheli</i> | 0,18 | 0,36 | 6,35 | 67,92 |
| <i>Thouarella diadema</i>       | 0,27 | 0,07 | 4,84 | 72,76 |
| <i>Fannyella spinosa</i>        | 0    | 0,29 | 3,73 | 76,49 |
| <i>Thouarella hilgendorfi</i>   | 0    | 0,29 | 3,73 | 80,22 |
| <i>Convexella magelhaenica</i>  | 0,09 | 0,07 | 3,61 | 83,83 |
| <i>Primnoella delicatissima</i> | 0    | 0,29 | 3,6  | 87,43 |
| <i>Thouarella pulchra</i>       | 0,09 | 0,21 | 3,46 | 90,89 |

**ANEXO III**

Resultados del análisis SIMPER realizados para estudiar la contribución de los corales de la familia Stylasteridae a la disimilitud entre dominios fisiográficos y/o rangos batimétrico.

| SIMPER-ANALYSIS                 |                        |                        |          |       |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|----------|-------|
| Species                         | Middle slope (S3)      | Continental shelf (S1) | Contrib% | Cum.% |
|                                 | Av.Abund               | Av.Abund               |          |       |
| <i>Stylaster densicualis</i>    | 0,43                   | 0,1                    | 17,26    | 17,26 |
| <i>Errina labiata</i>           | 0,51                   | 0                      | 15,94    | 33,19 |
| <i>Crypthelia formosa</i>       | 0,36                   | 0,1                    | 12,38    | 45,57 |
| <i>Stellopora echinata</i>      | 0,3                    | 0,1                    | 10,64    | 56,21 |
| <i>Lephidoteca n.sp</i>         | 0,42                   | 0                      | 9,92     | 66,13 |
| <i>Conopora verrucosa</i>       | 0,3                    | 0                      | 7,22     | 73,35 |
| <i>Lephidoteca fascicularis</i> | 0,26                   | 0                      | 7,07     | 80,42 |
| <i>Adelopora n.sp</i>           | 0,3                    | 0                      | 5,1      | 85,52 |
| <i>Adelopora pseudothyron</i>   | 0,11                   | 0                      | 2,37     | 87,89 |
| <i>Lepidopora granulosa</i>     | 0,04                   | 0                      | 2,36     | 90,25 |
| Species                         | Middle slope (S3)      | Upper slope (S2)       | Contrib% | Cum.% |
|                                 | Av.Abund               | Av.Abund               |          |       |
| <i>Errina labiata</i>           | 0,51                   | 0,27                   | 12,39    | 12,39 |
| <i>Lepidopora granulosa</i>     | 0,04                   | 0,36                   | 11,36    | 23,75 |
| <i>Stylaster densicualis</i>    | 0,43                   | 0,18                   | 11,13    | 34,88 |
| <i>Conopora verrucosa</i>       | 0,3                    | 0,18                   | 9,66     | 44,54 |
| <i>Lephidoteca n.sp</i>         | 0,42                   | 0,18                   | 8,4      | 52,94 |
| <i>Crypthelia formosa</i>       | 0,36                   | 0,18                   | 8,04     | 60,97 |
| <i>Adelopora n.sp</i>           | 0,3                    | 0,18                   | 7,23     | 68,21 |
| <i>Lephidoteca fascicularis</i> | 0,26                   | 0                      | 5,33     | 73,54 |
| <i>Adelopora pseudothyron</i>   | 0,11                   | 0,27                   | 5,21     | 78,75 |
| <i>Stellopora echinata</i>      | 0,3                    | 0                      | 5,06     | 83,81 |
| <i>Errina cyclopora</i>         | 0,09                   | 0,27                   | 4,82     | 88,63 |
| <i>Sporadopora dichotoma</i>    | 0,08                   | 0,18                   | 3,59     | 92,22 |
| Species                         | Continental shelf (S1) | Upper slope (S2)       | Contrib% | Cum.% |
|                                 | Av.Abund               | Av.Abund               |          |       |
| <i>Lepidopora granulosa</i>     | 0                      | 0,36                   | 20,72    | 20,72 |
| <i>Conopora verrucosa</i>       | 0                      | 0,18                   | 12,03    | 32,74 |
| <i>Crypthelia formosa</i>       | 0,1                    | 0,18                   | 11,2     | 43,95 |
| <i>Stylaster densicualis</i>    | 0,1                    | 0,18                   | 11,03    | 54,98 |
| <i>Stellopora echinata</i>      | 0,1                    | 0                      | 7,39     | 62,37 |
| <i>Adelopora n.sp</i>           | 0                      | 0,18                   | 7,28     | 69,65 |
| <i>Adelopora pseudothyron</i>   | 0                      | 0,27                   | 6,11     | 75,76 |
| <i>Errina labiata</i>           | 0                      | 0,27                   | 6,11     | 81,87 |

|                                  |                        |          |                  |       |
|----------------------------------|------------------------|----------|------------------|-------|
| <i>Errina cyclopora</i>          | 0                      | 0,27     | 6,11             | 87,98 |
| <i>Sporadopora dichotoma</i>     | 0                      | 0,18     | 4,41             | 92,39 |
|                                  | Middle slope (S3)      |          | Lower slope (S4) |       |
| Species                          | Av.Abund               | Av.Abund | Contrib%         | Cum.% |
| <i>Stylaster densicualis</i>     | 0,43                   | 0,64     | 14,91            | 14,91 |
| <i>Lepidotecca n.sp</i>          | 0,42                   | 0,64     | 11,59            | 26,51 |
| <i>Errina labiata</i>            | 0,51                   | 0,21     | 11,57            | 38,08 |
| <i>Crypthelia formosa</i>        | 0,36                   | 0,64     | 11,5             | 49,58 |
| <i>Conopora verrucosa</i>        | 0,3                    | 0,5      | 9,9              | 59,49 |
| <i>Stellopora echinata</i>       | 0,3                    | 0,43     | 9,06             | 68,54 |
| <i>Lepidotecca fascicularis</i>  | 0,26                   | 0,21     | 6,81             | 75,35 |
| <i>Inferiolabiata n.sp</i>       | 0,11                   | 0,36     | 6,5              | 81,85 |
| <i>Adelopora n.sp</i>            | 0,3                    | 0        | 4,03             | 85,88 |
| <i>Adelopora pseudothyron</i>    | 0,11                   | 0,14     | 3,41             | 89,29 |
| <i>Cheiloporidium pulvinatum</i> | 0                      | 0,14     | 2,4              | 91,7  |
|                                  | Continental shelf (S1) |          | Lower slope (S4) |       |
| Species                          | Av.Abund               | Av.Abund | Contrib%         | Cum.% |
| <i>Stylaster densicualis</i>     | 0,1                    | 0,64     | 22,58            | 22,58 |
| <i>Crypthelia formosa</i>        | 0,1                    | 0,64     | 17,27            | 39,85 |
| <i>Lepidotecca n.sp</i>          | 0                      | 0,64     | 14,22            | 54,07 |
| <i>Stellopora echinata</i>       | 0,1                    | 0,43     | 13,19            | 67,26 |
| <i>Conopora verrucosa</i>        | 0                      | 0,5      | 10,65            | 77,92 |
| <i>Inferiolabiata n.sp</i>       | 0                      | 0,36     | 7,44             | 85,36 |
| <i>Errina labiata</i>            | 0                      | 0,21     | 4,17             | 89,53 |
| <i>Lepidotecca fascicularis</i>  | 0                      | 0,21     | 3,67             | 93,2  |
|                                  | Upper slope (S2)       |          | Lower slope (S4) |       |
| Species                          | Av.Abund               | Av.Abund | Contrib%         | Cum.% |
| <i>Stylaster densicualis</i>     | 0,18                   | 0,64     | 14,07            | 14,07 |
| <i>Conopora verrucosa</i>        | 0,18                   | 0,5      | 11,47            | 25,55 |
| <i>Crypthelia formosa</i>        | 0,18                   | 0,64     | 11,01            | 36,56 |
| <i>Lepidotecca n.sp</i>          | 0,18                   | 0,64     | 10,75            | 47,31 |
| <i>Lepidopora granulosa</i>      | 0,36                   | 0        | 10,47            | 57,78 |
| <i>Stellopora echinata</i>       | 0                      | 0,43     | 7,03             | 64,82 |
| <i>Inferiolabiata n.sp</i>       | 0,09                   | 0,36     | 6,61             | 71,43 |
| <i>Errina labiata</i>            | 0,27                   | 0,21     | 5,96             | 77,38 |
| <i>Adelopora pseudothyron</i>    | 0,27                   | 0,14     | 5,05             | 82,43 |
| <i>Errina cyclopora</i>          | 0,27                   | 0,07     | 4,54             | 86,97 |
| <i>Adelopora n.sp</i>            | 0,18                   | 0        | 3,99             | 90,96 |