

CARACTERIZACIÓN, CLASIFICACIÓN Y MAPEO DE AMBIENTES BENTÓNICOS MARINOS EN AGUAS URUGUAYAS

Pablo Limongi





Tesis de Maestría

PEDECIBA

Área Geociencias

Orientadora: Dra. Leticia Burone

Co-orientador: Dr. Alvar Carranza

Laboratorios de ejecución:

Facultad de Ciencias (IECA, Oceanografía, Grupo Cincytema)

CURE-Maldonado (Departamento de Ecología y Gestión

Ambiental)

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a mi familia, amigos y amigas por el aguante del día a día y el sentido que en gran parte le aportan a este proceso. También a aquellas personas que dedicaron parte de sus conocimientos y su tiempo para que este trabajo fuese posible, Alvar Carranza, Leticia Burone, Leonardo Ortega, Sebastián Horta, Cecilia Passadore, Paula Franco-Fraguas, Fabrizio Scarabino, Sofía Azcoytia, Martín Robaina, Kirsty McQuaid, Kerry Howel, Amelia Bridges, Ximena Duarte, Gonzalo Pérez, Ariana Masello, Yamandú Marín, Omar Defeo, Javier Alonso y Jarbas Bonetti. Por último, agradecer a la Comisión Académica de Posgrado (CAP) por el apoyo económico brindado.

Contenido

CAPÍTULO 1	16
1. Introducción General	16
1.1. ¿Por qué mapear los ambientes marinos?	16
1.1.1. Planificación Espacial Marina como marco estratégico para el mapeo de los ambientes marinos	18
1.1.2. Utilidad de los invertebrados bentónicos para el mapeo de ambientes bentónicos	19
1.2. Área de Estudio	21
1.3. Objetivos y estructura de la tesis	23
CAPÍTULO 2	26
2. Recopilación y sistematización de información ambiental para la Zona Económica Exclusiva uruguaya	26
Resumen	26
2.1. Introducción	28
2.2. Antecedentes	29
2.2.1. Plataforma continental	29
2.2.2. Talud continental	32
2.2.3. Elevación continental y Planicie abisal	33
2.3. Resultados y discusión	34
2.3.1. Batimetría	35
2.3.2. Geomorfología	36
2.3.3. Sedimentología	41
2.3.4. Propiedades Físico-Químicas	43
2.4. Conclusiones	46
CAPÍTULO 3	47
3. Recopilación y sistematización de información georreferenciada de invertebrados bentónicos marinos de la Zona Económica Exclusiva uruguaya	47
Resumen	47
3.1. Introducción	48

3.1.1.	La obtención de datos biológicos en ambientes marinos	48
3.1.2.	Bases de datos primarios de biodiversidad	49
3.1.3.	Redes digitales de información sobre biodiversidad	50
3.1.3.1.	Centro Global de Información sobre la Biodiversidad (GBIF)	51
3.1.3.2.	Sistema de Información sobre la Biodiversidad Oceánica (OBIS)	51
3.1.4.	Literatura científica	51
3.1.5.	Exploraciones oceanográficas en el mar uruguayo	52
3.1.6.1.	Bases de datos de acceso abierto	54
3.1.6.2.	Datos primarios de biodiversidad en la literatura científica	54
3.2.	Metodología	55
3.2.1.	Criterios operativos	57
3.2.1.1.	Criterios de búsqueda en la literatura científica	57
3.2.1.2.	Uso de datos de GBIF-OBIS	57
3.3.	Resultados	58
3.3.1.	Resultados generales	58
3.3.2.	Depuración de la base de datos	60
3.3.3.	Grupos biológicos	61
3.3.4.	Especies indicadoras de Ecosistemas Marinos Vulnerables	62
3.4.	Discusión	64
3.4.1.	Sesgos y desafíos	64
3.4.1.1.	Redes digitales de información sobre biodiversidad	65
3.4.1.2.	“Efecto Atlantis II”	65
3.4.1.3.	Técnicas de muestreo utilizadas en el área	67
3.5.	Conclusiones	67
CAPÍTULO 4		69
4.	Mapeo preliminar del sistema marino bentónico de la Zona Económica Exclusiva uruguayo	69
Resumen		69
4.1.	Introducción	71
4.1.1.	Biorregionalización	71

4.1.2.	Insumos para el mapeo de ambientes bentónicos marinos	71
4.1.3.	Variables estructuradoras	72
4.1.4.	Enfoques	74
4.1.4.1.	Aproximación “Descendente”	75
4.1.4.2.	Aproximación “Ascendente”	75
4.1.4.3.	Antecedentes internacionales	76
4.1.4.4.	Antecedentes nacionales	78
4.2.	Metodología	82
4.2.1.	Fuentes de información utilizadas	82
4.2.2.	Delimitación del área de estudio	82
4.2.3.	Selección de las variables ambientales	83
4.2.4.	Análisis estadísticos	84
4.2.5.	Análisis de las Regiones Bentónicas	86
4.2.6.	Análisis del Sistema de Información Geográfica	87
4.2.7.	Variables ambientales y biológicas	87
4.3.	Resultados y Discusión	88
4.3.1.	Resultados Generales	88
4.3.2.	RB1: Circalitoral estuarino	92
4.3.3.	RB2: Circalitoral oceánico	93
4.3.4.	RB3: Sublitoral somero estuarino	94
4.3.5.	RB4: Sublitoral somero oceánico	95
4.3.6.	RB5: Sublitoral profundo	97
4.3.7.	RB6: Batial superior interior	102
4.3.7.	RB7: Batial superior exterior	105
4.3.8.	RB8: Batial inferior interior	107
4.3.9.	RB 9: Batial inferior exterior y Planicie abisal	109
CAPÍTULO 5		115
5.	Conclusiones generales y perspectivas de trabajo	115
5.1.	Conclusiones generales	115
5.2.	Perspectivas	116

5.2.1.	Perspectivas a corto plazo	116
5.2.2.	Desarrollo y disponibilidad de los datos ambientales	117
5.2.3.	Desarrollo, manejo y apropiación de la base de datos biológica	118
5.2.4.	Criterios para el uso del modelo	120
5.3.	Bibliografía	121
ANEXO I	148
ANEXO II	149

Figuras

Figura 1 . Se observan las 3 grandes áreas mencionadas en la literatura científica para el área de estudio. Las mismas son la plataforma continental, el talud continental, y el océano profundo o abisal.	34
Figura 2 . Clasificación de categorías batimétricas de la ZEE uruguaya obtenidas a partir de la base de datos globales GEBCO.	35
Figura 3 . Principales procesos geomorfológicos presentes en la plataforma continental obtenidos a partir de Harris et al. 2014. El cinturón de lodo de mayor tamaño corresponde al Paleocanal del RdIP. (ZEE) Zona Económica Exclusiva.	37
Figura 4 . Geoformas en quiebre de plataforma y talud continental. Se destaca la presencia de montículos con corales, pockmarks, cañones y montes submarinos. MA (Montículos), MScE (Montículos con Scleractinia), MSsE (Montículos sin Scleractinia), PM (Pockmarks).38	
Figura 5 . Para el área del talud inferior y planicie abisal, basados en Harris et al. (2014), se destaca la presencia de geoformas tales como terrazas (principalmente en talud continental inferior) y la elevación continental que se encuentra en la planicie avisa o fondo abisal.	39
Figura 6 . Mapa de sedimentos de plataforma continental y parte del talud continental, obtenido a partir de FREPLATA.	42
Figura 7 . Distribución de sedimentos predominantes en zona de quiebre de plataforma, se destaca la presencia de sedimentos finos en la zona de cabecera de cañones.	43
Figura 8 .Distribución de la salinidad promedio en el área de estudio según Defeo et al. (2009).....	43
Figura 9 . Categorías de masas de agua de fondo para el área de estudio, basadas en McQuaid et al. (2023).	44
Figura 10 . Mapa de velocidad de las corrientes marinas asociadas al fondo. Se observan zonas de mayor velocidad de corriente hacia la zona de quiebre de plataforma.	45
Figura 11 . Representación porcentual de los datos biológicos de la base de datos, y de las fuentes de información.	59

Figura 12 . Distribución geográfica de la información biológica obtenida de las distintas fuentes de información. Los distintos puntos que se observan en el mapa pueden contener más de un registro biológico por punto.	60
Figura 13 . Representación porcentual del total de registros biológicos agrupados por phylum.	61
Figura 14 . Resultados preliminares del patrón inusual de esfuerzo de muestreo, denominado por los autores como "Efecto Atlantis II". A) Representación gráfica no supervisada de la cantidad de información disponible de la base de datos filtrada; B) base de datos curada después de comprobar la redundancia en la información de localización espacial; C) el "efecto Atlantis II" en acción. Los valores más altos del mapa de interpolación espacial pueden representar hasta 90 registros espurios de "taxones"	66
Figura 15 . Diagrama de flujo del proceso realizado para la delimitación de regiones bentónicas.	86
Figura 16 . A) Cluster original (Group Average Link) utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis, de categorías de variables ambientales según la estructura comunitaria multivariante basada en Datos Primarios de Biodiversidad (DPB); (B) La rutina SIMPROF destaca que no queda estructura para algunos pares de las categorías originales (sin diferencias significativas en la estructura de la comunidad). Las nuevas categorías se construyen fusionando dos o más categorías originales (C) Mapas de la distribución de las categorías originales de profundidad y (D) re categorizadas según sus efectos en la estructura de la comunidad. Este procedimiento se aplicó también para las categorías Salinidad y Masas de agua.	89
Figura 18 . Clasificación final de las 9 Regiones Bentónicas (RB) obtenidas.	92
Figura 19 . Regiones Bentónicas 1 y 2, y los límites o zonas jurídicas que excluyen ambas regiones.	93
Figura 21 . Región Bentónica 4.	95
Figura 22 . Distribución de las litofacies en RB4, y principales procesos geomorfológicos.	96
Figura 23 . Especies mayormente representadas en la base de datos.	97
Figura 24 . Región Bentónica 5.	98

Figura 25 . Litofacies de RB5.	98
Figura 26 . Principales procesos morfosedimentarios de RB5.	99
Figura 27 . Velocidad de corriente en RB 5, zonas de mayor velocidad en la RB y la presencia de pockmarks y montículos con corales asociados, así como especies de corales copa.	100
Figura 28 . Distribución de los principales phyla presentes en RB5.	101
Figura 29 . Distribución de especies de origen antártico vs subtropical, y las masas de agua dominantes ACAS (Aguas Centrales del Atlántico Sur) y AT (Agua Tropical).	102
Figura 30 . Región Bentónica 6.	103
Figura 31 . Principales procesos morfosedimentarios y especies destacadas de la RB6. MA (Montículos), MScE (Montículos con Scleractinia), MSsE (Montículos con Scleractinia), PM (Pockmarks).	104
Figura 32 . Velocidad de corriente de fondo, con valores máximos en RB6, donde se encuentran geoformas como pockmarks, montículos, cabeceras de cañones y la especie de coral <i>D. pertusum</i>	104
Figura 33 . Región Bentónica 7.	105
Figura 34 . Principales geomorfologías de la RB 7, se observa la presencia de cañones submarinos y pockmarks.	106
Figura 35 . Principales phyla de RB7.	106
Figura 37 . Región Bentónica 8.	108
Figura 38 . Principales geoformas de BR 8.	108
Figura 39 . Principales especies indicadoras de EMV, así como especies de interés económico.	109
Figura 40 . Región bentónica 9.	110
Figura 41 . Principales procesos geomorfológicos de la RB9.	110
Figura 42 . Registro de especies, incluidas aquellas indicadoras de EMV.	111

Tablas

Tabla 1 . Síntesis de las capas geográficas disponibles para su integración en el Sistema de Información Geográfica (SIG). Se indica el nombre, su descripción, alcance y tamaño de celda, fuente y clasificación.....	40
Tabla 2 . Síntesis de las capas geográficas con información de sedimentos disponibles para su integración en el SIG. Se indica el nombre, su descripción, alcance, tamaño de celda, fuente, y escala de los datos.	44
Tabla 3 . Síntesis de las capas geográficas con información de variables ambientales disponibles para su integración en el SIG. Se indica el nombre, su descripción, unidades, tamaño de celda, manipulación, fuente, y clasificación.	45
Tabla 4 . Representación de los datos biológicos según phylum y clase. Se clasificó la información biológica obtenida en función del número de registros que presentan las distintos phylum y clases, en números totales y porcentuales.	63
Tabla 5 . Consenso de análisis univariados obtenidos para las variables ambientales.	90
Tabla 6 . Subsistemas propuestos por Burone et al. (2021), para la ZEE-U y Regiones bentónicas obtenidas en el presente trabajo.	113
Tabla 7 . Especies indicadores de EMV presentes en la RB5, y los hábitats asociados, según criterio para las EMV.	149
Tabla 8 . Representación porcentual de los pyhlum registrados en las RB1, RB2, RB3, RB4, RB5, RB8 y RB9.	150

Glosario

(AAF) Agua Antártica de Fondo

(AGNU) Asamblea General de las Naciones Unidas

(AIA) Agua Intermedia Antártica

(AIAr) Agua Intermedia Antártica reciclada

(AMP) Áreas Marinas Protegidas

(ASO) Atlántico Sudoccidental

(ASTP) Agua Subtropical de Plataforma

(ACPI) Agua Circumpolar Profunda Inferior

(ACPS) Agua Circumpolar Profunda Superior

(APAN) Agua Profunda del Atlántico Norte

(ACAS) Agua Central del Atlántico Sur

(AT) Agua Tropical

(CAS) Corriente del Atlántico Sur

(CB) Corriente de Brasil

(CCA) Corriente Circumpolar Antártica

(CMECS) Norma de Clasificación Ecológica Costera y Marina

(CONVEMAR) Convención de Naciones Unidas Derecho del Mar

(DINABISE) Dirección Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémico

(DINAMA) Dirección Nacional de Medio Ambiente

(DINARA) Dirección Nacional de Recursos Acuáticos

(DPB) Datos Primarios de Biodiversidad

(EMV) Ecosistemas Marinos Vulnerables

(ERE) Elementos de Relevancia Ecológica

(EUNIS) Sistema de información sobre la naturaleza de la Unión Europea

(FAO) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

(FSTP) Frente Subtropical de Plataforma

(MCU) Margen Continental Uruguayo

(PEM) Planificación Espacial Marina

(PIAP) Programa de Investigación de Aguas Profundas

(RB) Región Bentónica

(ROV) Vehículos Operados por Control Remoto

(RdIP) Río de la Plata

(SDC) Sistema Deposicional Contornítico

(SGM) Secretaría General de España

(SOHMA) Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada

(UDELAR) Universidad de la República Oriental del Uruguay

(ZEE) Zona Económica Exclusiva

(ZEE-U) Zona Económica Exclusiva uruguaya

RESUMEN GENERAL

El interés reciente en el *offshore* uruguayo, con iniciativas como la exploración y explotación de hidrocarburos, el cableado submarino, la explotación de hidrógeno verde y la pesca industrial, entre otros, ha aumentado la necesidad de promover una adecuada planificación espacial marina orientada a diseñar estrategias de gestión. El uso de mapas de clasificación de hábitats bentónicos que caracterizan y representan la distribución y la extensión de los hábitats de fondo, constituyen valiosas herramientas a la hora de mejorar la comprensión de los patrones y procesos del ecosistema. Y así promover decisiones de gestión científicamente sólidas. En el presente trabajo se recopiló una amplia base de datos espacialmente explícita utilizando la valiosa, cuantiosa y aunque dispersa, información ambiental y biológica que se encuentra disponible para la Zona Económica Exclusiva uruguaya (ZEE-U). Cuyas características permiten incorporar dicha información a un Sistema de Información Geográfico (SIG). Se incluyó aquella información ambiental relevante para la distribución de los organismos bentónicos, incluyendo batimetría, tipo de sedimento y masas de agua. Así como la información biológica disponible en redes digitales de información sobre biodiversidad, literatura científica, tesis, monografías y colecciones científicas. Dicha información permitió construir una matriz con 4942 registros de presencia de especies de invertebrados bentónicos pertenecientes a 11 phyla. Las variables ambientales fueron luego categorizadas en función de su efecto estructurador sobre la comunidad bentónica, utilizando el software PRIMER v7. Posteriormente, se realizaron análisis de agrupación jerárquica aglomerativa, evaluándose cuáles de estos grupos resultaron estadísticamente significativos, mediante el uso de un perfil de similitud (SIMPROF). Se encontraron 11 combinaciones únicas a partir de las nuevas categorías obtenidas, representándose en el espacio de manera tal que cada registro biológico se asoció a alguna de estas nuevas categorías o potenciales regiones bentónicas. Posteriormente, se evaluó la significancia estadística de esta categorización a partir de un análisis no paramétrico de similaridad (ANOSIM). Finalmente, se presentó un sistema de clasificación con 9 regiones marinas bentónicas discretas para la ZEE-U, con características estructurales heterogéneas. El carácter interdisciplinario de este estudio permite dar un

salto cualitativo en el conocimiento del acople de los diferentes procesos oceanográficos con la fauna de fondo y proporcionando un modelo inicial para avanzar en el mapeo de los distintos ambientes bentónicos en la ZEE-U.

CAPÍTULO 1

1. Introducción General

1.1. ¿Por qué mapear los ambientes marinos?

Las grandes distancias y profundidades que presentan los océanos, así como al desafío tecnológico que representa su estudio, tanto para variables ambientales como de registros biológicos, implican que el mar continúe siendo de los lugares más desconocidos del planeta, siendo el océano profundo el mayor reservorio de biodiversidad marina inexplorada. Algunos taxónomos estiman el número de especies marinas (exclusivamente eucariotas) entre 178,000 y 10 millones (Sala & Knowlton, 2006), aunque otras aproximaciones más recientes con datos obtenidos en redes globales de biodiversidad (Mora et al., 2011), estiman unas 8.7 millones (M) de especies eucariotas ($\pm 1.3M$ SE) de las cuáles aproximadamente 2.2 millones ($\pm 0.18M$ SE) son marinas, mientras que trabajos basados en análisis moleculares estiman que existen entre 0.7 y 1.0M de especies marinas, de las cuáles únicamente 226,000 están descritas (Appeltans et al., 2012). Más recientemente en estudios realizados en base a 50 estimaciones globales, Lin et al. (2022) estiman 10.03M de especies marinas, entre 0.69 - 20.45 millones. Las especies marinas conocidas se encuentran representadas en 14 phyla exclusivamente marinos (Benton, 2001; Sala & Knowlton, 2006).

En la era actual del Holoceno, aunque cada vez toma más fuerza el concepto de Antropoceno debido a la acción del hombre (Crutzen, 2006), los sistemas marinos están siendo fuertemente impactados por las actividades humanas (Allison & Bassett, 2015). Desde las últimas décadas el interés en los recursos de aguas profundas ha generado un número creciente de actividades *offshore* como la pesca industrial, minería, exploración y extracción de petróleo y gas, explotación de hidrógeno verde y actividades militares, entre otras (Crivellari & Cozzani, 2020; Duarte et al., 2020; Grant et al., 2021). Estas actividades provocan una amplia gama de presiones sobre los ecosistemas marinos, desde extracción

de individuos, destrucción del hábitat, sedimentación, contaminación (Danovaro et al., 2017; Ramirez-Llodra et al., 2011; Sotomayor et al., 2020). Las consecuencias generadas por estos impactos pueden incluir extinciones globales de especies, dinámica alterada de la red trófica, pérdida de conectividad, disminución de la estabilidad del ecosistema y alteración de los ciclos biogeoquímicos (Thrush & Dayton, 2002; McCauley et al., 2015; Tomašových & Kidwell, 2017). A partir del creciente interés por el *offshore* y las consecuencias derivadas de su explotación, surge la necesidad de promover una gestión integrada de los ecosistemas asociados a los sistemas marinos.

La delimitación de hábitats marinos a partir del mapeo, es considerado como una medida eficaz para sintetizar la distribución espacial de los hábitats y el estado de salud de los mismos (Ehler & Douvère, 2009). El conocimiento sobre la delimitación de los hábitats marinos resulta fundamental a la hora de comprender y limitar las presiones antrópicas sobre el medio ambiente marino, ya que permite por ejemplo ponderar o priorizar áreas para la conservación, así como promover zonas potencialmente explotables (Marshall, 2012). En este sentido, existen actualmente numeroso trabajos científicos internacionales (Brown & Collier, 2008; Brown et al., 2011; Galparsoro et al., 2012; 2014; Amani et al., 2022; De Esteban et al., 2023) y regionales (Seoane et al., 2012; Wöflfl et al., 2014; Conti et al., 2020; da Costa Gastão et al., 2020), que mapean los ecosistemas marinos, con distintos abordajes metodológicos.

Si bien es posible realizar mapas de distribución de hábitats a partir de distintos enfoques metodológicos, es necesario contar con suficiente información de tipo ambiental y/o biológica (LaFrance et al., 2014). Para la obtención de datos ambientales se requieren embarcaciones equipadas con equipos de alta complejidad, como sonares de alta tecnología (eg. ecosondas multihaz), resolución para cartografía, vehículos operados por control remoto (ROV), instrumentos hidroacústicos, entre otras tantas, además de laboratorios equipados y personal técnicamente capacitado (Bouchet & Duarte, 2006; Duarte, 2014). Para acceder a datos primarios de biodiversidad (DPB) en áreas de difícil

acceso, además de los equipos necesarios para su extracción, observación y/o estimación, es fundamental prestar particular atención a la calidad de la determinación de especies (u otros Taxa), así como una adecuada definición de los ensamblajes biológicos (Duarte, 2006). A pesar de lo complejo que resulta obtener datos en zonas remotas, tanto la información ambiental como biológica son insumos necesarios para lograr una correcta cartografía de los ecosistemas marinos (Guralnick & Van Cleve, 2005).

1.1.1. Planificación Espacial Marina como marco estratégico para el mapeo de los ambientes marinos

La Planificación Espacial Marina (PEM), es una herramienta estratégica en la gestión de los océanos en un contexto de Manejo Ecosistémico (Ehler & Douvère, 2009). La misma busca integrar todos los usos del ambiente marino en base a un desarrollo sustentable. De esta forma, brinda un asesoramiento consistente de las potencialidades de las áreas marinas, en zonas donde se pretende lograr el desarrollo humano sostenible a largo plazo, reduciendo o evitando la degradación ambiental a gran escala, permitiendo regular desde un enfoque ecosistémico las actividades humanas allí desarrolladas (Douvère & Ehler, 2009).

La PEM se basa en la delimitación de espacios marinos, lo que permite identificar, delimitar y conservar áreas de interés así como restringir y/o regular eventuales usos de dichos espacios (Ehler & Douvère, 2009). En este contexto, la caracterización, clasificación y mapeo de unidades espaciales ecológicamente relevantes para el manejo son un insumo necesario y sumamente relevante para una adecuada gestión del espacio marino. En este sentido, el mapeo de los ambientes bentónicos es una herramienta útil para avanzar a una adecuada PEM, debido a que contribuye a evitar o disminuir los impactos antrópicos negativos sobre las comunidades marinas (Buhl-Mortensen et al., 2017), proporcionando un lenguaje común que se puede utilizar para describir y mapear la variación tanto de variables ambientales como biológicas (Howell, 2010; Howell et al., 2010).

1.1.2. Utilidad de los invertebrados bentónicos para el mapeo de ambientes bentónicos

Los invertebrados marinos bentónicos constituyen más del 95% de toda la fauna marina, e incluyen virtualmente todos los phyla de Metazoarios (Briggs, 1994; Gray et al., 1997). Estos organismos marinos viven asociados al fondo marino, ya sea enterrados, sobre él o en sus inmediaciones (Gray & Elliott, 2009). Durante la etapa larvaria son generalmente pelágicos (aunque no en todos los casos) (Thorson, 1966; Jablonski & Lutz, 1983), mientras que en su etapa adulta son sésiles o bentónicos (con rango de movilidad acotados, al menos en estadíos adultos) (Brey, 2001). Estos organismos habitan fondos “blandos”, como arenas, limos, arcillas y gravas en distintas proporciones (Thayer, 1975), así como sustratos duros y/o biogénicos (Sanz-Lázaro & Marín, 2011). Según cómo se relacionan con el sustrato, los invertebrados bentónicos pueden dividirse en distintas categorías. Los infaunales son aquellos organismos que viven parcial o totalmente enterrados en el sedimento, cuyas principales estrategias son enterrarse o vivir dentro de tubos (tubícolas) (Kingston, 2009). Por otra parte los epifaunales viven sobre el fondo, ya sea de manera sésil o ambulatoria (Macdonald et al., 2012). Por último, aquellos organismos bentónicos que se establecen sobre otros organismos vivos se denominan epibiontes (Rossi, 2001). En función del tamaño, la fauna de invertebrados bentónicos se puede clasificar en 4 categorías, desde la microfauna (i.e. < 0,062 mm), meiofauna (i.e. entre 0,5-0,062 mm), macrofauna (i.e. tamaño > 0,5 mm) hasta la megafauna (i.e. tamaño adulto > 5cm) (Montefalcone et al., 2021).

Otras características relevantes de los invertebrados bentónicos marino incluyen la sensibilidad a las variaciones ambientales (Gray, 2002) así como una forma de vida mayoritariamente sésil (principalmente en estadíos adultos) (Butler & Chesson, 1990). Estas características generan una estrecha relación del bentos con el ambiente físico-químico (Dale & Beyeler, 2001; Desrosiers et al., 2013), motivo por el cual este grupo biológico se encuentra fuertemente influenciado por las condiciones ambientales a distintas escalas (Kaiser et al., 2001; Bremner et al., 2006; Guinan et al., 2009). Esta

condición repercute en la distribución de especies y la composición y estructura de las comunidades, observándose incluso a escala regional variaciones en cuanto a las asociaciones de especies a lo largo de gradientes geográficos, latitudinales y longitudinales (Heip, 1992; Gray, 2002; Hillebrand, 2004; Witman et al., 2004). Con respecto a la relación con el entorno, existe una estrecha relación entre la distribución de las comunidades bentónicas de aguas profundas y la profundidad (Carney, 2005; Rex et al., 2006; Rex & Etter, 2010; Brown & Thatje, 2014), temperatura (Hiscock et al., 2004; Okolodkov, 2010), salinidad (Rosenberg et al., 1992; Carranza et al., 2008; Van Diggelen & Montagna, 2016), tipos de masas de agua (Schnitker, 1980; Pires, 1992), tipo de sustrato de fondo (Gray & Elliott, 2009) y velocidad de corriente (Olabarria, 2006), entre otras. Estas variables representan en mayor o menor medida las principales fuerzas estructuradoras con relación a la abundancia, biomasa, distribución de especies y las distintas asociaciones entre especies de las comunidades bentónicas marinas (Kirkwood & Burton, 1988; Künitzer et al., 1992; Thrush et al., 2006; Brown & Collier, 2008; Teso et al., 2019).

En relación al vínculo de los organismos bentónicos marinos de aguas profundas con los recursos disponibles, existen distintas categorías para su clasificación (Meynard & Quinn, 2007; Rex, 1981), de todas maneras en el presente trabajo se seguirá un criterio de clasificación trófica sugerida por Macdonald et al. (2012). En este sentido, es posible identificar 2 grandes grupos según sus características tróficas, aquellos de hábitos facultativos o de “nicho trófico amplio” y los de “nicho trófico estricto”. Dentro del primer grupo están aquellos con características de tipo más generalistas, con estrategias alimenticias del tipo facultativos detritívoros y facultativos carnívoros. En el segundo grupo se encuentran aquellos, con estrategias alimenticias más selectivas como los suspensívoros, depositívoros de superficie, depositívoros de sub-superficie, herbívoros, planctívoros carnívoros y macro-omnívoros. Por último, factores inter e intraespecíficos como competencia y depredación son determinantes en la distribución de especies bentónicas (Rex, 1981; Lewin, 1986; Sutherland & Ortega, 1986; Rodríguez et al., 1993; Gray et al., 1997).

Dentro de los invertebrados bentónicos, aquellas especies integrantes de la macro y megafauna bentónica resultan particularmente útiles para el estudio de patrones biogeográficos, ya que su taxonomía se encuentra mejor definida que los demás grupos de invertebrados bentónicos (Dumitrache et al., 2008; Ferreira et al., 2011; Sousa et al., 2020), hecho probablemente asociado a su relativa facilidad de colecta y buena representación en colecciones científicas (Tagliapietra & Sigovini, 2010, 2010b). Por tal motivo, la fauna bentónica marina posee características que la vuelven una herramienta muy útil para evaluar la condición de los ambientes marinos (Borja et al., 2008). Debido a su escasa movilidad, estos organismos reflejan la historia reciente y no tan reciente de los ambientes que habitan (Washburn et al., 2016). El componente epifaunal del bentos incluye organismos de elevada biomasa y muchas veces particularmente relevantes para varios procesos ecosistémicos (Ardrón et al., 2014), ya que proporcionan estructuras tridimensionales de hábitat y potencialmente otros componentes funcionales y estructurales de la comunidad (Carvalho et al., 2017). Adicionalmente, debido a su importancia estratégica como bioindicadores y como bioacumuladores, el macrobentos es un componente fundamental a ser considerado como indicador de ambientes esenciales o vulnerables (Auster et al., 2011; Ardrón et al., 2014). Por tales motivos, son usualmente utilizados para el monitoreo de condiciones ambientales.

1.2. Área de Estudio

En Uruguay el área marina se encuentra inmersa en la ecoregión “Plataforma Uruguay-Buenos Aires” (Spalding et al., 2007) y desde una perspectiva biogeográfica, en la zona transicional perteneciente a la Provincia Biogeográfica Argentina (Hubold, 1980a, 1980b) y a mayor escala dentro de la región conocida como *Patagonian Shelf Large Marine Ecosystem* (Sherman & Alexander, 1986; Miloslavich et al., 2011). El mar territorial uruguayo se extiende 12 millas náuticas (22,2 km) contadas a partir de la línea de base normal desde la que se mide su anchura (esta es la línea de bajamar a lo largo de la costa), mientras que la ZEE-U, se extiende 200 millas náuticas (Bremner et al., 2006) y ocupa un

área de 142.166 km² (United Nations, 2016). Adicionalmente, en el año 2016 se aceptó por parte de la Convención de Naciones Unidas Derecho del Mar (CONVEMAR) una extensión marítima de 80.500 km² más. Esta región contiene una gran variedad de recursos naturales, ambientes de diversidad biológica, así como de usos y servicios. En este sentido, la exploración de hidrocarburos, la pesca industrial, el cableado submarino y el transporte marítimo, entre otros, se desarrollan actualmente en distintas partes de la ZEE-U (Barreiro et al., 2014; Burone et al., 2021; Marín et al., 2021).

La región marina uruguaya constituye una zona muy singular, presentando una importante heterogeneidad oceanográfica asociada a la interacción entre el Río de la Plata y masas de agua Subtropicales y Subantárticas (Guerrero et al., 2010; 2014; Borús et al., 2017). En relación a las características geomorfológicas, sedimentológicas e hidrográficas se diferencian 4 grandes zonas, el estuario del Río de la Plata (RdIP), la plataforma continental, el talud continental y el océano profundo (Franco-Fraguas et al., 2016).

La plataforma continental (< a 200 m) forma parte de la plataforma más extensa del hemisferio sur, la cual se extiende desde el sur de Brasil hasta la plataforma Uruguay-Buenos Aires en el mar argentino (Matano et al., 2010), y presenta características relativamente homogéneas. El talud continental inicia en el quiebre de plataforma desde los 200m de profundidad, y presenta características de mayor heterogeneidad con respecto a la plataforma. Presenta un cambio abrupto en su pendiente, y es donde ocurren los principales procesos erosivos y geomorfológicos (Hernández-Molina et al., 2009; 2016; Burone et al., 2018; 2021). Mientras tanto, el océano profundo o fondo abisal se presenta como una extensa llanura en la cual se destaca la presencia de grandes montículos de sedimento (Harris et al., 2014) y se encuentra fuertemente influenciado por densas masas de agua (Schmiedl et al., 1997; Puerta et al., 2020).

Por lo tanto, debido a su ubicación geográfica, la ZEE-U presenta gran relevancia desde el punto de vista oceanográfico y biogeográfico, siendo un área de estudio con potencialidad

inestimable para dilucidar procesos de acoplamiento entre los sistemas biológicos (bentónicos en este caso) y oceanográficos (Burone et al., 2021). No obstante, hasta el momento la clasificación de los sistemas bentónicos marinos no ha sido desarrollada a nivel nacional, lo cual podría deberse a los vacíos de información o bien a déficit en la clasificación, procesamiento e integración de la información existente. Por lo tanto, conocer la heterogeneidad de ambientes y la diversidad de procesos oceanográficos actuales, permitirá subsanar en parte los vacíos de información existentes para esta parte del Atlántico Sudoccidental (ASO). En este sentido, el presente estudio realizará un mapeo preliminar de los ecosistemas presentes, facilitando de esta manera la interpretación del espacio marino por parte de investigadores, tomadores de decisiones y público en general.

1.3. Objetivos y estructura de la tesis

Esta propuesta tiene como objetivo general integrar datos geomorfológicos, sedimentológicos e hidrodinámicos con información biológica para desarrollar una metodología que permita caracterizar, clasificar y mapear los distintos ambientes bentónicos de la ZEE-U. Para tal fin, se plantean como objetivos específicos:

- a) Recopilar y sistematizar información sobre geomorfología, sedimentológica y de propiedades físico-químicas de la ZEE-U.
- b) Recopilar, sistematizar y caracterizar información biológica relevante.
- c) Integrar información física y biológica mediante el uso de un sistema de información geográfica.
- d) Seleccionar áreas del ZEE-U donde es posible inferir o documentar la existencia de ambientes bentónicos discretos.
- e) Realizar una representación gráfica de diferentes ambientes bentónicos y los procesos de acoplamiento oceanográfico-biológicos que presenta la ZEE-U.
- f) Contribuir con la PEM hacia la definición de unidades espaciales de manejo definidas en forma interdisciplinaria.

Para avanzar con el objetivo propuesto, esta tesis se encuentra estructurada en 5 capítulos parcialmente autocontenidos. En este primer capítulo se realiza una introducción general de la temática, abarcada en el marco teórico general, donde se enfatiza la importancia de avanzar en la construcción de mapas de fondo marino en el contexto de la PEM. Se abarcan conceptos teóricos indispensables para comprender y enmarcar los criterios necesarios para generar mapas bentónicos marinos.

Se describen las principales características ecológicas del sistema bentónico y su relación con las principales variables ambientales, así como su utilidad como bioindicadores. Por último, se describe, el área de estudio en cuanto a su extensión, así como las principales componentes ambientales (sedimentos, geomorfología, propiedades físico-químicas) que la caracterizan. El capítulo 2 presenta la recopilación y sistematización de la información ambiental disponible de tipo físico-química, sedimentológica y geomorfológica, de distintas bases de datos, tanto de bases de datos globales (eg. GEBCO, Bio-oracle; Harris et al., 2014), así como de datos tomados *in situ* en el área de estudio (Franco-Fraguas et al., 2016; López-Orrego et al., 2011).

Esto permite integrar en un Sistema de Información Geográfico (SIG) una primera caracterización general de la zona de estudio. En el capítulo 3 se detalla el proceso mediante el cual se accedió a los Datos Primarios de Biodiversidad (DPB). Para ello se realizó una detallada búsqueda bibliográfica, así como de datos disponibles en distintas redes digitales de información sobre biodiversidad. Se confeccionó en este capítulo una base de datos georreferenciada, a partir de la cual fue posible representar espacialmente dicha información.

El capítulo 4 presenta la caracterización, clasificación y mapeo de ambientes bentónicos integrando la cuantiosa información biológica, hidrológica, sedimentológica y geomorfológica obtenida en los capítulos 2 y 3. Los resultados aquí generados incluyen

una caracterización de hábitats bentónicos, narrativa y descripciones ilustrativas de ambientes seleccionados, un sistema de clasificación de los hábitats basados en un conjunto de términos estandarizados. Así mismo, se incluye una representación espacial de unidades de hábitat descritas y clasificadas. Por último, en el capítulo 5 se presentan las conclusiones generales, y perspectivas, las cuáles fueron presentadas y discutidas en talleres interdisciplinarios con personal idóneo perteneciente a DINABISE (Dirección Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémico), SNAP (Sistema Nacional de Áreas Protegidas) y UDELAR (Universidad de la República).

CAPÍTULO 2

2. Recopilación y sistematización de información ambiental para la Zona Económica Exclusiva uruguaya

Resumen

En este capítulo se presentan los resultados de la recopilación y sistematización de la información geomorfológica, sedimentológica y de propiedades físico-químicas de la ZEE-U. Se enfatizó en literatura científica a partir de la cual es posible realizar una descripción del área de estudio, así como aquella información espacialmente explícita y disponible para su integración a un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se priorizaron aquellas variables de mayor interés para el objetivo general, y considerando diferentes escalas espaciales, la definición espacial y temporal y otros atributos clave de los conjuntos de datos. Se utilizaron metodologías con 2 enfoques de clasificación diferentes, “descendente” (datos globales o regionales, eg. Bio-ORACLE, GEBCO) y “ascendente” (datos obtenidos en diversas campañas oceanográficas en el ASO, eg. B/O Miguel Oliver y literatura científica). Se identificaron 3 grandes zonas con características geomorfológicas, sedimentarias y de propiedades físico-químicas heterogéneas: la plataforma continental, el talud continental y el fondo abisal. Adicionalmente, de los mapas globales se identificaron las principales estructuras geomorfológicas, las cuáles se encuentran relativamente bien representadas, observándose en plataforma continental la presencia de varias cuencas sedimentarias de pequeño tamaño, y la presencia de 2 “cinturones de lodo” (entre los que se encuentra el paleocanal del RdIP). En la zona del talud continental se destaca la presencia de cañones submarinos, terrazas, procesos contorníticos, montículos de sedimentos con corales de aguas profundas asociados y *pockmarks* (depresiones). La zona asociada a los cañones, puede albergar una alta diversidad de invertebrados bentónicos debido a la heterogeneidad de ambientes y hábitats estructuralmente complejos, importantes depósitos de materia orgánica, así como a la dinámica oceanográfica asociada a estos sistemas (posibles afloramientos de aguas profundas ricas en nutrientes). Al pie del talud los procesos geomorfológicos imperantes

son las terrazas y “*Rises*” o elevación continental. Con respecto a la cobertura sedimentaria la plataforma continental presenta un predominio de arenas y la presencia de un arco costero con sedimentos finos y muy finos. En el talud continental existe un predominio de arenas y arenas limosas, distribuidas a lo largo del mismo, principalmente en zonas cercanas al quiebre de plataforma. La zona abisal se encuentra dominada por depósitos de lodo, y de grandes montículos de sedimentos. La salinidad y temperatura están bien representadas por diversas bases de datos, así como la batimetría. Tanto la temperatura como la salinidad están implícitas en las masas de agua dominantes en la zona, donde se describe la presencia de masas de agua superficiales, intermedias, profundas y de fondo.

2.1. Introducción

La Zona Económica Exclusiva (ZEE) es el área marítima con límites jurídicos, la cual es adjudicada a cada país, presenta una extensión desde la costa de 200 mn (Bankes & Neves, 2020) y abarca (al igual que el Margen Continental) tres ambientes característicos, la plataforma continental, el talud continental y la elevación continental (Lowe, 1979). La plataforma continental representa la extensión de los continentes que se encuentra sumergida en el mar (Mouton, 2013). A escala global la plataforma presenta una leve pendiente del 1:1000 aproximadamente, escasa profundidad comparativa y su ancho varía en función de distintas características, presentando un ancho promedio de entre 70-80 km (Urien et al., 1974b; Grant & Madsen, 1986). La misma ocupa 9% del territorio oceánico, y es uno de los lugares más productivos del planeta. En esta región se genera el 25% de la producción primaria global, y la industria pesquera registra más del 90% de sus capturas (Pauly & Zeller, 2017). La plataforma continental se puede dividir en 3 áreas de acuerdo a la distancia a la costa: la plataforma interna (más cercana a la costa), media y plataforma externa (Umbgrove, 1946; 1947; Lantzsck et al., 2014).

Los límites entre estas áreas se deben a diferencias topográficas, hidrológicas y/o sedimentológicas, aunque no existen cambios abruptos en cuanto a composición de especies o tipo de hábitats (Mouton, 2013). La escasa profundidad de la plataforma facilita la ocurrencia de procesos de reciclaje de elementos biogeoquímicos, entre los que se destacan el Nitrógeno y Carbono. Este último es capturado desde la atmósfera en grandes cantidades y fijado por fotosíntesis y otros procesos, incorporándose a organismos tanto pelágicos como bentónicos (Farrelly et al., 2013). Estos procesos son unas de las forzantes estructurales relacionados con la abundancia de biomasa que presenta la plataforma continental (Ellingsen, 2001; Pires-Vanin et al., 2014). Los límites de plataforma ocurren generalmente entre los 100 y 200 m de profundidad, y están marcados por un quiebre abrupto en la pendiente, lo que se conoce como talud continental (Mouton, 2013). El talud continental representa la zona con mayor declive de los márgenes continentales, comenzando en el quiebre de plataforma hasta la parte

superior de la elevación continental entre los 1500 y 3000 m (Cacchione et al., 2002). Es consecuentemente en el talud continental donde ocurren procesos fundamentales (eg. turbidíticos y contorníticos) que difieren de aquellos que operan sobre la costa y la plataforma, siendo una zona de gran heterogeneidad con respecto a procesos sedimentarios, geomorfológicos, hidrológicos y biológicos (Hotchkiss & Wunsch, 1982; Cacchione et al., 2002; Franco-Fraguas et al., 2017). A partir de los 3000 m de profundidad y hasta los 6000 m se encuentra la elevación continental la cual se continúa con el fondo abisal, el cual ocupa más del 50% de la superficie del planeta, y representa un gran reservorio de biodiversidad (Mantyla & Reid, 1983 ; Vinogradova, 1997; Priede et al., 2006; Smith et al., 2008).

2.2. Antecedentes

El margen continental del Atlántico Sudoccidental (ASO) representa una de las áreas de mayor productividad primaria fitoplanctónica en el mundo (Gayoso & Podestá, 1996). Los procesos que ocurren en el ASO son relativamente bien conocidos a macro escala (Bunker, 1988; Piola & Gordon, 1989; Faugères et al., 1993; Matano et al., 2010; Ansorge et al., 2014; Archer et al., 2020; Franco et al., 2020; Aubone et al., 2021), lo que permite analizar la complejidad del sistema considerando tres grandes áreas definidas en base a la batimetría, plataforma continental, talud continental, y océano profundo o abisal (Cherkis et al., 1989; Jung & Vogt, 1992).

2.2.1. Plataforma continental

La plataforma continental del ASO es la más extensa del hemisferio sur, representa un típico margen pasivo (Hinz et al., 1999), y se extiende desde el centro-sur de Brasil (Cabo Frío, ~22°S), donde presenta su porción más estrecha alcanzando ~70 km desde la costa, pasando por la plataforma uruguaya hasta alcanzar su extremo sur en la plataforma Argentina (~51°S, ~860 km) (Matano et al., 2010). La plataforma continental uruguaya presenta una pendiente suave, con una longitud aproximada de 120 km (Urien & Ewing, 1974a), con una estructura relativamente homogénea, donde es posible observar ciertos

rasgos morfológicos como el paleocanal y bancos de arena en la plataforma interna (Urien & Ewing, 1974; Lantzch et al, 2014; Burone et al., 2018; 2021) (Figura 1). La plataforma interna y media consisten en una superficie relativamente rugosa, la cual responde a los cambios del nivel del mar sufridos durante el Cuaternario (Urien & Ewing, 1974; Lantzsch et al., 2014), mientras que la plataforma exterior, se caracteriza por presentar una forma de terraza y un relieve suave con un quiebre en su pendiente entre los 160 y 200 m dando origen al talud continental (Lantzsch et al., 2014).

El área se encuentra conformada por tres cuencas sedimentarias: Punta del Este, Pelotas y Oriental del Plata (Soto et al., 2011; Morales et al., 2017; Morales et al., 2021). Este sistema está dominado por relictos de arena depositados en condiciones litorales y estuarinas, durante distintos eventos de transgresión y regresión del período Plio-Pleistoceno (Urien & Ottmann, 1971; Franco-Fraguas et al., 2016; Mourelle et al., 2018). Por lo tanto, los distintos ambientes o zonas, principalmente de plataforma, evolucionaron a partir de un proceso dinámico de adaptación a oscilaciones históricas de mareas, corrientes y descarga fluvial, que determinaron la dispersión y el retrabajamiento de las partículas, así como también la construcción de estructuras sedimentarias que pueden ser reconocidas en la actualidad, como escarpas, terrazas y paleocanales (Franco-Fraguas et al., 2014). El efecto más relevante asociado a las transgresiones y regresiones marinas es la migración de la línea de costa (retrogradación y progradación costera, respectivamente) en respuesta a las variaciones en el volumen de agua de los océanos (Bezerra et al., 2003; Suguio, 2003). Los procesos sedimentarios que predominan son los procesos hemipelágicos, es decir sedimentos terrígenos y partículas biogénicas que llegan a esta zona y caen lentamente por la columna de agua. En Burone et al. (2021), se describe una distribución en facies de arcillas-limosas desde la desembocadura del RdIP hacia el noreste de la plataforma interna (sur de Brasil).

La composición sedimentaria de la plataforma se encuentra constituida por diversos ambientes sedimentarios definidos de acuerdo a su ubicación desde la costa hacia mar adentro (Abreu, 2010). En tal sentido, Burone et al. (2021) utiliza para la descripción de la

plataforma del Margen Continental Uruguayo (MCU) (utilizada en los modelos conceptuales propuestos en dicho trabajo), los siguientes tipos de ambientes: (I) "arenas costeras del Atlántico" (es decir, desde la línea de costa hasta el paleocanal del RdIP) que incluye reliquias de antiguas costas; (Ferreira et al. 2011) el "Paleocanal del RdIP" distribuido aproximadamente a 40 km de la costa y (III) "Arenas reliquia" (*offshore* del paleocanal del RdIP, es decir, desde plataforma interior y media hasta el quiebre del talud).

La complejidad de las propiedades físico-químicas marinas tanto actuales como geológicas de la plataforma, se preservan en la impronta del fondo marino a través de diversos procesos sedimentarios y geomorfológicos (Burone et al., 2021). Desde el punto de vista biogeográfico el MCU constituye una región muy singular, presentando una importante heterogeneidad oceanográfica asociada a la interacción entre el RdIP y masas de agua Subtropicales y Subantárticas (Ortega & Martínez, 2007). La pluma de descarga del RdIP aporta aproximadamente $25.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ de agua dulce rica en nutrientes (Martínez & Ortega, 2007), la cual afecta la circulación del océano adyacente promoviendo altos niveles de productividad marina (Framiñan & Brown, 1996; Guerrero et al., 1997).

La dinámica oceánica está condicionada por el régimen de la Confluencia Brasil-Malvinas (CBM) y a su vez por la circulación atmosférica local controlada por la combinación de los sistemas de alta presión del Pacífico y del Atlántico Sur (Piola & Falabella, 2009). Desde el punto de vista hidrológico se destaca la presencia de frentes como el Frente Estuarino, Frente Subtropical de Plataforma (FSTP), Frente de quiebre de Plataforma y la CBM (Burone et al., 2021). La CBM es el resultado del encuentro de corrientes con características termohalinas contrastantes, la Corriente de Brasil (CB) fluyendo hacia el sur y la Corriente de Malvinas (CM) fluyendo hacia el norte. La extensión de esta convergencia sobre la plataforma constituye el FSTP (Piola et al., 2000). Particularmente la plataforma continental se encuentra fuertemente influenciada por la presencia de la CM, y la CB, y por la confluencia de estas masas de agua (CMB) (Preu et al., 2013; Voigt et al., 2013; Teso et al., 2019).

2.2.2. Talud continental

A partir del quiebre de plataforma e inicio del talud superior se encuentran procesos geomorfológicos como cañones submarinos, *pockmarks*, elevaciones submarinas, arrecifes coralinos, sustratos biogénicos y consolidados (Hernández-Molina et al., 2009; 2016; Burone et al., 2018; 2021), así como la presencia de un gran sistema deposicional contornítico (CDS) (Burone et al., 2021). Por lo tanto, se da en esta región un cambio en la relativa homogeneidad que presenta la plataforma continental (Urien et al., 1974b ; Burone et al., 2021). Siguiendo a Burone et al. (2021), es posible dividir el talud continental en una zona superior o talud superior, entre los 200 a 1200 m de profundidad, el talud medio (1200 a 1800 m) y un talud profundo (1800 a 3000 m) (Figura 1).

Las geoformas más conspicuas son los cañones submarinos, los cuáles representan una de las características más erosivas de la Tierra y cumplen un rol relevante en el transporte de sedimentos hacia las profundidades marinas, en particular los mega cañones de deslizamiento los cuáles cubren amplias zonas del fondo marino (Masson et al., 2006). Los cañones submarinos se definen como “valles sinuosos de paredes empinadas con secciones transversales en forma de “V”, ejes inclinados hacia afuera de forma continua como cañones de tierra cortados por ríos y un relieve comparable incluso al más grande de los cañones terrestres” (Shepard, 1965; 1972).

Adicionalmente, se da la presencia de un sistema deposicional contornítico (SDC), de gran extensión el cual se desarrolla principalmente en la plataforma Buenos Aires desde el sur de Argentina, el cual se extiende hasta el margen continental brasilero (Franco-Fraguas et al., 2016). Este proceso consiste en el retrabajamiento y deposición de sedimentos por la acción de las corrientes de fondo. Ocurren también procesos turbidíticos que representan transportes gravitatorios hacia el talud (Hernández-Molina et al., 2011; Krastel et al., 2011; Preu et al., 2013; Franco-Fraguas et al., 2014).

La influencia de las masas de agua varía según la profundidad, varios autores reconocen la presencia de distintas masas de agua, Agua Intermedia Antártica (AIA) a una profundidad de entre 500 a 1000 m, Agua Profunda Circumpolar Superior (APCS) entre los 1000 a 2000 m y Agua Profunda del Atlántico Norte (APAN) entre los 2000 a 3000 m (Piola et al., 2001; Violante et al., 2010; Voigt et al., 2013). La presencia de estas masas de agua no solo provocan cambios de temperatura, sino que además promueve la redistribución de sedimentos y materia orgánica de la plataforma y talud (Barreiro et al., 2014; Franco-Fraguas et al., 2014; 2016).

2.2.3. Elevación continental y Planicie abisal

La planicie abisal representa una región sedimentaria de bajo relieve, la cual se continúa con el fondo abisal. Los procesos erosivos que ocurren en el talud contribuyen a la presencia de gigantescos montículos de sedimentos (Elevaciones continentales o "*Rises*") (Harris et al., 2014), con predominio de sedimentos finos (Burone et al., 2021) (Figura 1). Las masas de agua dominantes a esta profundidad son la masa de Agua Profunda Circumpolar Inferior (ACPI) de 3000 a 4000 m y la masa de Agua Antártica de Fondo (AAF) a profundidades mayores a los 4000 m (Petschick et al., 1996). Trabajos publicados por la Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (ANCAP) señalan la presencia de hidratos de metano para el fondo abisal (Tomasini et al., 2011), lo que podría indicar la presencia de *coldseeps*.

La descripción realizada anteriormente, representa un preámbulo necesario para avanzar en los objetivos planteados en el presente capítulo. En tal sentido, este capítulo tiene como objetivo, recopilar y sistematizar información geomorfológica, sedimentológica y de las propiedades físico-químicas de la ZEE-U. Se presenta, describe y discute aquella información espacialmente explícita y disponible para su integración a un SIG. Se priorizaron aquellas variables de mayor interés para el objetivo general, considerando diferentes escalas espaciales, la definición espacial y temporal y otros atributos clave de los conjuntos de datos.

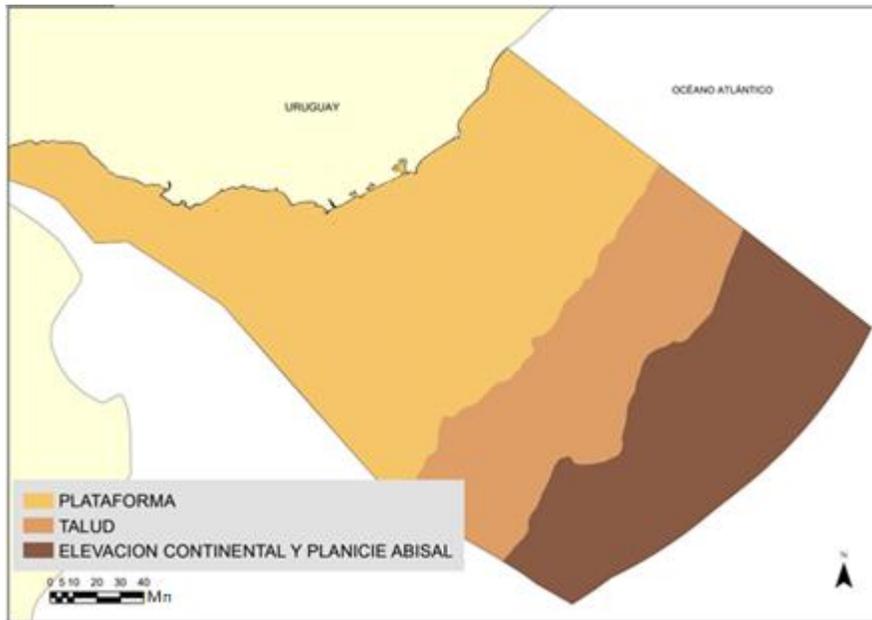


Figura 1. Se observan las 3 grandes áreas mencionadas en la literatura científica para el área de estudio. Las mismas son la plataforma continental, el talud continental, y el océano profundo o abisal.

2.3. Resultados y discusión

Se enfatizó la búsqueda de información en la literatura científica a partir de la cual es posible realizar una descripción del área de estudio, así como aquella información disponible en bases de datos globales espacialmente explícita y disponible para su integración a un SIG. Se priorizaron aquellas variables de mayor interés para el objetivo general, y considerando diferentes escalas espaciales, la definición espacial y temporal y otros atributos clave de los conjuntos de datos. Aquellas variables que, en su representación en un SIG, no ocupe toda el área de estudio, o bien mediante análisis posteriores (en capítulo 4) no ejerzan una fuerza estructuradora estadísticamente significativa en las comunidades bentónicas, serán utilizadas de manera meramente descriptiva. Se utilizaron 2 metodologías enfoques de clasificación distintos, “descendente” (datos globales o regionales, eg. Bio-ORACLE, GEBCO) y “ascendente” (datos obtenidos en diversas campañas oceanográficas en el ASO, eg. B/O Miguel Oliver y literatura científica).

2.3.1. Batimetría

La información batimétrica se obtuvo a partir del Mapa Batimétrico General de los Océanos (GEBCO, 2021), el cual presenta una resolución de aproximadamente 450 m. Adicionalmente, se dispone de una base de datos de batimetría de fondo, en quiebre de plataforma (53°W 36°2 - 51°W 34°S, rango de profundidad 200 a 1800 m), los cuáles se obtuvieron con una ecosonda multihaz EM 302 en el marco de la campaña oceanográfica realizada por el B/O Miguel Oliver en 2010 (Dirección Nacional de Recursos Acuáticos - DINARA Secretaria General de España - SGM) en el marco del Programa de Investigación de Aguas Profundas (PIAP). La batimetría de la zona de estudio está relativamente bien caracterizada en bases de datos globales (Figura 22; Tabla 1), ocupa toda el área de estudio por lo que es utilizada para describir el sistema de manera global, la cual adicionalmente se utilizará para análisis posteriores en relación con la distribución de los organismos bentónicos. Con respecto a los datos obtenidos a partir de la campaña del B/O Miguel Oliver, los mismos no serán utilizados para análisis posteriores debido a que representan zonas puntuales del área de estudio.

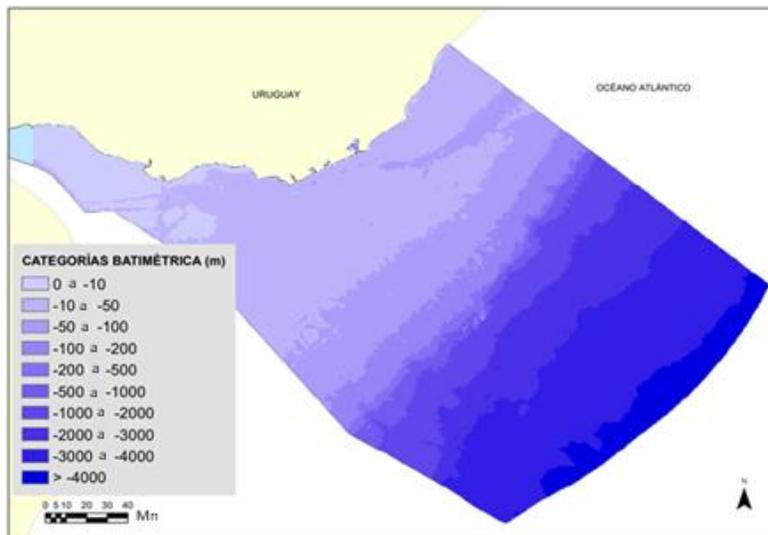


Figura 2. Clasificación de categorías batimétricas de la ZEE uruguaya obtenidas a partir de la base de datos globales GEBCO.

2.3.2. Geomorfología

Los principales procesos geomorfológicos se obtuvieron a partir de Harris et al. (2014), el cual distingue 3 grandes zonas que se corresponden con la plataforma continental, talud continental y la elevación continental incluida la planicie abisal. Harris et al. (2014), disponibiliza mapas digitales de las características geomorfológicas del fondo marino del océano global, basado en la interpretación del estimador topográfico SRTM30_PLUS (Becker et al., 2009; Fig. 1 en Harris et al. 2014). En base a esto se interpretaron aquellas estructuras geomorfológicas en el área de estudio, consideradas como relevantes según los objetivos planteados. En este sentido, Harris et al. (2014) define como “bancos de fango” (o “cinturones de lodo”) a aquellas zonas donde se depositan sedimentos fangosos con una longitud mayor a los 10 km de longitud y un mínimo 10 m de profundidad (Tabla 1). Puntualmente, está descrito para esta zona el paleocanal del RdIP, el cual representa el antiguo drenaje del RdIP durante el período Pleistoceno (con un nivel del mar aproximadamente 200 m por debajo de la línea de costa actual). Este paleocanal se extiende desde el noreste de la plataforma continental uruguaya (a unos 40 km de Punta del Este) hasta cerca del Faro Sarita en la costa de Rio Grande do Sul (Brasil), ocupando una superficie aproximada de 3.000 km² (Urien et al., 1974b; Hernández-Molina et al., 2011; Lantzch et al 2014; Burone et al., 2018; 2019). Adicionalmente, se observa la presencia de un segundo “cinturón de lodo” (el cual no se encuentra descrito por la literatura nacional), de menor tamaño que el paleocanal del RdIP, ubicado al borde del quiebre de plataforma (Figura 3; Tabla 1).

Se verifica en plataforma la presencia de cuencas, las cuáles son consideradas como “una depresión, en el fondo del mar, más o menos equidimensional en profundidad y de extensión variable” (IHO). En este caso las cuencas se encuentran restringidas a las depresiones del fondo marino que se definen por contornos batimétricos cerrados, de 10 m, que definen unidades discretas. Se identifican 23 cuencas de diversos tamaños que van desde 3,9 km² hasta 342,5 km², y ocupan en total 1.975,104 km² (Figura 3). Para el caso de

las cuencas presentes en talud el parámetro batimétrico fue de 100 m. Estas cuencas no parecen haber recibido mayor atención en la literatura nacional.

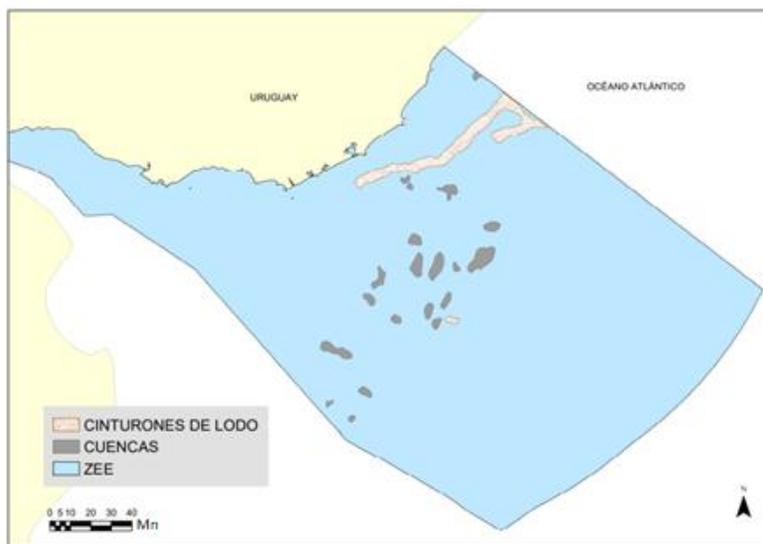


Figura 3. Principales procesos geomorfológicos presentes en la plataforma continental obtenidos a partir de Harris et al. 2014. El cinturón de lodo de mayor tamaño corresponde al Paleocanal del RdIP. (ZEE) Zona Económica Exclusiva.

Para el área de estudio se describe al momento 6 sistemas de cañones submarinos distribuidos perpendiculares al talud, ubicados entre los 35° y 38° S, denominados de Sur a Norte como: Río de La Plata; Montevideo; Piriápolis; José Ignacio; La Paloma; Cabo Polonio; y Punta del Diablo (Hernández-Molina et al., 2016; Franco-Fraguas et al., 2016; 2017). Los mismos fueron mapeados por Harris et al. (2014), basados en Harris & Whiteway (2011) (Tabla 1). El mayor cañón descrito en el área corresponde al cañón *Mega Slide* de Cabo Polonio (Franco-Fraguas et al., 2014; Hernández-Molina et al., 2016). Su cabecera presenta una “morfología tipo anfiteatro y presenta un amplio depósito de arena en su flanco sur” (Franco-Fraguas et al., 2014).

A menor escala espacial otras geoformas representativas incluyen los montículos (*mounds*) y los *pockmarks*. Los primeros se definen como morfoestructuras compuestas por sedimentos de origen hemipelágicos que forman complejos microhábitats de aguas profundas, los cuáles pueden presentar o no asociados estructuras biogénicas (Carranza et al., 2012) . Mediante acústica del fondo marino a bordo del B/O Miguel Oliver, se prospecta un área de 8.944 km², donde se detectaron unas 17 estructuras identificadas

como montículos (Figura 4). La profundidad de las cimas de los montículos hallados oscilaba entre 167 y 326 m, y la altura media de los montículos fue de 35 m (Carranza et al., 2012).

Los *pockmarks* en cambio, son depresiones submarinas características, de forma cónica, circular o elíptica (Ceramicola et al., 2018; Mulder et al., 2012), los mismos están asociados con la expulsión de fluidos (óleos o agua) o escape de gases (gases de hidrato, metano o CO₂) (Hovland & Judd, 1988). Los *pockmarks* presentan un gran valor intrínseco debido a la alta diversidad biológica asociada (Freiwald et al., 2004). A partir de los datos obtenidos por López-Orrego (2011), se describen 41 *pockmarks* ubicados sobre el quiebre de plataforma y a lo ancho de todo el talud continental uruguayo (Figura 4). Adicionalmente, en Harris et al. (2014) se observa la presencia de “montes submarinos” (*sea mounts*), considerados como “una o un grupo de grandes elevaciones aisladas de más de 1000 m de relieve sobre el fondo marino, característicamente de forma cónica” (IHO). En Harris et al. (2014), toman como requisito para su definición que los mismos presentan forma cónica, para distinguirlos así tanto de los "montículos" (Mitchell, 2001), como de los *guyots* de cima plana. Se destaca la presencia de un “monte submarino” en el talud medio cercano al límite noreste con Brasil.

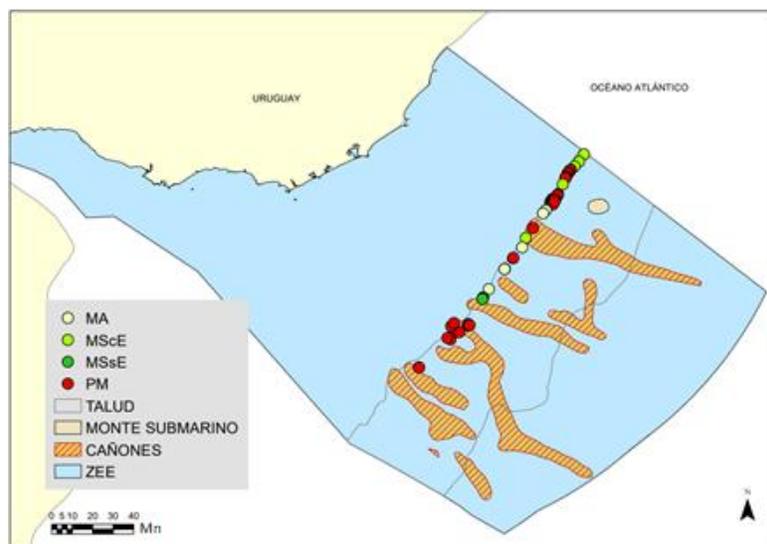


Figura 4. Geoformas en quiebre de plataforma y talud continental. Se destaca la presencia de montículos con corales, pockmarks, cañones y montes submarinos. MA (Montículos), MScE (Montículos con Scleractinia), MSsE (Montículos sin Scleractinia), PM (Pockmarks).

Para el área del talud inferior y planicie abisal, Harris et al. (2014) identifican geoformas tipo terrazas (“escalones amplios”) y *rises* (elevación continental). Las primeras son "una (o un grupo) de superficies horizontales relativamente planas o ligeramente inclinada, a veces larga y estrecha, que está limitada por una pendiente ascendente más pronunciada en un lado y por una pendiente descendente más pronunciada en el lado opuesto" (IHO). Las terrazas se calcularon por Harris et al. (2014) a partir de la pendiente del modelo SRTM30_PLUS (Figura 5).

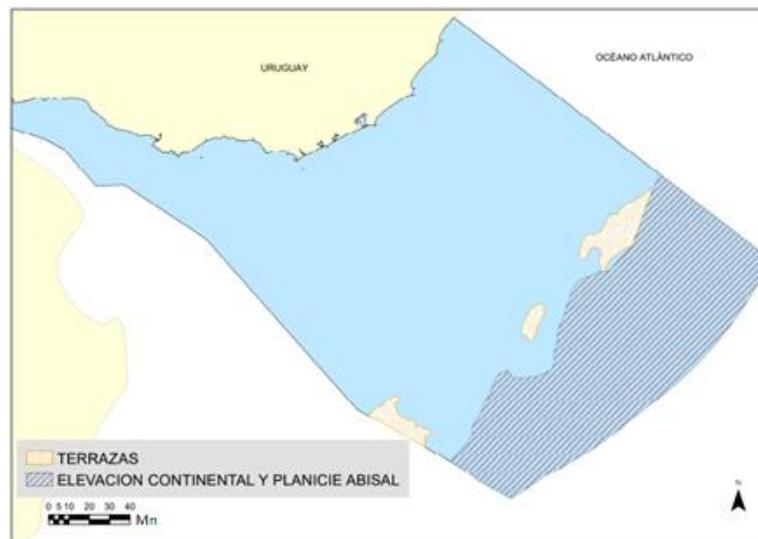


Figura 5. Para el área del talud inferior y planicie abisal, basados en Harris et al. (2014), se destaca la presencia de geoformas tales como terrazas (principalmente en talud continental inferior) y la elevación continental que se encuentra en la planicie abisal o fondo abisal.

La información obtenida a partir de Harris et al. (2014) es utilizada para describir las principales geoformas del área de estudio, debido a que abarca toda el área de estudio y permite ser representada en un SIG. Esta característica permite que la información sea utilizada para analizar posteriormente si algunos de estos procesos geomorfológicos presentan algún tipo de relación con la distribución de los organismos bentónicos.

Con respecto a la información de la presencia de *pockmarks* y montículos obtenida a partir de la campaña del B/O Miguel Oliver, la misma es utilizada de manera descriptiva, debido a que ocupa zonas puntuales del área de estudio.

Tabla 1. Síntesis de las capas geográficas disponibles para su integración en el Sistema de Información Geográfica (SIG). Se indica el nombre, su descripción, alcance y tamaño de celda, fuente y clasificación.

Variable	Descripción	Unidades	Tamaño celda	Manipulación	Fuente	Clasificación
Batimetría	GEBCO es un modelo global que proporciona datos de profundidad en metros, en una cuadrícula de intervalo de 15 segundos de arco.	metros	0.05 (º dec.)	Delimitación de área Cambio de formato (.tif a .shp)	GEBCO ¹	Global
Batimetría	Datos de análisis de alta resolución, B/O Miguel Oliver, profundidad georreferenciada en metros.	metros	-	Mapeo	SOHMA	Local
Paleocanales		kilómetros	Radio de celda entre 3, 5 y 10	Delimitación de área	Harris et al., 2014	Global
Cuencas		metros	Radio de celda entre 3, 5 y 10	Delimitación de área	Harris et al., 2014	Global
Cañones		kilómetros	Radio de celda entre 3, 5 y 10	Delimitación de área	Harris et al., 2014	Global
Montes marinos		kilómetros	Variación del relieve en un radio de 25 celdas >1000 m.	Delimitación de área	Harris et al., 2014	Global
Montículos		3m x 3m	-	Delimitación de área	B/O Miguel Oliver (López-Orrego et al., 2011)	Local
Pockmarks		3m x 3m	-	Mapeo	B/O Miguel Oliver (López-Orrego et al., 2011)	Local
Terrazas		kilómetros	-	Delimitación de área	Harris et al., 2014	Global
Rises		metros	-	Delimitación de área	Harris et al., 2014	Global

2.3.3. Sedimentología

Se obtuvo a partir de la plataforma de libre acceso Observatorio Ambiental Nacional¹, los datos y el mapa de sedimentos de fondo de plataforma y parte norte del talud superior (Figura 6; Tabla 2), generado por el proyecto binacional FREPLATA² (FREPLATA, 2004). Adicionalmente, se obtuvieron datos de sedimentos de fondo para parte del talud, obtenidos a partir de la campaña oceanográfica realizada por el B/O Miguel Oliver en el año 2010 (Franco-Fraguas et al., 2017) (Figura 7; Tabla 2).

De los mapas obtenidos de FREPLATA (Figura 6) se observa un predominio de arenas en la plataforma continental. Esta extensa zona con predominio de arenas de la plataforma se ve limitada por un arco costero de sedimentos finos y muy finos (limos, limos arcillosos, arcillas limosas y facies de mezcla) que se extiende entre Montevideo - Punta Piedras y Punta del Este – Punta Rasa, por debajo de la isobata 50 m. Se describe una zona que atraviesa a lo ancho el mar territorial uruguayo desde costas argentinas hasta quiebre del talud cercano al límite este con Brasil, con un predominio de arenas, conchillas y tosca (FREPLATA, 2004).

Se observa la presencia predominante de arenas en plataforma interna y aumento del contenido arcilloso hacia el paleocanal del RdIP, donde la composición es mayoritariamente de arcilla y limo, el cual se extiende desde la plataforma interna en dirección SW-NE y a unos 40 km de la costa (Urien & Ottmann, 1971; de Mahiques et al., 2008; Gyllencreutz et al., 2010; Burone et al., 2013).

Adicionalmente, se observa una distribución predominante de limos y arcillas en la plataforma interna cercana a la costa. Mientras que para la plataforma externa el predominio es de arenas gruesas y arenas.

¹ <https://www.ambiente.gub.uy/visualizador/index.php?vis=sig>

² El proyecto FREPLATA II es una iniciativa de los Gobiernos de Uruguay y Argentina con aportes de ambos y del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (Global Environment Facility –GEF)- iniciado en 2009 con el objeto de avanzar hacia la sustentabilidad de los usos y recursos del Río de la Plata y su Frente Marítimo.

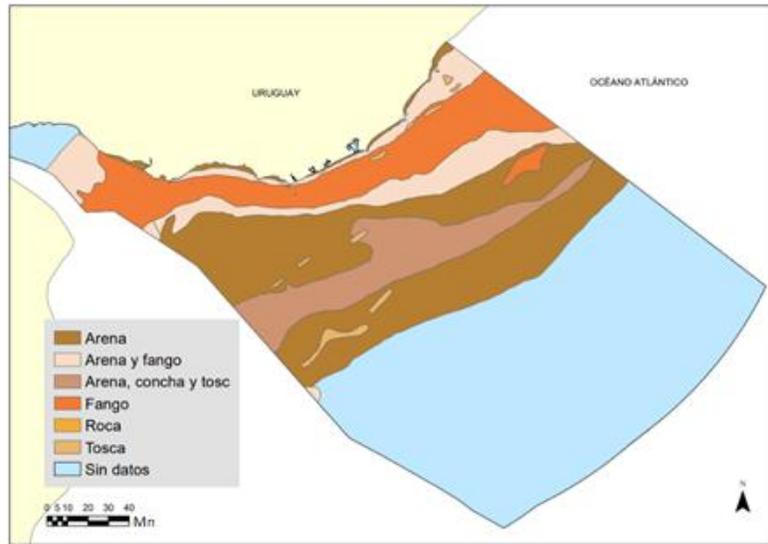


Figura 6. Mapa de sedimentos de plataforma continental y parte del talud continental, obtenido a partir de FREPLATA.

En el talud continental existe un predominio de arenas y arenas limosas, distribuidas a lo largo de este, principalmente en zonas cercanas al quiebre de plataforma (Figura 7; Tabla 2). Se observan zonas con mayor concentración de limos arenosos y arcillas limosas, en la parte norte del talud, así como en la cabecera de 3 cañones, entre los que se encuentra el Cañón Mega *Slide* de Cabo Polonio. En Franco-Fraguas et al. (2017), sugieren que actualmente ocurre un proceso erosivo en la cabecera del cañón, la cual se encuentra relacionada a flujo de sedimentos y procesos de turbidez.

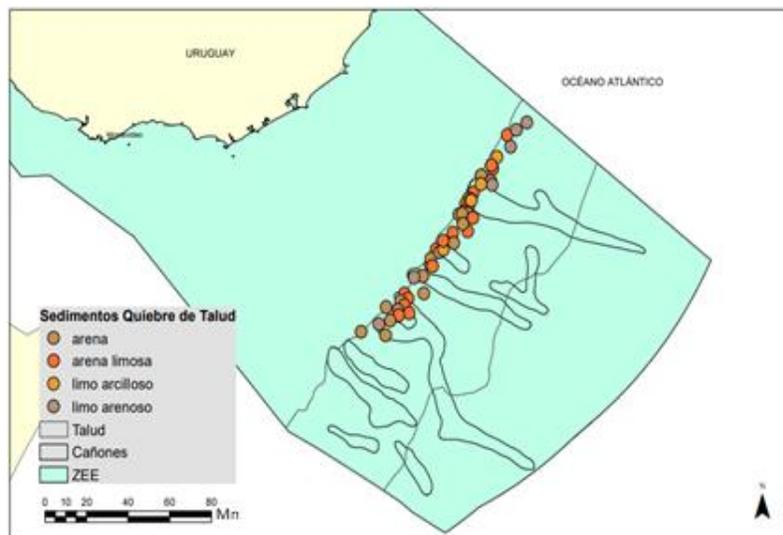


Figura 7. Distribución de sedimentos predominantes en zona de quiebre de plataforma, se destaca la presencia de sedimentos finos en la zona de cabecera de cañones.

El mapa de sedimentos obtenido a partir de FREPLATA (2004), al igual que los datos obtenidos del SOHMA y Franco-Fraguas et al (2014; 2017) presentan gran utilidad para describir el predominio de sedimentos en una zona del área de estudio, sin embargo, no serán utilizados para otro tipo de análisis, ya que no abarca toda el área de estudio.

2.3.4. Propiedades Físico-Químicas

Se obtuvo a partir de de Bio-ORACLE³ información espacialmente explícita de la distribución de variables físico químicas como salinidad y temperatura de fondo (mínimos, máximo y medios), masas de agua, velocidad media de corriente de fondo (mínimos, máximo y medios), oxígeno disuelto y variables biológicas como productividad primaria (Tyberghein et al., 2012; Assis et al., 2018). Se cuenta para la zona del talud continental con datos de clorofila-a y temperatura de fondo, recolectados por el B/O Miguel Oliver (Tabla 3).

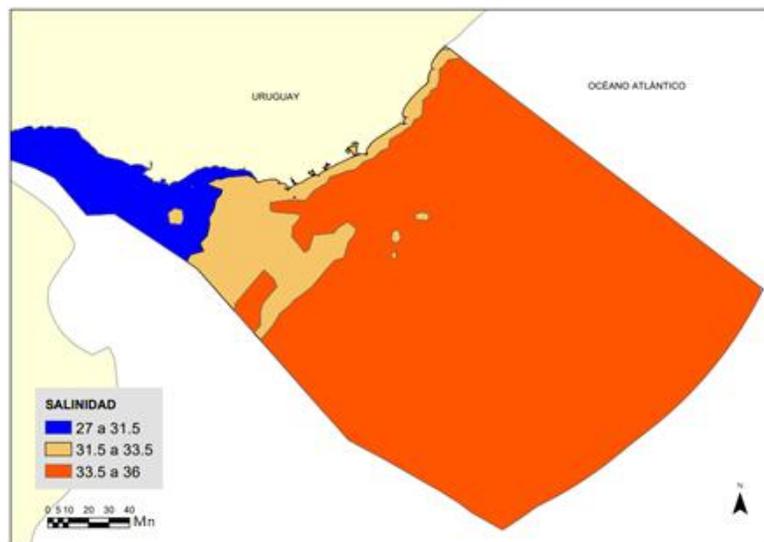


Figura 8. Distribución de la salinidad promedio en el área de estudio según Defeo et al. (2009)

³ Marine data layers for ecological modelling

Por otra parte, se utilizó la clasificación de masas de agua a partir de McQuaid et al. (2023) (Tabla 3), en la cual se observan distintas capas de masas de agua las cuáles pueden correlacionarse con las masas de agua descritas para la zona (CBM, AIA, ACSP, APAN, ACIP, AAF) (Figura 9) (descritas en sección 2.2). La información de masas de agua será utilizada para describir el área de estudio así como para análisis posteriores en relación con la distribución de los organismos bentónicos.

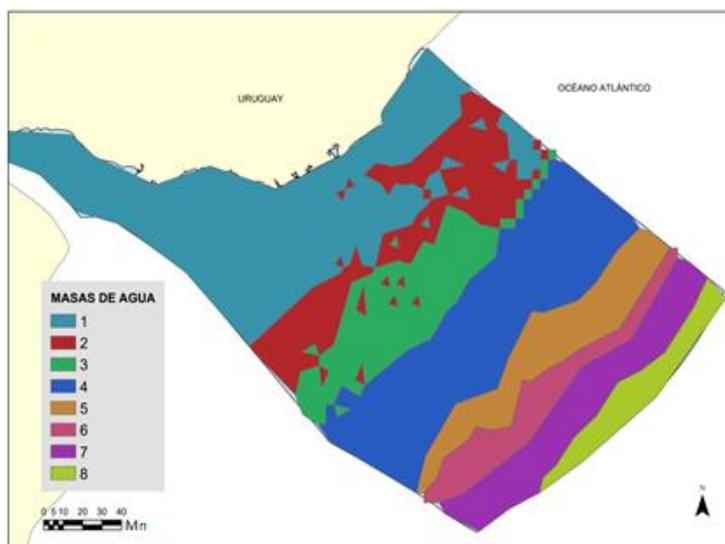


Figura 9. Categorías de masas de agua de fondo para el área de estudio, basadas en McQuaid et al. (2023).

La velocidad de corriente de fondo presenta sus máximos hacia zonas de talud donde se encuentran las cabeceras de los cañones submarinos (Figura 10). En esta zona se destaca la presencia de la CBM (Piola & Gordon, 1989) y la surgencia de las AIA (Piola et al., 2001; Violante et al., 2010; Voigt et al., 2013). Esta información se utilizará de manera descriptiva ya que no ocupa toda el área de estudio.

Tabla 2. Síntesis de las capas geográficas con información de sedimentos disponibles para su integración en el SIG. Se indica el nombre, su descripción, alcance, tamaño de celda, fuente, y escala de los datos.

Variable	Fuente	Tamaño celda	Manipulación	Clasificación
Sedimentos	FREPLATA		No	Regional
	SOHMA	1600 puntos	Mapeo	Local
	Franco-Fraguas et al., 2014; 2017	alta resolución	Mapeo	Local

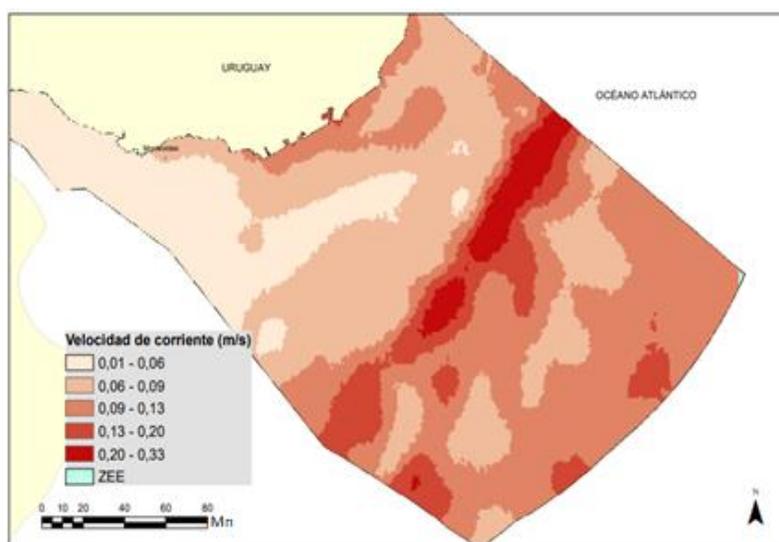


Figura 10. Mapa de velocidad de las corrientes marinas asociadas al fondo. Se observan zonas de mayor velocidad de corriente hacia la zona de quiebre de plataforma.

Tabla 3. Síntesis de las capas geográficas con información de variables ambientales disponibles para su integración en el SIG. Se indica el nombre, su descripción, unidades, tamaño de celda, manipulación, fuente, y clasificación.

Variable	Descripción	Unidades	Tamaño celda	Manipulación	Fuente	Clasificación
Salinidad	Salinidad media de fondo (2000-2014).	PSS	5 x 5 arc min	Delimitación de área	Bio-ORACLE v2	Global
Salinidad	Salinidad anual promedio	PSS		Mapeo	(Defeo et al., 2009)	Local
Temperatura	Temperatura media de fondo (2000-2014)	°C	5 x 5 arc min	Delimitación de área	Bio-ORACLE v2	Global
Productividad primaria	Flujo medio de partículas de carbono orgánico al fondo (2006-2015)	mmol. C m ⁻² d ⁻¹	5 x 5 arc min	Interpolación espacial (Krigging)	Bio-ORACLE v2	Global
Velocidad de corriente	Velocidad media de corriente de fondo (2000-2014)	m.s ⁻¹	5 x 5 arc min	Delimitación de área	Bio-ORACLE v2	Global
Masas de agua	Distribución masas de agua	-	10 km	Delimitación de área - Reclasificación	(McQuaid et al., 2023)	Global

2.4. Conclusiones

Se cuenta con una cantidad de información suficiente del área de estudio, como para realizar una descripción general del sistema. Parte de la información obtenida será utilizada de manera únicamente descriptiva. A modo de ejemplo, los datos obtenidos de Franco-Fraguas et al. (2014; 2017), si bien representan información sumamente valiosa para la descripción de la zona de quiebre de plataforma y cabecera de cañones, la misma no es posible de utilizar para la delimitación de ambientes a una escala regional.

Por tal motivo este tipo de información (al igual que datos de sedimentos de FREPLATA y SOHMA, velocidad de corriente de fondo, clorofila-a y algunos procesos geomorfológicos), se utilizará únicamente para la descripción del área de estudio. Por el contrario aquellos datos que abarcan toda el área de estudio y se encuentran disponibles en un formato compatible con el uso del SIG (batimetría, masas de agua, salinidad, procesos geomorfológicos obtenidos a partir de Harris et al. (2014)), serán utilizados además para análisis estadísticos y de representación espacial (capítulo 4).

Gran parte de la información que ha sido generada históricamente para la ZEE-U por distintos actores no fue incorporada en el presente trabajo, debido a que no se encuentra actualmente disponible de manera abierta o no es posible incorporar a un SIG (ya sea por temas de escala (escalas pequeñas para grandes extensiones) o de formato de presentación de los datos (sin coordenadas o incompatibles con SIG)). Por lo tanto, avanzar en la recopilación de información ambiental relevante en un formato que permita incorporar dicha información a un SIG, permitirá a futuro obtener un panorama más completo y detallado del área de estudio.

CAPÍTULO 3

3. Recopilación y sistematización de información georreferenciada de invertebrados bentónicos marinos de la Zona Económica Exclusiva uruguaya⁴

Resumen

En este capítulo se detalla el proceso mediante el cual se accedió a los Datos Primarios de Biodiversidad (DPB) para invertebrados bentónicos de la ZEE-U. Se analizó en concreto información georreferenciada, con énfasis en aquellos *taxa*/grupos de utilidad como indicadores de ambientes bentónicos particulares. Para tal fin, se recolectó y sistematizó toda aquella información espacialmente explícita disponible en base a información publicada en la literatura científica, la seleccionada de las redes de información digital de biodiversidad (*BIN*, por sus siglas en inglés) y de otras bases de datos. A partir de dichas fuentes se generó una base de datos con 4942 registros georreferenciados de presencia de especies de invertebrados bentónicos, de los cuáles el 44,5% se obtuvo a partir de las *BIN*, mientras que el restante 55,5% se obtuvo de la literatura científica y otras fuentes de datos. Posteriormente, se controló la calidad de los datos, eliminando los registros incorrectamente georreferenciados, duplicados, o con determinaciones taxonómicas dudosas. Por lo tanto, la base de datos analizada incluyó 3585 registros de invertebrados bentónicos, representando los phyla Mollusca, Arthropoda, Annelida, Echinodermata, Cnidaria, Porifera, Chordata, Bryozoa, Nematoda, Hemichordata y Brachiopoda, representados en 1125 registros de especies (u otros *taxa*). La información obtenida se presenta integrada en un SIG, en un formato adecuado para realizar posteriores análisis estadísticos y de representación espacial. Por último, se discutió la calidad de los datos obtenidos y posibles sesgos en el proceso de obtención de los mismos.

⁴ Parte de información contenida en este capítulo fue publicada en:

- Carranza, A., **Limongi, P.**, & Schmidt-Rhaesa, A. (2022). "Benthic invertebrates collected by the RV 'Walther Herwig I and II' in the Southwestern Atlantic Ocean (1966-1978): A review of the invertebrates collection of the Zoological Museum of Hamburg." *Marine and Fishery Sciences* **35**(1): 115-122.
- Bridges, A.E.H., **Limongi, P.**, et al (accepted). "Review of the Central and South Atlantic Shelf and Deep-Sea Benthos: Science, Policy and Management." *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*

3.1. Introducción

3.1.1. La obtención de datos biológicos en ambientes marinos

La obtención de datos en ambientes marinos es un proceso oneroso y complejo, en particular para aguas profundas, donde son necesarios importantes recursos tecnológicos y logísticos para la adquisición de nuevos datos (Duarte, 2006), por lo cual es necesario explotar al máximo la información ya existente (Laird, 2010). Podría decirse que la obtención de datos marinos en la era moderna comenzó con la Expedición Challenger entre 1872 y 1876 (Egerton, 2014; 2019). Esta fue la primera expedición organizada específicamente para recopilar datos sobre una amplia gama de características oceánicas, incluidas las temperaturas del océano, la química del agua de mar, las corrientes, la vida marina (más de 7000 especies recolectadas) y la geología del fondo marino (Rice, 2013). El HMS “Challenger”, un pequeño ex-buque de guerra de la Armada británica, se convirtió en el primer barco dedicado al estudio oceanográfico, contando con sus propios laboratorios, microscopios y otros equipos científicos a bordo. A partir de 1960 la comunidad científica internacional pone mayor atención en la investigación oceánica (Bolster, 2006; Bolster, 2008; Campbell et al., 2009), lo que promueve la creación de distintos programas de investigación tanto regionales como bilaterales (Angelescu & Sánchez, 1995).

La obtención de datos del fondo marino está sujeta a las distintas técnicas de muestreo utilizadas, las cuáles presentan ventajas y sesgos. Usualmente, los protocolos de monitoreo exploratorios marinos son diseñados para capturar la mayor cantidad de especies, mediante el uso de los mejores métodos disponibles, teniendo en cuenta que cualquier tipo de metodología de muestreo a utilizar presenta ventajas además de sesgos (Jørgensen et al., 2011). Los datos de ambientes bentónicos provienen generalmente de la colecta directa de material, y eventualmente, de registros visuales. Las principales técnicas de muestreo utilizadas para la obtención de estos datos son la draga y la red de arrastre.

El uso de dragas para la obtención de muestras, es un método muy utilizado en la investigación científica. Si bien recoge una menor cantidad de individuos que la red de arrastre, es posible capturar organismos que se escapan entre la malla de las redes de

arrastre, como aquellos con hábitos infaunales (Jørgensen et al., 2011). Se asume que todos aquellos individuos que se encuentren en el área de captura de la draga, incluidos aquellos con hábitos infaunales, serán capturados. Las muestras de infauna colectadas de esta manera generalmente presentan una alta diversidad de especies por unidad de área (Renaud et al., 2008).

El uso de redes de arrastre de fondo, utilizadas con fines de investigación, tiene por objetivo cuantificar la abundancia, distribución y diversidad de los organismos que habitan el fondo marino. Las redes de arrastre de fondo consisten en estructuras flexibles cuya eficacia de captura durante un remolque depende del tipo de red de arrastre, cómo y cuándo se usa, así como factores intrínsecos y extrínsecos al proceso de captura (Pope et al., 1975). Las redes de arrastre permiten abarcar extensiones mucho mayores que las dragas y permiten coleccionar individuos de mayor tamaño.

3.1.2. Bases de datos primarios de biodiversidad

Durante los últimos 300 años, se han coleccionado y acumulado en museos (principalmente) entre 2.5–3 billones de registros biológicos (Simpson, 1961; Simmons & Muñoz-Saba, 2005). Estos registros constituyen los Datos Primarios de Biodiversidad (DPB) (Anderson et al., 2016; 2020). Los DPB presentan grandes utilidades, y gran parte de estas inmensas colecciones han sido utilizadas para estudios taxonómicos, sistemáticos, ecológicos y anatómicos, entre otros, estableciendo las bases para gran parte de la investigación biológica actual, proporcionando evidencia empírica de la evolución de la vida en el planeta (Simpson, 1961; Mayr, 1968b; Mayr & Cerdón, 1968a).

De hecho, actualmente los DPB son una pieza fundamental de un campo en expansión como es el desarrollo de la informática asociada a la biodiversidad, la cual en parte subyace a diversas subdisciplinas de la biología como la biogeografía, la macroecología, la ecología del paisaje, entre otras (Anderson et al., 2016; 2020). El acceso a los DPB ha sido históricamente invaluable y lo continúa siendo en la era actual, mediante la consulta a publicaciones científicas, tesis, monografías, visitas a museos o herbarios (la mayor parte de los DPB provienen de Colecciones de Historia Natural de todo el mundo), o consultas

con coleccionistas particulares utilizando servicios postales convencionales (Pyke & Ehrlich, 2010). Actualmente, el intercambio de DPB se ha visto facilitado gracias a políticas institucionales orientadas al acceso abierto que utilizan internet (Soberón & Peterson, 2004), de modo que es posible acceder gratuitamente a enormes volúmenes de DPB. La confluencia del gran esfuerzo realizado por museos y demás instituciones para digitalizar la información, así como el desarrollo de la informática e intercambio de datos a través de redes, hizo posible comenzar con la titánica tarea de digitalizar este inventario (Pyke & Ehrlich, 2010; Carranza et al., 2022).

3.1.3. Redes digitales de información sobre biodiversidad

Concretamente, existe una gran cantidad de DPB organizados en redes digitales de información sobre biodiversidad. Estas iniciativas provienen de instituciones individuales y otros poseedores de datos que pueden unirse o no a consorcios mundiales, y varían en alcance entre regiones y grupos taxonómicos (Anderson et al., 2016; 2020). Entre ellos se destacan Genbank (+188M de secuencias genómicas), Genome Biodiversity Network (+100.000 secuencias de más de 23.000 *taxa*), Catalogue of Life (+1.6M especies), Global Biodiversity Information Facility (+1.6M especies, aproximadamente 650M de ocurrencias), Freshwater Biodiversity Data Portal (+91.000 de especies y 160M de ocurrencias) y Ocean Biogeographic Information System (+148.000 de especies y +34M de registros), entre otros.

Estas redes tienen como objetivo reunir la información dispersa disponible en colecciones de museos, herbarios y en la literatura a partir de inventarios desarrollados (Soberon et al., 1996). El mayor punto de acceso a DPB en el mundo es el Centro Global de Información de Biodiversidad (*GBIF*, por sus siglas en inglés), utilizada como base de datos de cientos de publicaciones científicas cada año (Anderson et al., 2016).

3.1.3.1. Centro Global de Información sobre la Biodiversidad (GBIF)

GBIF centraliza y disponibiliza información través de una red global que incluye a 57 países y 47 organizaciones, con 317M de DPB aportados por 342 instituciones (Otegui et al., 2013), el propósito de *GBIF* es "... *promover y facilitar la movilización, acceso, descubrimiento y uso de información sobre la aparición de organismos a lo largo del tiempo y en todo el planeta*".

GBIF propone ciertos estándares comunes y herramientas de código abierto que les permiten compartir a las organizaciones/instituciones participantes la información sobre dónde y cuándo se han registrado las especies. Este conocimiento proviene de muchas fuentes, que incluyen desde especímenes de museos recolectados en los siglos XVIII y XIX, de literatura científica o técnica, hasta fotos de teléfonos inteligentes geoetiquetados compartidas por naturalistas aficionados en los últimos días.

3.1.3.2. Sistema de Información sobre la Biodiversidad Oceánica (OBIS)

Por otra parte, el Sistema de Información sobre Biodiversidad Oceánica (*OBIS*, por sus siglas en inglés) proporciona una gran base de datos sobre la diversidad, distribución y abundancia de todos los organismos marinos en un formato integrado y estandarizado. Más de 20 nodos *OBIS* en todo el mundo conectan a 500 instituciones de 56 países. En conjunto, han proporcionado más de 45 millones de observaciones de casi 120.000 especies marinas. La base de datos admite consultas por nombres de especies o nivel taxonómico superior, área geográfica, profundidad, fecha y parámetros ambientales (Telenius, 2011).

3.1.4. Literatura científica

Los esfuerzos realizados en los últimos años han permitido que una gran proporción de DPB esté cada vez más disponible. Sin embargo, una cantidad considerable aún se encuentra dentro del corpus actual de la literatura publicada como artículos científicos, tesis, monografías o informes técnicos (Nguyen et al., 2017; Bayraktarov et al., 2019). En

estos casos la información se almacena y comparte principalmente en archivos de Formato de Documento Portátil (*PDF*, por sus siglas en inglés), lo que limita o al menos dificulta su acceso y operativa (Nguyen et al., 2017). En este contexto, el número creciente de publicaciones científicas accesibles desde la web, también presenta nuevos desafíos para los usuarios ya que es necesario descubrir y discriminar la información pertinente de manera eficiente y oportuna (Bayraktarov et al., 2019).

Para el caso de los DPB recolectados en el mar uruguayo, debemos remontarnos a finales del siglo XIX, cuando comienza la exploración oceanográfica en esta zona del ASO. La misma se da a partir de las exploraciones realizadas por buques oceanográficos principalmente europeos y norteamericanos en campañas de investigación pesqueras para el ASO. A continuación, se presenta una breve descripción de algunas de las principales campañas oceanográficas realizadas en la ZEE-U a lo largo del tiempo.

3.1.5. Exploraciones oceanográficas en el mar uruguayo

El HMS “Challenger” realizó varias campañas entre 1872-1876, arribando a aguas uruguayas en febrero de 1876. Los buques “Walther Herwig I y II” recorrieron las aguas del Océano Atlántico Suroccidental (ASO) entre 1966 y 1978, colectando material en cientos de estaciones en gran parte de la ASO frente a Brasil, Uruguay y Argentina (Carranza et al., 2022). Concretamente las muestras de invertebrados bentónicos obtenidas en el “Walther Herwig I y II”, se encuentran actualmente almacenados en el Museo Zoológico de Hamburgo (cuyas nueve colecciones de investigación albergan más de diez millones de objetos científicos) (Carranza et al., 2022). Cabe destacar que la cobertura espacial de las expediciones del “Walther Herwig I y II” constituye un diseño de muestreo de gran valor para la comunidad científica, permitiendo líneas de investigación y análisis de patrones biogeográficos a gran escala, entre otros. Sin embargo, la determinación taxonómica necesita aún de una revisión exhaustiva para alcanzar el nivel taxonómico más bajo posible (Carranza et al., 2022).

La expedición “Vema” del Observatorio Geológico Lamont-Doherty recolectó muestras de comunidades bentónicas a lo largo del Océano Atlántico occidental y el Océano Pacífico oriental durante una serie de cruceros desde 1955 hasta 1962 (Angelescu & Sánchez, 1997). Los muestreos realizados dentro de la ZEE-U se realizaron en el año 1961 y 1962 por el B/O “Vema” (cruceros 17 y 19).

En marzo de 1971 se realizó la campaña a bordo del B/O “Atlantis II” (crucero 60), la cual registró 12 estaciones en aguas uruguayas. Numerosos trabajos se han publicado a partir de los datos obtenidos en esta campaña para distintos grupos biológicos (Ascidiacea, Pycnogonida, Crustacea) (Scarabino, 2003a; b; c)

Una de las campañas más recientes se llevó a cabo en un buque oceanográfico español, “Miguel Oliver” perteneciente a la Secretaría Española General del Mar el cual realiza una campaña en aguas uruguayas en convenio con la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA) durante el año 2010. Durante esta campaña se realizó un mapeo acústico del fondo marino, el cual permitió el análisis detallado de 8.944 km² del fondo marino uruguayo. Unas 17 estructuras identificadas como montículos fueron detectados, algunos de los cuáles pertenecen a la especie *Desmophyllum pertusum*, representando el registro más austral a la fecha (Carranza et al., 2012).

En el año 2016, se recolectó material biológico a bordo del F/V Marianne, explorando el fondo marino del margen continental de la ZEE-U. Durante esta campaña se tomaron muestras de varios transectos ubicados frente al costa norte, central y sur de Uruguay en dirección sureste desde los 250 m hasta los 3800 m de profundidad (Rotllant et al., 2020).

Los principales equipos de muestreo utilizados en las distintas campañas realizadas en aguas uruguayas son, draga tipo Petersen (“Lerez” y “Lamatra”), red de arrastre Agassiz (“Marianne”), red de arrastre tipo Engel (“Aldebarán”), red de arrastre de 140 pies (Wather Herwig) (Barea & Defeo, 1985; Carranza et al., 2010). Además de su efectividad en la captura, fue posible utilizar este tipo de técnicas gracias al predominio de sedimento

no consolidado del fondo marino uruguayo, lo que facilita enormemente el uso de estas técnicas de muestreo.

3.1.6. Datos primarios de biodiversidad a nivel nacional

3.1.6.1. Bases de datos de acceso abierto

A nivel nacional, el acceso abierto y disponible de DPB es escaso, e incluso aquellos obtenidos en la esfera pública (a nivel gubernamental y académico) no se encuentran disponibles de manera abierta. Por lo tanto, los DPB recolectados en el país se encuentran muy dispersos y son muchas veces de difícil acceso para la comunidad científica en general, así como para los tomadores de decisiones y formuladores de políticas (Grattarola et al., 2019). De todas maneras, es posible acceder a una importante cantidad de DPB marinos para Uruguay, disponibles tanto en la literatura científica, como en GBIF y OBIS, los cuáles paradójicamente no han sido publicados por Uruguay⁵, siendo Argentina el principal proveedor de datos en este rubro para nuestro país.

3.1.6.2. Datos primarios de biodiversidad en la literatura científica

En lo que respecta a estudios faunísticos y de distribución de los invertebrados bentónicos de la ZEE-U, existen diversas publicaciones nacionales y regionales al respecto. No existe actualmente un inventario actualizado que abarque todas las especies de invertebrados marinos que habitan en aguas uruguayas. Sin embargo, Scarabino (2003a) cita 90 especies de bivalvos hasta los 50 m de profundidad, y en Scarabino (2003 b) 15 especies para las clases Aplacophora, Polyplacophora y Scaphopoda. Posteriormente, Scarabino (2006) recopila citas de 571 especies de invertebrados bentónicos (excluyendo moluscos) hasta los 50 m de profundidad. Más recientemente Scarabino (2017) describe la distribución del Decápodo Scyllaridae, mientras que Scarabino (2018) reporta 38 especies de Ascidas, y en Scarabino (2019) se reportan 31 especies de Pycnogonida, ambos para aguas profundas.

⁵ <https://www.gbif.org/es/publisher/search?country=UY>

Por último, Rotllant et al. (2020) mencionan 79 especies de Crustáceos Decápodos (hasta los 3800 m de profundidad) y en Ramalho et al. (2022) se registran 73 especies de Bryozoa.

Existen numerosos estudios ecológicos y/o pesqueros sobre los invertebrados bentónicos, sobre todo a nivel costero (Milstein et al., 1976; Layerle & Scarabino, 1984; Defeo & de Álava, 1995; Defeo, 1998; Lercari & Defeo, 2006; Bergamino et al., 2009). Sin dudas el phylum que ha recibido mayor atención por parte de la comunidad científica son los moluscos, dentro de éste, los gasterópodos (Olivier, 1972; Juanicó & Rodríguez-Moyano, 1976; Milstein et al., 1976; Carranza & Horta, 2008a, 2008b; Carranza et al., 2010; Carranza et al., 2011). De todas maneras, en la expedición realizada en el B/O Miguel Oliver, Carranza et al. (2012), describen por primera vez la presencia de arrecifes de coral de aguas profundas de la especie *Desmophyllum pertusum* sobre la plataforma continental y el talud continental uruguayo. Otros trabajos relevantes sobre invertebrados bentónicos de profundidad incluye aquellos vinculados especies de importancia económica como el cangrejo rojo (*Chaceon notialis*) o la viera (*Zygochlamys patagónica*) (Defeo & Gutierrez, 2003; Gutierrez & Defeo, 2003; Delgado & Defeo, 2004).

De lo antes expuesto se asume que no existe hasta el momento una síntesis de DPB sobre invertebrados bentónicos para la ZEE-U. En tal sentido, el objetivo del presente capítulo es recopilar, sistematizar y caracterizar toda aquella información georreferenciada sobre invertebrados bentónicos recolectados en el área de estudio. Se incluyen en esta revisión datos recientemente disponibilizados, basados en revisiones de material depositado en el Museo Zoológico de Hamburgo (Carranza et al., 2022).

3.2. Metodología

Para el presente trabajo únicamente se registraron aquellos datos que se encuentran georreferenciados y dentro de la zona de estudio. En este capítulo se recolectó y sistematizó toda aquella información espacialmente explícita de invertebrados bentónicos en base a información publicada en la literatura científica, la seleccionada de las redes digitales de información sobre biodiversidad, así como de otras bases de datos de acceso

abierto. Se utilizó la valiosa, cuantiosa, aunque dispersa información biológica presente en las diferentes *BIN* analizadas y la literatura científica. Adicionalmente, se cuenta con una extensa base de datos parcialmente inédita de información de carácter ambiental y biológica, la cual ha sido recopilada en su mayoría por miembros del equipo en diversos trabajos de investigación o formación académica (Carranza & Horta, 2008a, 2008b; Carranza et al., 2008; 2012; 2022).

Dentro de los grupos biológicos recopilados en la base de datos, el mayor énfasis fue para aquellos pertenecientes a la macro y megafauna bentónica, y particularmente aquellos grupos con especies consideradas relevantes a la hora de indicar ecosistemas particulares, como moluscos, cnidarios, crustáceos y equinodermos. Adicionalmente, se identificaron aquellas especies indicadoras de Ecosistemas Marinos Vulnerables (EMV) y los tipos de hábitats asociados (estos últimos se presentan en resultados del capítulo 4). Para la identificación de ambos se siguieron los criterios propuestos en el Informe del taller realizado sobre la base de datos de los ecosistemas marinos vulnerables (Auster et al., 2011) (WKVME 1, 2016)⁶ y los indicadores de Ecosistemas Marinos Vulnerables (EMV) de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO⁷). El término Ecosistemas Marinos Vulnerables es adoptado por la Asamblea General de las Naciones Unidas (AGNU) para referirse a aquellos ecosistemas vulnerables a los daños causados por la pesca de arrastre, y, por lo tanto, están protegidas en virtud de varias resoluciones de la AGNU que exigen a los distintos actores involucrados evitar los impactos adversos significativos y proteger la biodiversidad marina que contienen estos ecosistemas (FAO, 2009). Las investigaciones relacionadas con los EMV se centran en gran medida en la cartografía de la distribución de corales, esponjas y especies quimiosintéticas. Para el caso de las especies indicadoras de EMV los criterios establecidos por la FAO (2009), sugieren que generalmente son especies longevas (décadas hasta varios siglos), frágiles, adaptados a lugares con escaso flujo de agua (generalmente no supera algunos centímetros por segundo), con hábitos reproductivos con desoves poco frecuente o

⁶ Working Group on Deep-water Ecology

⁷ <https://www.fao.org/in-action/vulnerable-marine-ecosystems/vme-indicators/zh/>

aperiódico y/o con escalas de años entre los eventos de desove, singularidad o rareza de la especie, importancia funcional para el hábitat, fragilidad corporal, características del ciclo vital y especies que sirven de hábitat para otras especies por su complejidad estructural (Kappel, 2005; Punt et al., 2018).

3.2.1. Criterios operativos

3.2.1.1. Criterios de búsqueda en la literatura científica

Se realizó una exhaustiva búsqueda en literatura científica nacional, regional e internacional, con el fin de recolectar la mayor cantidad de datos georreferenciados de macro y mega invertebrados bentónicos. En primera instancia se recopiló toda la literatura conocida sobre invertebrados bentónicos marinos del área de estudio (a excepción de aquellos trabajos centrados en la zona costera). Se utilizaron los repositorios de información virtual como COLIBRI, SCIELO, TIMBO y SCOPUS, para acceder a literatura científica. El proceso de selección de artículos se basó en aquellos con datos georreferenciados dentro del área de estudio. Se utilizó información clave para la búsqueda como nombre de publicaciones científicas, grupos biológicos de interés (a nivel de phylum, clase, familia y especie), expediciones oceanográficas y/o proyectos nacionales y regionales.

3.2.1.2. Uso de datos de GBIF-OBIS

Tanto GBIF como OBIS, permite discriminar la información, pudiendo seleccionar aquella que el usuario entienda de mayor utilidad para su objetivo. En el presente trabajo se filtró la información, con el fin de obtener aquella de mayor confiabilidad. Para tal fin, solo se utilizaron aquellos datos publicados por instituciones registradas en *GBIF/OBIS* preferentemente en museos y universidades. Solo se tomaron en cuenta aquellos datos respaldados por el registro físico de la especie en algún repositorio, descartándose aquellos registros atribuidos a la categoría “Observación humana”.

Una vez obtenida la mayor cantidad de información posible, se realizó un nuevo filtro a la base de datos, con el fin de obtener una clasificación taxonómica lo más certera posible. Por lo tanto, se excluyeron todos aquellos registros clasificados hasta los niveles taxonómicos de Phylum y Clase. Para el resto de los grupos biológicos el nivel mínimo taxonómico aceptado para el presente trabajo fue el de familia, a excepción de los crustáceos y poliquetos (incluidos hasta nivel de género). En el caso de los moluscos, el nivel aceptado fue el de especie, a excepción de algunos registros a nivel de género (eg. *Calliotropis*, *Seguenzia*, *Solemya*, *Basilissa*, y *Brookula*).

Debido a que se utilizaron distintas fuentes para la construcción de la base de datos, uno de los problemas a resolver fue la sobrerrepresentación de datos, que fueren potencialmente el mismo dato, georreferenciado de manera similar pero no idéntica en las *BIN* (*GBIF* y *OBIS*) y la literatura científica. En este caso, los criterios utilizados fueron:

- 1) En caso de que ese mismo dato estuviese presente en la literatura científica y en las *BIN*, se priorizó la información contenida en la literatura científica específica por sobre las *BIN*.
- 2) En caso de identificar la embarcación y la estación donde fue tomado este dato, se optó por aquella fuente cuya georreferencia fuese coincidente con las estaciones de muestreo de la embarcación pertinente.

Si bien se realizaron controles rigurosos tanto a nivel de la obtención de los datos, de una adecuada clasificación taxonómica y su correcta georreferencia, el criterio imperante fue el de priorizar la sobrerrepresentación sobre la subrepresentación.

3.3. Resultados

3.3.1. Resultados generales

Se obtuvo una base de datos primaria con 4942 registros. De estos, el 44,5% se obtuvo a partir de las *BIN*, mientras que el restante 55,5% se obtuvo de la literatura científica y

otras fuentes de datos (Figura 11). Las principales *BIN* utilizadas fueron *GBIF* y *OBIS*. Los datos obtenidos en *GBIF* fueron cargados en la plataforma por al menos 20 instituciones u otras redes de biodiversidad. Dentro de estas el principal proveedor en términos globales es el Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" aportando 777 de los datos primarios. Otras instituciones como el Museo de Harvard, el Museo de Historia Natural de Londres, o la Colección Moluscos de la Universidad Federal de Río de Janeiro, también aportaron una gran cantidad de datos.

Con respecto a la información biológica obtenida a partir de la literatura científica y otras fuentes de datos, la mayor cantidad de datos biológicos registrados corresponden principalmente del phylum Mollusca, con énfasis en la clase Gastropoda, obtenidos a partir de Carranza et al. (2010) (en Apéndice S3; Tabla S5). Adicionalmente, se obtuvieron datos de otros grupos biológicos relevantes como Aplacophora, Polyplacophora, Bivalvia (Scarabino, 2003 b, 2003a, 2003c); Ascidias (Scarabino et al., 2018); Pycnogonida (Scarabino et al., 2019); Crustáceos-Decápodos (Rotllant et al., 2020); comunidad bentónica costera (Milstein et al., 1976); comunidad bentónica de plataforma continental y talud continental, excepto Mollusca, Arthropoda y Annelida (Carranza et al., 2022). Para el phylum Annelida, clase Polychaeta, los registros se obtuvieron de la base de datos Nonato Data Base (Pagliosa et al., 2014) (Figura 11).

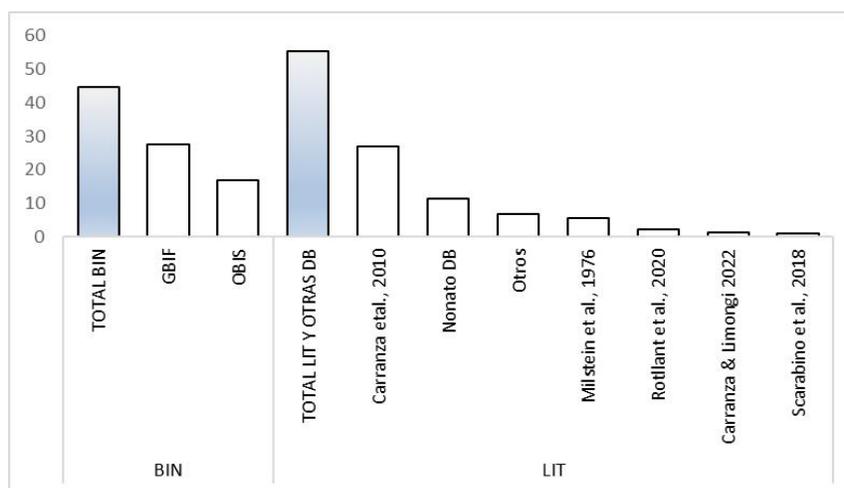


Figura 11. Representación porcentual de los datos biológicos de la base de datos, y de las fuentes de información.

3.3.2. Depuración de la base de datos

Del total de registros obtenidos en la base de datos, se eliminaron 1357 datos primarios. Los motivos por los cuáles un registro es eliminado de la base de datos son, 1) geográficas, registros fuera de los límites del área de estudio; 2) sobrerrepresentación de datos, mismo dato representado en más de una ocasión; 3) datos incorrectamente georreferenciados o taxones mal clasificados.

Por lo tanto, se generó una última base de datos filtrada con 3585 registros de invertebrados bentónicos (Figura 12). El phylum con mayor cantidad de registros es Mollusca, seguidos en orden decreciente por Arthropoda, Annelida, Echinodermata, Cnidaria, Porifera, Chordata, Bryozoa, Nematoda, Hemichordata y Brachiopoda (Figura 13, Tabla 4). La base de datos filtrada incluyó un total de 1126 registros a nivel del *taxa* más bajo (incluidas en 753 géneros) en toda el área de estudio.

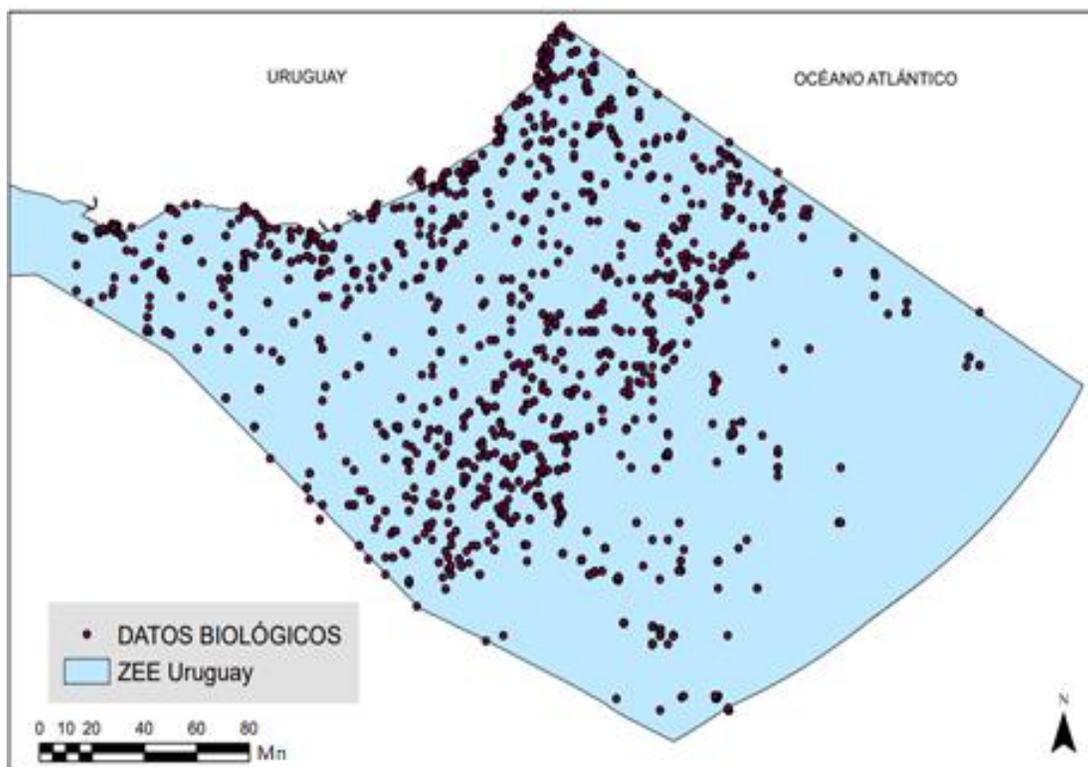


Figura 12. Distribución geográfica de la información biológica obtenida de las distintas fuentes de información. Los distintos puntos que se observan en el mapa pueden contener más de un registro biológico por punto.

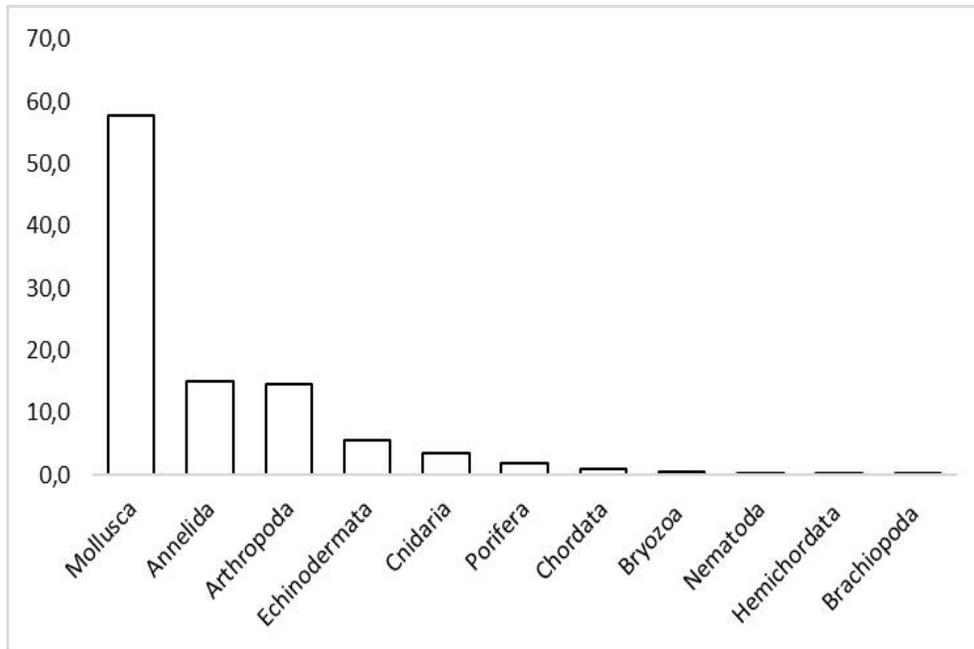


Figura 13. Representación porcentual del total de registros biológicos agrupados por phylum.

3.3.3. Grupos biológicos

El phylum Mollusca se encuentra mayormente representado en la base de datos, dentro de este, se registraron 7 clases, entre los que se destacan Gastropoda (64,6%) y Bivalvia (32,4%) (Tabla 4). Dentro de los Gastropoda, se obtuvo registros de más de 70 familias, incluyendo especies con antecedentes biogeográficos de relevancia para este trabajo como *Fusitriton magellanicus*, los Volutidos *Adelomelon beckii*, *Adelomelon riosi* y *Odontocymbiola magellanica*. En Bivalvia, se destaca la presencia de varias especies quimiosintéticas (*Adontorhina transversa*, *Axinulus alleni*, *Axinulus brevis*, *Mendicula inflata*, *Mendicula oblonga*, entre otras) de la familia Thyasiridae, o de interés comercial como *Zygochlamys patagonica*.

El segundo grupo en cantidad de registros pertenece al phylum Arthropoda. Dentro de este phylum, se encuentra *Chaceon notialis* (Cangrejo rojo) especie considerado como Elemento de Relevancia Biológica por el SNAP (AltaMAR, 2016) y de interés comercial para el país, además de camarones (Sergestidae, Penaeidae) y arañas marinas (Pycnogonida – Nymphonidae) entre otros tantos (Tabla 4).

Los Cnidarios se encuentran representados casi exclusivamente por la Clase Anthozoa (95,4%), con 21 familias, dentro de las cuáles se encuentran anémonas como *Ceriantheopsis americana*, *Cerianthus sp.*, *Carcinactis dolosa* y corales duros como *Desmophyllum pertusum* y *Flabellum apertum*.

Con respecto a Hydrozoa, si bien son escasos los registros en la base de datos, solo el 4,6% de los Cnidarios (Tabla 4), se destaca la ocurrencia de especies potencialmente indicadoras de ecosistemas marinos vulnerables como *Lytocarpia canepa*, *Nemertesia ramosa*, *Symplectoscyphus subdichotomus*. El phylum Echinodermata se encuentra representado por 19 familias de estrellas de mar (Asteroidea), 7 familias de erizos (Echinoidea) y varias especies de pepinos de mar (Holothuroidea), lirios de mar (Crinoidea) como *Bathycrinus australis* y ofiueros (Ophiuroidea) como *Gorgonocephalus chilensis*. Para el phylum Porifera, la clase Demospongiae es la que se encuentra mayormente representada, incluyendo familias como Callyspongiidae, Chalinidae, y Dictyonellidae, entre otras.

El resto de los registros se distribuye entre los phyla Annelida, Chordata, Bryozoa, Nematoda, Hemichordata y Brachiopoda (Tabla 4), el phylum Annelida es el que presenta mayor número de registros, compuestos por 45 familias de poliquetos. Para este grupo se destaca la presencia de un registro de la especie asociada a ambientes quimiosintéticos, *Lamellibranchia victori*.

3.3.4. Especies indicadoras de Ecosistemas Marinos Vulnerables

Se cuenta en la base de datos 171 registros, representados por un total de 62 *taxa* potencialmente indicadores de EMV. Los principales grupos biológicos a tener en cuenta son anémonas, corales duros, corales negros, corales copa, especies quimio-sintéticas, esponjas, Hidrozoos, plumas de mar y Ophiuros.

Tabla 4. Representación de los datos biológicos según phyla y clase. Se clasificó la información biológica obtenida en función del número de registros que presentan las distintos phylum y clases, en números totales y porcentuales.

Phylum	Clase	N° registros/Clase	% Clase	N° registros/Phylum	% Phylum
Arthropoda	Arachnida	13	3,0	437	16,0
	Malacostraca	355	81,2		
	Ostracoda	26	5,9		
	Pycnogonida	34	7,8		
	Thecostraca	9	2,1		
Mollusca	Bivalvia	529	32,4	1632	59,6
	Caudofoveata	17	1,0		
	Cephalopoda	12	0,7		
	Gastropoda	1055	64,6		
	Polyplocophora	6	0,4		
	Scaphopoda	13	0,8		
Annelida	Annelida incertae sedis	2	0,8	244	8,9
	Clitellata	3	1,2		
	Polychaeta	222	91,0		
	Sipuncula	17	7,0		
Echinodermata	Asteroidea	92	50,0	184	6,7
	Crinoidea	2	1,1		
	Echinoidea	51	27,7		
	Holothuroidea	15	8,2		
	Ophiuroidea	24	13,0		
Cnidaria	Anthozoa	103	95,4	108	3,9
	Hydrozoa	5	4,6		
Porifera	Demospongiae	65	98,5	66	2,4
	Hexactinellida	1	1,5		
Chordata	Ascidacea	35	100,0	35	1,3
Bryozoa	Gymnolaemata	10	41,7	24	0,9
	Phylactolaemata	2	8,3		
	Stenolaemata	2	8,3		
Nematoda	Enoplea	10	100,0	10	0,4
Hemichordata	Indet			5	0,2
Brachiopoda	Rhynchonellata	3	100	3	0,1

Se identificaron en la base de datos 2 familias (Cerianthidae y Sagartiidae) pertenecientes al orden Actiniaria, asociadas a “Fondos blando de agregación de anémonas”. Por otra parte, los corales copa están representados por 2 especies de Scleractinias de la familia Flabellidae, asociados a los “Jardines de coral de fondo blando”. Otro tipo de coral presente en la base de datos son los “corales duros”, representados por 2 familias. La familia Caryophylliidae, la cual se encuentra representada por la especie *Desmophyllum pertusum*, asociada al hábitat “Arrecife de coral de aguas frías”, dominado por los “Arrecifes de coral de *Desmophyllum pertusum*”; y la familia Oculinidae representada por la especie *Bathelia candida* asociada al hábitat “Jardín de coral de fondo duro”. Con respecto a las especies quimiosintéticas, se identificaron 19 especies de bivalvos de la familia Thyasiridae, relacionado con “fuentes hidrotermales”, así como el poliqueto *Lamellibranchia victori*. Las gorgonias están representadas por 14 especies, principalmente de la familia Primnoidae, y el coral negro (*Schizopathes crassa*), los cuáles son especies indicadoras de la presencia de “Jaridines de coral” dominados por “gorgonias y corales negros”. También se identificaron 3 especies de plumas de mar (*Bathycrinus australis* y *Bathycrinus aldrichianus*), asociadas al hábitat “Campos de lápices de mar”, entre otros.

Por lo tanto, la base de datos generada en el presente trabajo sintetiza una gran cantidad de información, incluida información parcialmente inédita, con un control de calidad relativamente riguroso, a partir de la cual se podrán realizar numerosos trabajos en relación a la clasificación y mapeo del sistema bentónico marino uruguayo.

3.4. Discusión

3.4.1. Sesgos y desafíos

Se generó una base de datos biológica primaria potencialmente útil, con registros obtenidos a partir de diversas campañas desarrolladas desde el año 1876 (HMS Challenger) hasta el año 2016 (F/V Marianne). La base de datos generada en el presente trabajo representa una primera aproximación a la síntesis de registros georreferenciados para invertebrados bentónicos de la ZEE-U, ya que si bien existen ciertos trabajos que

sintetizan información sobre diversos grupos de invertebrados bentónicos (eg. Scarabino, 2006), ninguno incluye tal cantidad y variedad de registros. Sin embargo, esta base de datos no incluye la totalidad de los registros existentes, ya sea porque en el proceso de búsqueda no fue registrado o bien por motivos de tiempo no fueron incluidas, como el trabajo realizado por Ramalho et al. (2022), donde se describen 73 registros para el phylum Bryozoa. De igual manera, algunas especies explotadas comercialmente como *Zygochlamys patagonica* y *Chaceon notialis* (Defeo & Gutierrez, 2003; Gutierrez & Defeo, 2003; Delgado & Defeo, 2004; Gutierrez et al., 2011; Masello & Defeo, 2016) como demersales (eg.: *Dissostichus eleginoides*) (Silveira et al., 2016; Gianelli et al., 2018), están claramente subrepresentadas en la base de datos. Es necesario considerar que no se priorizó en la búsqueda de registros en la zona intermareal (profundidades menores a 10 m.). Los criterios por los cuáles se enfatiza en el *offshore*, se describen en detalle en el capítulo 4.

3.4.1.1. Redes digitales de información sobre biodiversidad

Se eliminó más de una cuarta parte (27%) de la base de datos primaria, principalmente porque se priorizó en la información obtenida en la literatura sobre la obtenidas en las BIN, de todas maneras, estas últimas representan una fuente de información nada despreciable (1659 registros). Sin embargo, es necesario realizar un riguroso control de la información ya que los sesgos que presenta perjudican la calidad de la información.

3.4.1.2. “Efecto Atlantis II”

Generalmente el conocimiento de la fauna marina, es mayor para aquellos ambientes más cercanos a la costa, disminuyendo el mismo en zonas alejadas de la costa (asociado a zonas de mayor profundidad). Sin embargo, se observan esfuerzos de investigación muy concentrados en una zona de relativamente pequeña dentro del área de estudio, a profundidades oceánicas entre los 2000 m a 4000 m, algo inusual cuando se observa la distribución del esfuerzo de investigación en el área. Este patrón ha sido reportado hasta ahora para ciertos grupos biológicos como Ascidiacea, Pycnogonida, Bryozoa, y Bivalvos.

Esto podría generar sesgos en la interpretación de la información, ya que determinados conjuntos de datos presentan un esfuerzo de investigación taxonómica mayor que el resto, que genera zonas aparentemente de gran diversidad, aunque las mismas no son claramente atribuibles a procesos biogeográficos o ecológicos, sino que representan un esfuerzo de investigación taxonómica de mayor dedicación a determinado conjunto de datos. En el presente trabajo destacamos este patrón, el cual denominamos el “Efecto Atlantis II”, en honor al B/O Atlantis II, crucero 60, en su campaña realizada en la ZEE-U (Figura 14).

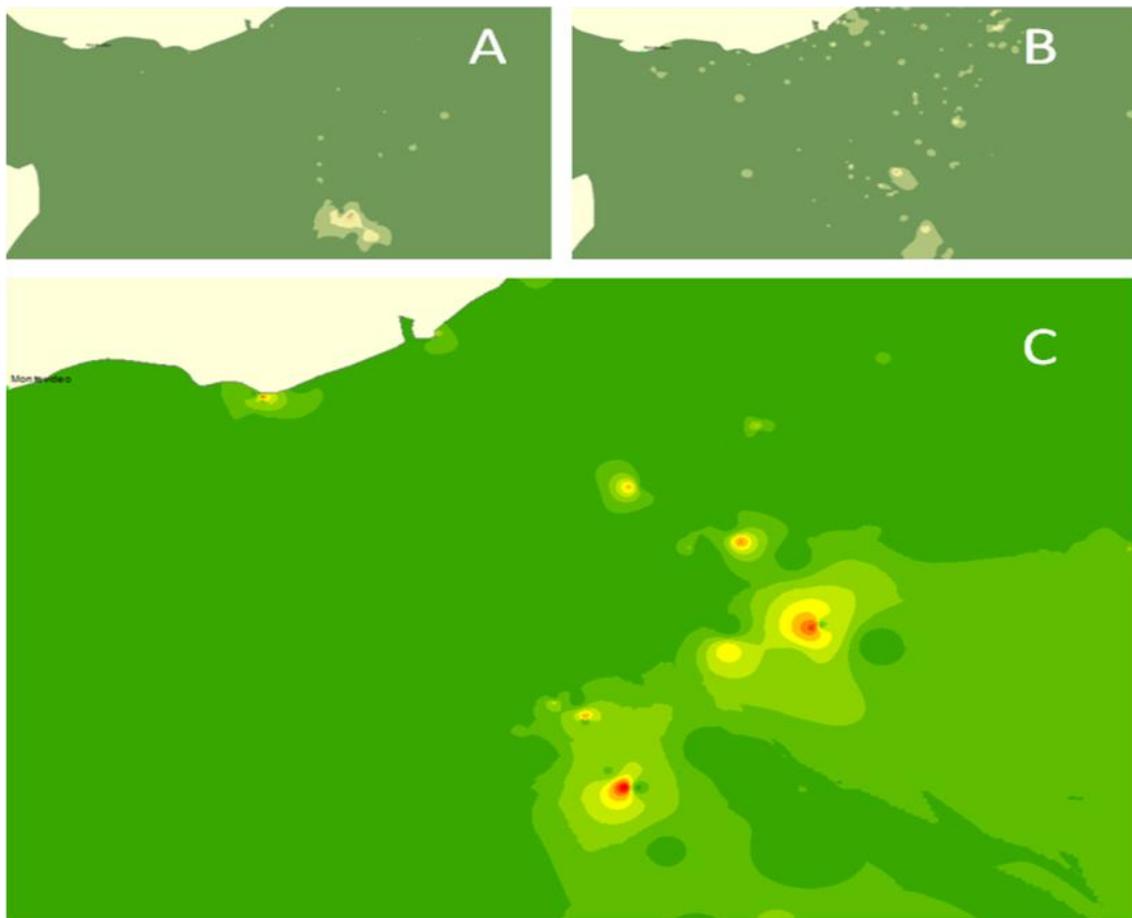


Figura 14. Resultados preliminares del patrón inusual de esfuerzo de muestreo, denominado por los autores como “Efecto Atlantis II”. A) Representación gráfica no supervisada de la cantidad de información disponible de la base de datos filtrada; B) base de datos curada después de comprobar la redundancia en la información de localización espacial; C) el “efecto Atlantis II” en acción. Los valores más altos del mapa de interpolación espacial pueden representar hasta 90 registros espurios de “taxones”.

3.4.1.3. Técnicas de muestreo utilizadas en el área

Las técnicas para obtener datos bentónicos utilizadas en las distintas campañas, como la draga y la red de arrastre, presentan ciertos sesgos debido a que el área muestreada y la eficiencia de la captura pueden limitar ciertas interpretaciones al respecto (Jørgensen et al., 2011). Además, estas artes de pesca pueden generar un impacto importante en poblaciones de fauna bentónica de gran tamaño, así como especies con caparazones frágiles, como los grandes bivalvos (Kaiser et al., 2000; 2006).

La eficiencia de la red de arrastre puede verse afectada por varios aspectos del diseño y la construcción, determinando que la red sea tamaño y/o especie dependiente (Kaiser et al., 2006). La eficiencia de la draga depende del tipo de sustrato donde se aplique, ya que resulta sumamente difícil o en algunos casos imposible de usar en sedimentos gruesos donde las piedras evitan el cierre adecuado de la misma. Además, con el uso de la draga, especies de mayor tamaño y/o aquellas con distribución geográfica limitada, pueden no ser muestreados adecuadamente con esta técnica (Jørgensen et al., 2011). En la actualidad existen otras técnicas como video remoto y fotografía fija, las cuáles también se utilizan para evaluar la epifauna del área muestreada, sin necesidad de que exista colecta de material físico (Anisimova et al., 2010; Jørgensen et al., 2011), aunque esto compromete seriamente la capacidad de determinar las especies presentes.

3.5. Conclusiones

Según nuestra revisión bibliográfica (pág. 51), existen no menos de 879 especies de invertebrados bentónicos reportados para La ZEE Uruguaya. En esta línea, en el presente trabajo se incluyen unas 247 adicionales, 1126 *taxa* en total. Sin embargo, este no representa por sus características una revisión dirigida a la identificación de las especies, ya que para tal fin es necesario analizar el material depositado en colecciones, o en su defecto registrar la especie en cuestión en la misma área donde fue registrada (Scarabino, 2006). En este contexto, los registros enumerados para cada especie no deben considerarse como necesariamente aceptados aquí ya que consideramos que no han

recibido en muchos casos una verificación taxonómica adecuada. De todas maneras, si bien es posible que la base de datos aún presente errores taxonómicos, es de esperar que a nivel de género los errores en cuanto a la clasificación taxonómica sean menores, en este sentido se registraron 753 géneros. Sin embargo, considerando la cantidad de *taxa* registradas en el presente trabajo, resulta al menos alentador como potencial base de datos para generar diversos insumos en relación a los vacíos de información de los sistemas bentónicos del fondo marino uruguayo.

CAPÍTULO 4

4. Mapeo preliminar del sistema marino bentónico de la Zona Económica Exclusiva uruguaya⁸

Resumen

La mayor parte del planeta se encuentra cubierto por aguas oceánicas alejadas de la zona costera, donde el conocimiento de la diversidad asociada al fondo marino es aún escaso. Incluso, la mayoría de los esfuerzos de la comunidad científica presentan un claro sesgo orientado principalmente hacia el sistema pelágico o bentónico costero, producto muchas veces de limitaciones logísticas, donde los avances en el conocimiento del sistema bentónico de aguas profundas son aún insuficientes. Actualmente, existen diversos sistemas de clasificación de ecosistemas marinos a nivel internacional, y a pesar de los valiosos antecedentes dirigidos a establecer áreas prioritarias para la conservación y elementos de relevancia ecológica, Uruguay no cuenta aún con un sistema de clasificación para ambientes bentónicos marinos. El presente capítulo presenta una bioregionalización para el sistema bentónico en la ZEE-U. Para tal fin, se analizaron los registros biológicos detallados en el capítulo 3, junto con aquellas variables ambientales (batimetría, masas de agua y salinidad, ver capítulo 2) que estructuran las comunidades marinas bentónicas. Operativamente se categorizaron *a priori* las variables ambientales en base a criterios ya establecidos, evaluándose luego cuáles de estos grupos resultaron estadísticamente significativos en el contexto de un análisis de agrupamiento multivariado. Se encontraron 11 combinaciones únicas a partir de las nuevas categorías obtenidas, representándose en el espacio de manera tal que cada registro biológico se asoció a alguna de estas nuevas categorías o potenciales regiones bentónicas. Finalmente, se evaluó la significancia estadística de esta categorización en regiones bentónicas a partir de un análisis no paramétrico de similaridad (ANOSIM). Los resultados obtenidos sugieren 9 regiones bentónicas estructuradas por la batimetría, masas de agua y la salinidad. Estos resultados

⁸ Los resultados obtenidos en el presente capítulo fueron publicados como:

Limongi P, Ortega L, Horta S, Burone L & Carranza A (2023) Bioregionalization in a data-poor situation: Mapping of Uruguayan marine benthic regions. *Front. Mar. Sci.* 10:1130827. doi: 10.3389/fmars.2023.1130827

no dependen del tipo de datos faunísticos utilizados (presencia-ausencia o abundancia), del nivel taxonómico (especies o géneros) ni de si se excluyen o consideran especies raras (con un único registro en la base de datos). Los resultados obtenidos en este trabajo resultan un insumo crítico para una adecuada Planificación Espacial Marina (PEM) de la ZEE-U y así avanzar con los objetivos asumidos por el país respecto al Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de las Naciones Unidas para el 2030.

4.1. Introducción

4.1.1. Biorregionalización

Las nuevas tendencias de las políticas internacionales con respecto a la gestión de los océanos, proponen un enfoque para la gestión global, integrada y basada en los ecosistemas. Estas políticas se encuentran dirigidas con énfasis en la Planificación Espacial Costera y Marina (Cicin-Sain & Knecht, 2000; Wescott, 2000; Koivurova, 2009; Stokstad, 2009). Este nuevo enfoque propone que los “límites” en los cuáles basar una adecuada planificación y gestión de los océanos se den (o consideren) teniendo en cuenta la distribución de los hábitats y su diversidad asociada, y no en base a límites sectoriales o jurisdiccionales. Se entiende que una clasificación biorregional es un componente importante de este proceso, ya que delimita zonas con propiedades físicas y biológicas comunes que definen las características de las comunidades (bentónicas en este caso) (Cicin-Sain & Knecht, 2000). Estos enfoques de clasificación biogeográficos resultan esenciales para desarrollar sistemas ecológicamente representativos del sistema marino, con el fin de generar insumos para priorizar la protección de aquellas zonas de mayor relevancia ecológica (Spalding et al., 2007). El enfoque de biorregionalización se ha aplicado de forma útil en varios países del mundo (e.g. Butler et al., 2017; Livingstone et al., 2018) e incluso a escala global (e.g. Spalding et al., 2007).

4.1.2. Insumos para el mapeo de ambientes bentónicos marinos

El hábitat bentónico representa un ambiente determinado que puede distinguirse por sus características abióticas y biológicas, operando a una escala particular, donde es posible determinar las dinámicas espaciales y temporales dentro de un área geográfica concreta (Populus et al., 2017). El mapeo de un hábitat es el proceso de integrar características geológicas, químicas y oceanográficas de un ambiente particular con información biológica del sitio (Todd et al., 1999), con el fin de representar espacialmente unidades de hábitat descriptibles y clasificables. Por otra parte, la clasificación del hábitat es el proceso de identificar los distintos tipos de hábitat representados, basados en un conjunto de

términos estándar previamente establecidos (Costello, 2009). A partir de esta clasificación es posible producir una narrativa y descripciones ilustrativas de hábitats, facilitando su lectura y comprensión por un público en general y por los tomadores de decisiones.

Por lo tanto, los mapas de hábitat bentónicos representan la distribución y extensión de las características abióticas y bióticas combinadas de ambientes discretos del lecho marino en un contexto espacial (Auster et al., 2009; Brown et al., 2011; Harris & Baker 2012; Zajac et al., 2020). Permiten determinar patrones y procesos que subyacen a la distribución de la fauna bentónica, así como establecer líneas de base ambiental (entendida como la condición de referencia que representa el estado de las condiciones ambientales) y contribuir a definir aquellas áreas consideradas prioritarias para la conservación (Greene et al., 1999; Rooper & Zimmermann 2007; Brown & Collier 2008; Valesini et al., 2010). Por último, contribuye a la toma de decisiones informadas sobre el nivel de prioridad en la conservación y/o de amenaza que presenta determinado hábitat, y así adoptar un enfoque estratégico adecuado (Townsend et al., 2018).

4.1.3. Variables estructuradoras

Los límites de distribución de las especies y su relación con los factores ambientales que determinan dicha distribución, han recibido históricamente gran interés por parte de la comunidad científica, con el afán de identificar qué factores ambientales coinciden con las fronteras de distribución de las especies (Brown et al., 1996; Parmesan et al., 2005). A escala global, los primeros mapas biogeográficos marinos se basaron en el concepto de zonación climática, del cual se desprende la ley de zonación latitudinal descrito por Dana (1853) y (Forbes, 1856). Este concepto señala que las diferencias en la temperatura son el factor primario relacionado con la diferenciación biogeográfica (Okolodkov, 2010) lo que determina a su vez las características oceanográficas latitudinales. A escala similar Stepanov (1974), propone una división física oceanográfica del Océano Global y los principales frentes oceánicos: Ártico, Subártico, Tropical del Norte, Subecuatorial, Ecuatorial, Tropical del Sur, Subantártico, Antártico.

A una escala regional, patrones batimétricos e hidrológicos constituyen límites biogeográficos naturales en la distribución de las especies (eg, LME (Large Marine Ecosystem)) (Hempel & Sherman, 2003). La profundidad actúa como una gran fuerza estructuradora de las comunidades marinas (Gage & Tyler 1991; Gage 2004), incluidos los invertebrados bentónicos (Olivier 1972; Rex 1981; Rex et al., 2006; Carranza et al., 2010, Rex & Etter 2010; Brown & Thatje, 2014). Las masas de agua dominantes en los procesos oceanográficos también actúan como una fuerza estructuradora en los ambientes marinos. Las propiedades físicas y biogeoquímicas distintivas que las identifican (o definen), imparten una estructura vertical al fondo oceánico, influyendo potencialmente en la distribución de la fauna bentónica (Puerta et al., 2020; Roberts, Bowers et al., 2021). Estos patrones han sido reportados para esta región del ASO por Piola et al. (2001; 2005; 2018). Adicionalmente, las grandes regiones marinas están asociadas a claros gradientes de discontinuidad en la salinidad (Levinton, 1995). En particular, existen efectos evidentes del gradiente salino reportados para los invertebrados bentónicos, principalmente en ecosistemas costeros, incluso se han registrado ensambles bentónicos en función de gradientes de salinidad para esta región. (Giberto et al., 2004; Lercari & Defeo 2006; Defeo et al., 2009; Giménez et al., 2010; Day Jr et al., 2012).

A menor escala los procesos morfosedimentarios, contribuyen en la configuración de hábitat determinados (Brown & Collier, 2008; Gray & Elliott, 2009; Brown et al., 2011). Existe un fuerte sustento teórico en cuanto a que las comunidades bentónicas presentan una gran variabilidad asociada al tipo de sedimento predominante de un área determinada (Kinner et al., 1974; Harloff & Mackensen, 1997; Hewitt et al., 2004, Gray & Elliott, 2009). Por otra parte, la geomorfología del fondo en el quiebre del talud y a lo largo de este, presenta una variedad de características de micro y macro escala (Muñoz et al., 2010, Franco-Fraguas et al., 2014; 2016; Hernández-Molina et al., 2016). Los *pockmarks* comunes en estas zonas, se encuentran muchas veces asociados a los *coldseeps* o liberaciones de metano, los cuáles constituyen parte fundamental de los

ecosistemas quimiosintéticos, al igual que ocurre con las fuentes hidrotermales (Tyler et al., 2002). Los corales de agua fría se encuentran generalmente asociados a la presencia de grandes montículos de sedimentos en talud continental y planicie (Roberts et al., 2006), y en algunos casos como ocurre al sur del Margen Continental de Brasil (Montículo Carbonatado *Alpha Crucis*) asociados a escape de fluidos subsuperficiales (Maly et al., 2019). La presencia de varios cañones, con características altamente erosivas (Masson et al., 2006), indica zonas de gran energía asociada al fondo marino (Hernández-Molina et al., 2016; Franco-Fraguas et al., 2017). El régimen erosivo de los cañones, influye incluso en los depósitos de sedimentos de la planicie abisal, donde se encuentran grandes zonas con distintas facies sedimentarias asociadas a sus abanicos (Hernández-Molina et al., 2016).

4.1.4. Enfoques

La distribución de organismos marinos difiere claramente entre las diferentes regiones oceánicas (Ekman, 1953), donde los rangos geográficos son generalmente más grandes para especies pelágicas que bentónicas y para especies de aguas profundas que de aguas someras (Macpherson, 2003). Por tales motivos, actualmente, se ha sugerido separar los océanos en 3 dominios: bentónico costero, bentónico de aguas profundas y sistema pelágico (Spalding et al., 2007; Spalding et al., 2012; Watling et al. 2013).

Para lograr abarcar la gran extensión de área que requiere el dominio bentónico de aguas profundas, es necesario utilizar distintos enfoques para su mapeo. En este sentido, los enfoques a gran escala resultan sumamente útiles, aunque enfoques a menor escala también generan grandes aportes para un mapeo más detallado (LaFrance et al., 2014). Estos enfoques parten de perspectivas distintas para analizar los componentes del sistema, “Ascendente” (o *Bottom up*) y “Descendente” (o *Top down*). Ambos enfoques tienen la capacidad de establecer relaciones biótico-abióticas estadísticamente significativas con características geológicas, sedimentológicas, de profundidad y/o heterogeneidad del hábitat en varias escalas espaciales (Hewitt et al., 2004; Shumchenia & King, 2010). Estas características les confiere la capacidad de discernir en un grado comparable la

variabilidad de hábitat, así como de producir ensambles cohesivos para la fauna bentónica (Hewitt et al., 2004; LaFrance et al., 2014).

4.1.4.1. Aproximación “Descendente”

El enfoque tradicional de mapeo “Descendente”, pone énfasis en los datos ambientales como *proxy* para identificar patrones biológicos de comunidades contenidas dentro de unidades de mapeo geológicas previamente definidas (Hewitt et al., 2004), bajo el supuesto que distintas unidades geológicas contienen ensambles biológicos definidos (Shumchenia & King, 2010). Este enfoque “Descendente” genera clases/tipos de cobertura o representación de hábitats claramente delineados, los cuáles pueden ser fácilmente interpretados, lo que lo convierte en una útil herramienta para avanzar en la PEM. De todas maneras, este enfoque presenta debilidades a la hora de incorporar cierta variabilidad biológica, por lo cual, las comunidades biológicas podrían estar siendo afectadas por otros factores (e.g. inter e intraespecíficos, antrópicos), los cuáles no se perciben a esta escala (Greene et al., 1999; Kenny et al., 2003).

4.1.4.2. Aproximación “Ascendente”

El enfoque “Ascendente”, pone énfasis en la información biológica con la finalidad de determinar unidades de ensambles bentónicos que actúen como unidades de mapeo (Hewitt et al., 2004). Este enfoque no solo posibilita determinar la existencia y distribución de comunidades biológicas, sino que además permite inferir las distintas asociaciones abióticas de mayor escala (e.g. geomorfología, tipo de sedimento), permitiendo así el mapeo de áreas amplias (LaFrance et al., 2014). Este enfoque permite generar tipos o clases de hábitat a menor escala que el enfoque “descendente”, identificar *taxa* definidos para cada clase, permite una mayor distinción entre las comunidades bentónicas, así como identificar otros factores ambientales que podrían estar influyendo en la distribución de las comunidades bentónicas y que no son discernibles a partir del enfoque “Descendente” (Smith et al., 2015).

Para lograr una coherencia ecológica en la clasificación de las distintas regiones marinas a nivel mundial, es necesario tener la capacidad de combinar el mapeo de hábitats provenientes de programas nacionales e internacionales. Sin embargo, hasta la fecha, no existe un consenso a nivel mundial con definiciones reconocidas y acordadas, así como un sistema de clasificación común para aguas profundas. Afortunadamente, enfoques del tipo “Ascendentes” permiten comparar, validar y co-construir lo sugerido por enfoques “Descendentes”. En este trabajo se combinarán las aproximaciones “Ascendentes” y “Descendentes”, en el mapeo del fondo marino de la ZEE-U. Este es un proceso crítico para una adecuada PEM, ya que permite entender la distribución y diversidad de los hábitats marinos profundos. Estos mapas pueden ser útiles, por ejemplo, en la planificación de áreas marinas protegidas, en la gestión pesquera, para focalizar los esfuerzos de muestreo, y ayudar a comprender mejor la ecología del fondo marino (Robert et al., 2016).

4.1.4.3. *Antecedentes internacionales*

Si bien no existe un consenso internacional para determinar, clasificar y mapear los hábitats bentónicos, algunos países han diseñado diferentes esquemas de clasificación para el mapeo del fondo marino.

A modo de ejemplo, la “Clasificación del Medio Marino Bentónico Optimizada” (*BOMECE*, por sus siglas en inglés), diseñado por el gobierno de Nueva Zelanda (Bowden et al. 2011). *BOMECE* divide el ambiente bentónico en 15 tipos de ambientes o ecosistemas distintos. Estos se dividen en tres grupos costeros, tres grupos de plataforma continental y nueve grupos de aguas profundas (talud continental, elevación continental y fondo oceánico). Cada grupo representa áreas con variables ambientales similares, como profundidad, temperatura, salinidad y sedimentos en suspensión. El sistema de clasificación considera las distribuciones de ocho grupos taxonómicos bentónicos: asteroides, briozoos, foraminíferos bentónicos, octocorales, poliquetos, corales formadores de arrecifes (*Scleractinia*), esponjas y peces bentónicos.

El sistema de clasificación de hábitats denominado Sistema de Información sobre la Naturaleza de la Unión Europea (EUNIS, por sus siglas en inglés), tiene como objetivo proporcionar un marco de referencia para el mapeo de los distintos tipos de hábitats terrestres, de agua dulce y marinos de Europa (Davies, et al., 2004). EUNIS es el resultado de la armonización de diferentes métodos de caracterización del paisaje marino donde se combinan características abióticas a través de claves jerárquicas, generando descripciones de hábitats, incluso niveles de detalle aún mayor (Davies, et al., 2004). Otra de las virtudes de esta metodología de tipo descendente que utiliza datos abióticos, es que permite incorporar datos biológicos para análisis más detallados (Mussi, 2017).

En los Estados Unidos la Norma de Clasificación Ecológica Costera y Marina (CMECS), representa un sistema de clasificación que proporciona un medio para clasificar las unidades ecológicas usando un simple formato estándar y terminología común. CMECS usa el término "unidad" para referirse a cualquier entidad definida en el estándar a cualquier nivel jerárquico. CMECS ofrece una forma de organizar e interpretar datos sobre el entorno marino y proporciona una plataforma común para interrelacionar datos (Federal Geographic Data Committee, 2012). La metodología utilizada clasifica paisajes marinos a partir de datos físicos y biológicos, siendo el principal objetivo de este sistema de clasificación, integrar la información contenida en bancos de datos ya existentes (Mussi, 2017).

Por otro lado, el enfoque de clasificación "zona/hábitat" desarrollado por el Consejo de Gestión Pesquera del Caribe, define las comunidades bentónicas sobre la base de dos atributos: grandes "zonas" geográficas que se componen de hábitats más pequeños (Agüero, 2006). La zona se refiere solo a la distribución espacial de las comunidades bentónicas, mientras que los hábitats se refieren únicamente al sustrato y/o al tipo de cobertura. La descripción de cada zona y hábitat incluye el análisis de fotografías submarinas e imágenes aéreas. En total se identificaron nueve zonas mutuamente

excluyentes desde del continente hasta el océano profundo, y 26 tipos de hábitats distintos y no superpuestos que podrían ser mapeados por fotointerpretación visual.

En Gran Bretaña e Irlanda, la Junta Nacional Comprometida con la Conservación (*JNCC*, por sus siglas en inglés) ha desarrollado una nueva clasificación de hábitats marinos para aguas profundas (Parry et al., 2015). Esta clasificación utiliza distintas categorías de factores ambientales, grandes comunidades biológicas y asociaciones biológicas específicas para la clasificación de hábitats en estos ambientes, constituyendo uno de los sistemas de clasificación de hábitats del fondo marino más completos del mundo. La clasificación enumera todos los hábitats del fondo marino que se conocen en las aguas del Reino Unido. Se describen 6 niveles, 1) grandes regiones marinas, 2) unidades geológicas, 3) intensidad de la energía, 4) grandes comunidades biológicas, 5) y 6) asociaciones biológicas específicas⁹.

4.1.4.4. *Antecedentes nacionales*

Si bien a nivel internacional se han desarrollado y se emplean actualmente diferentes esquemas de clasificación para los ambientes costeros y marinos, a nivel nacional el uso de este tipo de herramientas es aún incipiente. A los efectos de este trabajo, se enfatizarán algunos trabajos que incluyen información sobre invertebrados bentónicos para la definición de regiones discretas en el área de estudio.

Documento técnico de análisis diagnóstico transfronterizo FREPLATA

El proyecto binacional (Uruguay-Argentina) FREPLATA (Brazeiro et al., 2004), generó el Documento Técnico de Análisis Diagnóstico Transfronterizo, cuya área de interés es el RdIP y su Frente Marítimo. Dicho documento incluyó la revisión sistemática de la información existente, la adquisición de datos y observaciones de campo, y el análisis e integración de la información adquirida. Basado principalmente en Mianzan et al. (2001), Acha & Lo Nostro (2002) y Brazeiro et al. (2003), se compiló e integró toda la información

⁹ <https://mhc.jncc.gov.uk/>

existente desde una perspectiva regional, que permita visualizar la distribución espacial de la biodiversidad e identificar áreas prioritarias para la conservación. Esta evaluación de la biodiversidad acuática del RdIP y su Frente Marítimo tuvo como objetivos caracterizar y zonificar la biodiversidad acuática del RdIP y su Frente Marítimo e identificar Áreas Acuáticas Prioritarias (AAP), ya sea por su significativa biodiversidad o por su importancia funcional para el ecosistema.

Río de la Plata y zona marina adyacente

En Giberto et al. (2007), plantean una caracterización de las comunidades bentónicas del RdIP y plataforma mediante la utilización de muestreadores cuantitativos (dragas), considerando además aspectos ambientales principalmente la salinidad, pero también la influencia del sedimento en el desarrollo de las estructuras de las comunidades bentónicas del RdIP y el cambio de grupos dominantes en las zonas más cercanas a las aguas de características mixohalinas. Los resultados obtenidos indican tres grandes agrupamientos correspondientes a “Agua dulce”, “Estuarino” y “Marino”, esta clasificación está en concordancia con Berasategui et al. (2004), Giberto et al. (2004) y Burone et al. (2013).

Ensamblajes de gasterópodos bentónicos

En Carranza et al. (2008), se propone la existencia de dos ensamblajes principales biológicamente diferentes en un área de 210,000 km² (MCU y límite norte de mar territorial argentino) con conspicuos gradientes ambientales y grandes áreas de sistemas frontales. El primero se trata de un ensamblaje asociado con la zona bajo la influencia de la descarga de agua dulce del RdIP y aguas poco profundas de la plataforma continental interna y el segundo un ensamblaje asociado con la zona marina en la plataforma continental externa, que incluye fauna Magallánica (Subantártica) y Subtropical. Un análisis multivariado evidenció una correlación significativa entre las matrices ambientales y biológicas. Esta evidencia sugiere un efecto notable del entorno físico en la estructura espacial del ensamblaje. Consecuentemente, diversos estudios (Olivier, 1972; Scarabino,

1974; Floeter & Soares-Gomes, 1999), sugieren en la plataforma continental uruguaya la presencia de una zona de transición malacofaunística, registrándose gasterópodos megabentónicos (i.e. tamaño adulto > 5cm) (componente conspicuo de la biota bentónica, con particular relevancia ecológica y socioeconómica) de la Provincia Biogeográfica Argentina, Subantártica (Provincia Magallánica) y Subtropical.

Elementos de Relevancia Ecológica

Por otra parte, el trabajo realizado por el grupo de trabajo ad-hoc AltaMar DINAMA-MVOTMA (AltaMAR, 2016), en su definición de Elementos de Relevancia Ecológica (ERE) (Faugères et al., 1993) en la ZEE uruguaya, determinó criterios para la definición, clasificación, valoración y priorización de aquellos elementos considerados de relevancia ecológica. Adicionalmente, se mapeó una gran cantidad de información para desarrollar mapas de distribución conocida y potencial de cada ERE identificado, así como para determinar zonas de prioridad o especial atención. Concretamente se determinaron 16 EREs representados en 2 grandes grupos:

1) EREs físicos: se destacan 7 EREs, Zonas frontales, talud continental, cañones submarinos, *pockmarks*, elevaciones submarinas, arrecifes coralinos, sustratos biogénicos y consolidados.

2) EREs biológicos: donde se menciona al cangrejo rojo (*Chaceon notialis*), corvina (*Micropogonias furnieri*), pescadilla (*Cynoscion guatucupa*), merluza (*Merluccius hubbsi*), lobo Fino (*Arctocephalus australis*) y león marino (*Otaria flavescens*), tiburones pelágicos (*Carcharhinus brachyurus*, *Carcharhinus signatus*, *Sphyrna zygaena*, *Prionace glauca*, *Lamna nasus*, *Isurus oxyrinchus*), orcas (*Orcinus orca*) y otros cetáceos, aves marinas (albatros y petreles) y tortugas marinas (*Dermochelys coriacea*, *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata* y *Lepidochelys olivacea*).

Áreas acuáticas prioritarias

Brazeiro et al. (2003) describe para el RdIP y su frente marítimo, 5 regiones teniendo en cuenta características oceanográficas (masas de agua, salinidad, sedimentos) y batimétricas, junto con información biológica (bentónica y nerítica). Desde el límite del RdIP (línea Pta del Este – Pta. Rasa (Argentina)) hacia el estuario del RdIP se describe un ambiente de agua dulce (<2 unidades de salinidad) y un ambiente mixohalino (entre 2-25 unidades de salinidad); a nivel costero se describe el ambiente costero hasta los 50 m de profundidad; (< 25 unidades de salinidad y profundidades <50 m); luego el entorno de la plataforma continental (50-220 m de profundidad) y por último el quiebre de plataforma desde los 220 m hasta los 2300 m de profundidad.

Modelos conceptuales

Por último, Burone et al. (2021) proponen 2 grandes subsistemas, que abarcan; 1) Plataforma continental y 2) talud/elevación continental. Cada subsistema se describe mediante tres submodelos (propiedades físico-químicas, dinámica de los sedimentos, y dinámica del carbono). Además, cada subsistema está caracterizado por 3 entornos sedimentarios, para el subsistema, estos incluyen: a) Costa Atlántica, b) Paleocanal del RdIP, y c) Plataforma media y exterior. En el subsistema 2, se consideran: a) quiebre de plataforma y talud superior, b) talud medio, y c) Talud profundo y elevación continental.

Estos ambientes se interpretan en base a un modelo conceptual de "control" de los impulsores físicos (clima, geomorfología) y principales procesos oceanográficos (es decir, propiedades físico-químicas, sedimentos y dinámica del carbono) que ocurren a lo largo del MCU, revisando y sintetizando la información relevante disponible en base a un enfoque integrado. Esto incluye conceptualizaciones de los controles reales, procesos principales, retroalimentaciones e interacciones responsables de sistemas dinámicos (Burone et al., 2021).

Si bien existen distintos esfuerzos a nivel nacional para delimitar áreas de distribución de especies, así como áreas prioritarias para la conservación, no se ha desarrollado aún a nivel nacional una metodología que integre datos georreferenciados de invertebrados bentónicos con información relevante de tipo ambiental para la ZEE-U. En este contexto, el presente capítulo tiene como objetivos integrar la información física y biológica presentada en los capítulos anteriores, mediante el uso de un SIG, además de seleccionar aquellas áreas del ZEE-U donde es posible inferir o documentar la existencia de ambientes bentónicos discretos. Por último, realizar una representación gráfica de diferentes ambientes bentónicos y de los procesos de acoplamiento oceanográfico-biológicos que presenta la ZEE-U.

4.2. Metodología

4.2.1. Fuentes de información utilizadas

Los detalles metodológicos de los procesos de obtención de la información utilizada en el presente capítulo, se detalla en capítulos 2 (información ambiental) y 3 (información biológica).

4.2.2. Delimitación del área de estudio

El área de estudio comprende la totalidad de la ZEE-U, cuyos límites son: a) al sur la ZEE Argentina, b) al norte la ZEE Brasil, c) límite *offshore* a 200 mn de la costa, d) a nivel de costa el límite de exclusión de las 7 mn; y e) hacia el RdIP, el límite jurídico del RdIP.

Por lo tanto, los límites planteados son la línea de exclusión de pesca de arrastre ubicada a 7 mn de distancia de la costa y el límite del RdIP (Pta. Del Este (Uruguay) – Pta. Rasa (Argentina)). Este criterio se debe en parte a que la zona costera presenta distintas leyes y normativas, en las que además participan varios actores estatales. Algunos ejemplos son la Ley de Ordenamiento Territorial (Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible, N° 18308, 2008), la cual permite a cada uno de los departamentos del país generar sus propios planes de gestión costera hasta el mar territorial (7 mn) inclusive. Mientras que la Directiva de Zonas Costeras (Ley N°19772, 2019), coordinada por el

Comité Nacional de Ordenamiento Territorial, también influye en los planes de gestión costera y del mar territorial. Por lo tanto, la región costera tiene varios marcos regulatorios, incluidas áreas marinas protegidas y zonas de prohibición de pesca. Para el resto de la ZEE-U, la legislación difiere de la costera, además de que existen vacíos legales en cuanto a la delimitación de zonas prioritarias para la conservación, zonas de exclusión pesquera o la creación de Áreas Marinas Protegidas (AMP).

4.2.3. Selección de las variables ambientales

En la Figura 15 se resume el proceso y criterios utilizados para la delimitación de las regiones bentónicas. Para tal fin, en primera instancia se seleccionaron 3 variables ambientales, batimetría, masas de agua y salinidad, las cuáles se categorizaron *a priori* en base a criterios ya establecidos. En lo que respecta a la batimetría, se utilizaron 10 categorías de rango de profundidad. En la plataforma continental interna (hasta los 50 m de profundidad) y siguiendo a Scarabino (2006), se determinaron las categorías batimétricas entre las isóbatas de 0 a 10 m y de 10 a 50 m. A partir de los 50 m de profundidad, se utilizaron aquellas isóbatas comúnmente utilizadas como referencia en la literatura científica del área (e.g. Barreiro et al., 2014; Burone et al., 2021), las categorías incluyeron de 50 a 100 m, 100 a 200 m, 200 a 500 m, de 500 a 1000 m, de 1000 a 2000 m, de 2000 a 3000 m, 3000 a 4000 m y mayor a 4000 m.

Para la salinidad se utilizaron valores promedios de salinidad de fondo, y se consideraron 3 categorías de salinidad, de 27 a 31.5, de 31.5 a 33.5 y de 33.5 a 36, de acuerdo con Defeo et al. (2009).

El efecto de la temperatura se consideró utilizando el criterio de Mc Quaid et al. (2023), para producir un modelo espacialmente explícito de la distribución de masas de aguas de fondo. Este modelo se interpretó según Burone et al. (2021), basada en Sverdrup et al. (1942), Stramma & England (1999) y Peterson & Stramma (1991), a partir de lo cual se describen masas de agua superficiales como AT y ACAS (0-500 m) e intermedias

correspondiente a la AIA (500-1200 m). Las masas de agua ACSF, ANAF, ACIF, se distribuyen desde los 1200 a los 4000 m, respectivamente. Por último, AAF domina el fondo marino desde los 4000 m de profundidad en adelante (ver capítulo 2, sección 2.3.4. Propiedades físico-químicas).

4.2.4. Análisis estadísticos

Para evaluar si existe un efecto de las categorías definidas *a priori* sobre la estructura multivariada del ensamble de especies bentónicas se realizaron análisis para cada una de las variables, utilizando el software *PRIMER v7 (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research)* (Clarke & Gorley, 2015). Se analizó cada variable a nivel de especie y a nivel de género. Para cada uno de estos niveles se realizaron 6 análisis univariados con los siguientes enfoques: 1) Datos crudos, nivel de especie; 2) Presencia /ausencia a nivel especie; 3) Datos crudos, nivel de género; 4) Presencia /ausencia a nivel de género; 5) Datos crudos, nivel de especie, sin especies raras (únicamente especies con más de un registro); 6) Presencia/ausencia sin especies raras.

Los análisis realizados a distintos niveles taxonómicos tuvieron como finalidad disminuir los errores taxonómicos que podría presentar la base de datos, utilizando el criterio en el cual, calcificaciones en niveles taxonómicos mayores presentarán menor sesgo en su clasificación. Adicionalmente, con el fin de disminuir la influencia de los registros de especies sobre representación en la base de datos, se realizaron los análisis de presencia/ausencia.

La operativa para realizar los análisis mencionados consistió en crear una matriz de semejanza (a partir de cada matriz *taxa* por categoría). Posteriormente, la similitud entre “muestras” se calculó usando el índice de Bray-Curtis (Brower et al., 1984). Este índice se utiliza en ecología para cuantificar la disimilaridad composicional entre dos sitios diferentes. Para el análisis de cluster, se utilizó una agrupación jerárquica aglomerativa, evaluándose luego cuáles de estos grupos resultaron estadísticamente significativos

(SIMPROF) (Clarke et al., 2008) en el contexto de un análisis de agrupamiento (*CLUSTER*) multivariado. La significancia de los agrupamientos se evaluó mediante la rutina SIMPROF, para determinar si existe una estructura real en el subconjunto de datos correspondiente a cada rama del dendrograma. El perfil de similitud (SIMPROF) es un procedimiento de permutación que ordena las similitudes en la composición de un grupo de muestras y luego ordena estas similitudes en función de sus rangos (Clarke et al., 2008; Clarke & Gorley, 2015). La existencia de estructura puede ser considerada como una base objetiva para explorar aquellos subgrupos de cada variable estructuradora.

Aquellos subgrupos con apoyo estadístico que presentaron un consenso de al menos el 60% de todos los análisis realizados (las nuevas categorías obtenidas de cada variable), se interpretan como robustos frente a los sesgos de muestreo (como especies con un solo registro o errores taxonómicos), lo que permite obtener un análisis global más robusto. En base a este criterio se redefinieron las categorías iniciales de batimetría, salinidad y masas de agua. Una vez obtenidas las nuevas categorías, cada dato biológico georreferenciado se categorizó en base a estas categorías batimétricas, de salinidad y de masa de agua. Posteriormente, se representaron espacialmente los registros biológicos en función de las diferentes combinaciones de las nuevas categorías de las variables ambientales. Cada una de estas combinaciones es considerada como una potencial región bentónica.

Finalmente, se realizó un análisis de cluster (ver arriba), utilizando las regiones bentónicas como “muestras” y se evaluó su significancia estadística mediante el análisis no paramétrico de similaridad (ANOSIM) (Zubcoff, 2012). La significancia estadística de dicho coeficiente se obtuvo mediante un proceso de aleatorización, y se optó por un valor referencial de $p < 0.05$.

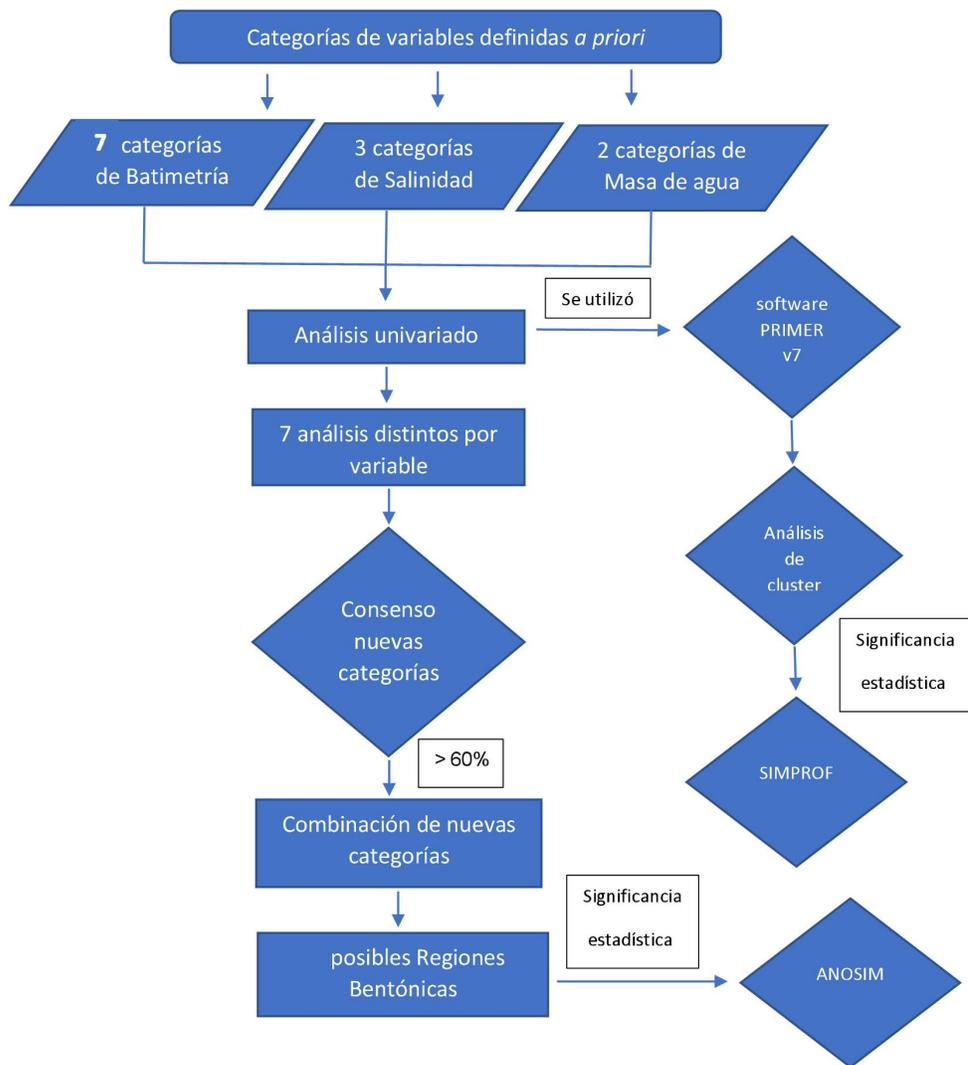


Figura 15. Diagrama de flujo del proceso realizado para la delimitación de regiones bentónicas.

4.2.5. Análisis de las Regiones Bentónicas

Dentro de cada región bentónica (RB) se repitieron los análisis univariados para sedimentos y geoformas. En caso de que alguno de estos análisis arroje resultados significativos con respecto a alguna de estas variables, las mismas representarían potenciales sub-regiones. Para aquellas variables sin significancia estadística, su interpretación fue únicamente descriptiva.

Adicionalmente, se realizó un análisis más detallado de la información biológica contenida en cada RB. En primer lugar, se analizó la composición de especies, lo cual permite una instancia más de control de datos que pudieran no ser coherentes o improbables, en lo que respecta a especies claramente no pertenecientes a determinados ambientes. Aquellas especies cuya presencia en determinada RB fuese improbable, según literatura científica y criterio de expertos, fueron eliminados de la base de datos. Esta instancia también permite desestimar aquellas RB con pocos datos biológicos. En este caso, para aquellas RB con una cantidad poco significativa de datos biológicos, dicha RB se anexó a la RB más cercana en cuanto a similitud de sus variables ambientales (ej. batimetría, salinidad, masa de agua, sedimento). Posteriormente, se cuantificó número total de registros, composición biótica de la RB, presencia de especies claves (especies vulnerables, indicadoras, bioingenieras, etc.), las cuáles pueden ser utilizadas como *proxy* de procesos y tipos de ambientes espacialmente discretos y de menor escala.

4.2.6. Análisis del Sistema de Información Geográfica

Toda la información digital se incorporó e integró en el Sistema de Información Geográfica (SIG) *ArcGIS*, utilizando la proyección UTM 21S con la finalidad de realizar una descripción espacial de las RB. *ArcGIS* es el nombre que recibe un conjunto de aplicaciones SIG, entre las que se encuentra *ArcMap*, la cual sirve para visualizar, crear mapas, editar, consultar y analizar datos geográficos.

4.2.7. Variables ambientales y biológicas

Con las variables ambientales obtenidas a partir de bases de datos globales como *GEBCO* (batimetría), *Bio-oracle* (salinidad, productividad primaria, velocidad de corriente de fondo), se realizó un proceso de conversión de presentación de la información. El formato de datos a los cuáles se accedió se encontraba en formato .tif (raster¹⁰) y a una escala global. Por lo tanto, se lo delimitó al área de estudio, se convirtió al formato necesario, se extrajeron los datos y se construyeron nuevos mapas utilizando el método de

¹⁰ Un ráster es una estructura de datos formada por una matriz de píxeles. Estos píxeles se organizan en columnas y filas, dando lugar a una cuadrícula de celdas.

interpolación espacial Kriging (método de interpolación geoestadístico de estimación de puntos) (Oliver & Webster, 1990). Para las variables geomorfológicas, sedimentológicas, así como para los datos biológicos utilizados, este proceso no fué necesario, ya que las mismas se encuentran a disposición en un formato adecuado para esta metodología.

4.3. Resultados y Discusión

4.3.1. Resultados Generales

Los resultados obtenidos para las variables ambientales, sugieren que, a partir de las 10 categorías de profundidad iniciales, se determinan 7 categorías batimétricas según el consenso de los análisis univariados realizados (Tabla 5, Figura 17). Las nuevas categorías batimétricas más costeras (0 a 10 m, 10 a 50 m) presentan un apoyo en cuanto al consenso de los análisis univariados del 60%, mientras que las restantes categorías contaron con un apoyo de entre el 80% al 100% (Tabla 5). En sección ANEXO I (Figura 43) se presentan los resultados de los 6 análisis realizados para la batimetría, donde se observa el consenso obtenido para establecer nuevas categorías.

En lo que respecta a las masas de agua, de las 9 clases iniciales, se obtuvieron 2 categorías, con un consenso de los análisis estadísticos del 100%. La primera o “Someras” ocupa la zona costera, toda la plataforma continental y parte del talud continental. Probablemente esta categoría agrupe las masas de agua AT, ACAS y ASTP. La segunda clase de masa de agua o “Profundas”, ocupa desde talud continental hasta el fondo abisal (Tabla 5, Figura 17b). Esta categoría contiene las masas de agua intermedias (AAI/AAIr), profundas ACPS, APAN, ACPI y de fondo (AAF). De las 3 categorías de salinidad sugeridas por Defeo et al. (2009), los análisis sugieren 2 clases de salinidad, con un consenso estadístico del 100% (Tabla 5), una más estuarina o estuarina-costera (salinidades menores a 33.5), y otra clase costera marina (salinidades mayores a 33.5) (Figura 17c).

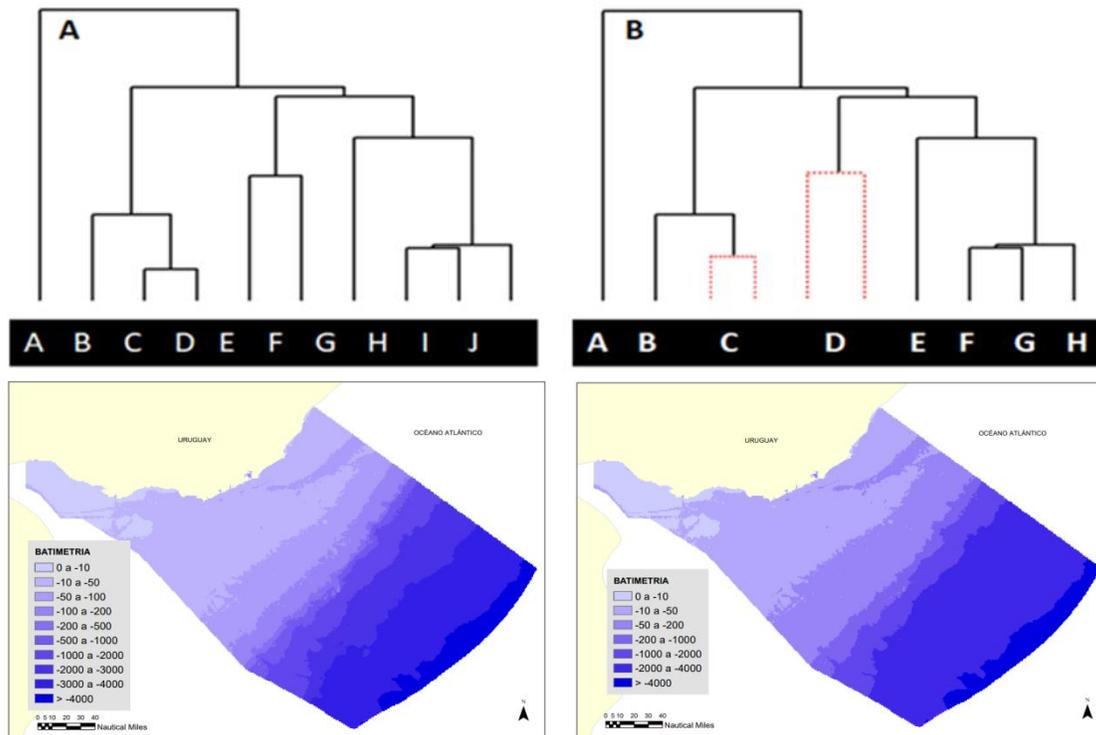


Figura 16. A) Cluster original (Group Average Link) utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis, de categorías de variables ambientales según la estructura comunitaria multivariante basada en Datos Primarios de Biodiversidad (DPB); (B) La rutina SIMPROF destaca que no queda estructura para algunos pares de las categorías originales (sin diferencias significativas en la estructura de la comunidad). Las nuevas categorías se construyen fusionando dos o más categorías originales (C) Mapas de la distribución de las categorías originales de profundidad y (D) re categorizadas según sus efectos en la estructura de la comunidad. Este procedimiento se aplicó también para las categorías Salinidad y Masas de agua.

Con respecto al resto de las variables ambientales analizadas, como sedimentos y geoformas, no se encontraron resultados significativos de los análisis univariados realizados. Por lo tanto, estas variables además de productividad primaria, clorofila-a y velocidad de corriente, fueron utilizadas únicamente para describir con mayor detalle las distintas RB. La combinación de las 7 categorías batimétricas, con las 2 de masa agua y las 2 de salinidad, da un total de 24 posibles combinaciones, de las cuáles 11 de estas combinaciones son potenciales regiones bentónicas.

Tabla 5. Consenso de análisis univariados obtenidos para las variables ambientales.

Variable	Rangos	Apoyo Análisis Univariados (%)
BATIMETRÍA (m)	0 a 10	60
	10 a 50	60
	50 a 200	100
	200 a 1000	80
	1000 a 2000	80
	2000 a 4000	100
	> 4000	100
MASAS DE AGUA	"SOMERAS"	100
	"PROFUNDAS"	100
SALINIDAD	"ESTUARINA"	100
	"MARINA"	100

Los agrupamientos obtenidos presentan significancia estadística en cuanto a similitud de los grupos, con un “p valor” menor a 0.05, obtenidos a partir del análisis ANOSIM. Al igual que el análisis exploratorio SIMPROF, ANOSIM indicó significancia estadística de las categorías o posibles regiones bentónicas obtenidas. A partir del consenso obtenido en estos análisis, se obtuvieron 11 categorías. Posteriormente, 2 de las 11 categorías o RB determinadas fueron anexadas a la región con características ambientales y biológicas de mayor similitud. En tal sentido, la RB con profundidad entre los 50 a 200 m, predominio de aguas categorizadas como “Profundas” en el presente trabajo y salinidad mayor a 31.5 se anexó a la región próxima con misma categoría de profundidad y salinidad, pero con predominio de masa de agua “Someras”. Adicionalmente, la RB con profundidad mayor a 4000 m, predominio de aguas “Profundas” y salinidad mayor a 31.5, fue anexada a la RB más próxima con misma masa de agua y salinidad, pero con una profundidad de 2000 a 4000 m. El motivo por el cual se descartan estas RB se debe exclusivamente al escaso número de registros en la base de datos biológicos para estas RB.

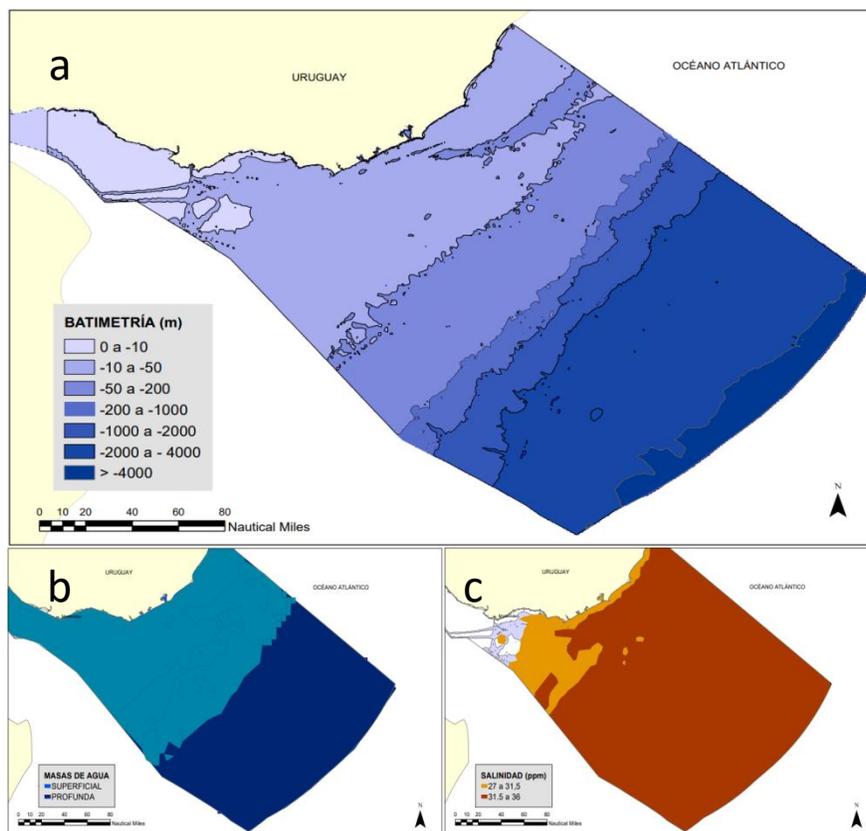


Figura 17. Clasificación final de las principales variables utilizadas. a) Batimetría, b) Masas de agua, c) Salinidad.

Por lo tanto, se generó un sistema de clasificación marino bentónico para la ZEE-U, a partir del cual se obtuvieron 9 regiones bentónicas (Figura 18), el cual funciona a escalas espaciales de gran tamaño y abarca todas aquellas regiones con características estructurales significativamente definibles en el espacio. La definición espacial de las distintas regiones se encuentra estructurada en función de la similitud en cuanto a composición de especies (y/o género), batimetría, salinidad y masas de agua. Para lo cual el uso del método de análisis exploratorio SIMPROF y ANOSIM, brindaron significancia estadística a los resultados obtenidos. En la Figura 18 se muestran las 9 RB obtenidas.

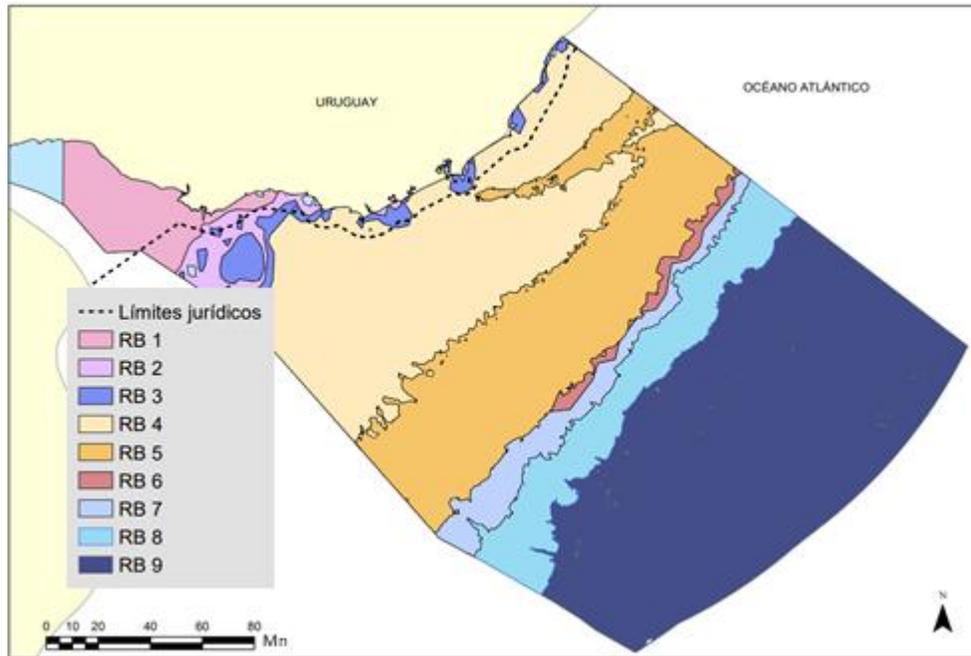


Figura 18. Clasificación final de las 9 Regiones Bentónicas (RB) obtenidas.

A menor escala los resultados obtenidos a partir de los análisis univariados de las restantes variables ambientales, sedimento, geoformas, productividad primaria, clorofila-a y velocidad de corriente de fondo, no indican un componente estructurador significativo, al menos a la escala a la cual se realizó este estudio y con esta base de datos. Las características destacables dentro de cada RB se representan de forma meramente descriptivas.

Por consiguiente, en el presente trabajo se desarrolló una metodología robusta para caracterizar, clasificar y mapear los distintos ambientes bentónicos de la ZEE-U, integrando datos geomorfológicos, sedimentológicos, físico-químicos y biológicos. Se determinaron 9 RB o unidades espaciales con características ambientales heterogéneas entre ellas.

4.3.2. RB1: Circalitoral estuarino

La RB1 presenta una profundidad de 0 a 10 m, dominada por salinidades menores a 31.5 y masas de aguas “Someras”. Ocupa una extensión de 6.845,07 km² y se localiza en el RdIP y

parte de su estuario (Figura 19). Se registraron en la base de datos 33 *taxa* distintos, representados por 3 phyla (ANEXO I,Tabla 8). Dentro de estos las especies mayormente representadas son *Nephtys fluviatilis*, *Alitta succinea*, *Heteromastus filiformis*, *Laeonereis acuta*, *Rapana venosa*, *Buccinanops deformis*, *Heteromastus similis* y *Crepidula protea*.

Esta RB se encuentra fuera del área de interés (aquellas regiones con profundidades menores a 10 m) (Figura 19) del presente estudio por lo que, no se discutirá en profundidad. Los motivos por los cuáles se excluyen algunas de las RB se argumentan con mayor detalle en la sección 5 del presente capítulo.

4.3.3. RB2: Circalitoral oceánico

La RB2 presenta una profundidad de entre 0 a 10 m, dominado por salinidades menores a 31.5 y masas de aguas “Someras” y una extensión de 2.397,5 km² y ocupa parte del estuario del RdIP y la costa Atlántica (Figura 19). Los datos biológicos para esta RB están representados por 5 phyla (ANEXO II,Tabla 8). Se encuentran en la base de datos 51 *taxa*, representados principalmente por las especies *Olivancillaria deshayesiana*, *Olivancillaria urceus*, *Buccinanops duartei*, *Olivancillaria uretai* y *Lottia subrugosa*. Esta RB no se encuentra dentro del área de interés del presente estudio.

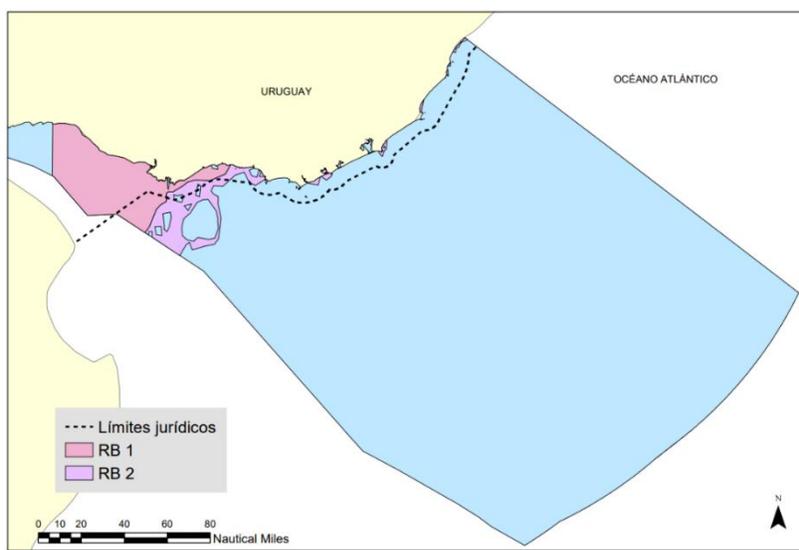


Figura 19. Regiones Bentónicas 1 y 2, y los límites o zonas jurídicas que excluyen ambas regiones.

4.3.4. RB3: Sublitoral somero estuarino

La RB3 se encuentra entre los 10 y 50 m de profundidad, con predominio de aguas “Someras” y salinidad por debajo de los 31.5. Esta RB presenta la particularidad de encontrarse distribuida en parches a lo largo del sublitoral somero, presenta el área de mayor extensión hacia el estuario del RdIP, y se extiende hacia la plataforma próxima al límite marítimo con Argentina (Figura 20a).

Presenta una extensión total de 2.367,6 km². La composición sedimentaria predominante para esta RB es de sedimentos fangosos próximo al estuario del RdIP, y de arenas hacia plataforma. La mayor parte del sedimento fino (al igual que la materia orgánica) transportado por el RdIP floccula y se deposita en la zona de influencia del frente estuarino (Cavallotto, 2002). Consecuentemente, según estimaciones obtenidas a partir de información satelital, esta zona presenta altos niveles de productividad primaria (Figura 20b) y clorofila-a (Figura 20c) en fondo, asociadas a un alto contenido de nutrientes provenientes de la descarga del RdIP (Nagy et al. 2008; Burone et al., 2013; 2019).

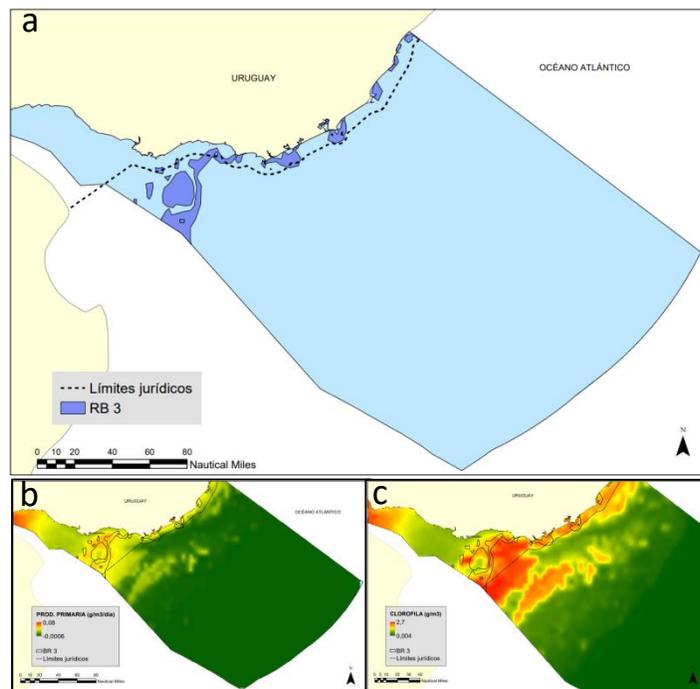


Figura 20. a) Región Bentónica 3; b) Productividad primaria promedio diario; c) Concentración de clorofila a.

En lo que respecta a la composición de invertebrados bentónicos, se registraron en la base de datos 78 *taxa*, representados por 9 phyla (ANEXO II, Tabla 8). El phylum mayormente representado es Mollusca (67.8%), seguido por Annelida (16.7%), Arthropoda (10.17%), Echinodermata (3.5%), Cnidaria (1.5%), los phyla Hemichordata, Brachiopoda, Chordata y Porifera se encuentran representados únicamente por un registro cada uno. Las especies mayormente representadas en esta RB son, en primer lugar, el Molusco exótico invasor *Rapana venosa*, seguido en este orden por *Alitta succinea*, *Nephtys fluviatilis*, *Pachycymbiola brasiliana*, *Sigambra grubii*, *Heteromastus filiformis*, *Cyrtograpsus affinis* y *Buccinanops deformis*. Se registraron en la base de datos, especies con hábitos tróficos depositívoros facultativos, como *Alitta succinea*, *Heteromastus similis*, *Scolelepis goodbodyi* y *Phylo felix* (Macdonald et al., 2012), probablemente favorecidas por las condiciones ambientales descritas para esta RB (Clavijo et al., 2006; Pineiro, 2013).

4.3.5. RB4: Sublitoral somero oceánico

La RB4 se encuentra entre los 10 y 50 m de profundidad, con predominio de aguas “Someras” (AT y ACAS) y salinidad por encima de los 31.5. Esta región abarca la plataforma continental interna y media, con una extensión de 32.989,529 km², lo que equivale aproximadamente al 27% del área de la zona de estudio (Figura 21).

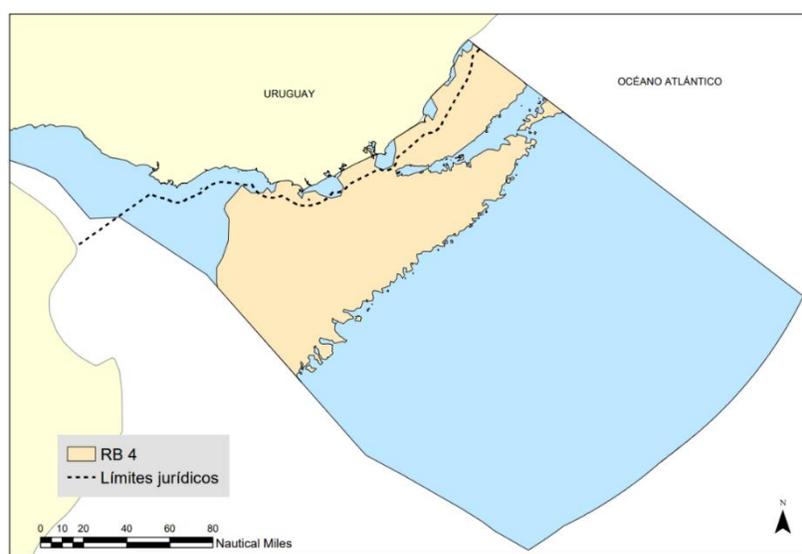


Figura 21. Región Bentónica 4.

Los sedimentos están constituidos por arenas y arenas fangosas en la mayor parte del área. El sedimento proveniente del RdIP, el cual no es retenido en el frente estuarino penetra en la plataforma (Urien & Ewing, 1974a; Urien et al., 1974b; Burone et al., 2013) donde es transportado a lo largo de esta por diversos procesos (hidrológicos y gravitatorios) (Krastel et al., 2011; Preu et al., 2013). Adicionalmente, existen aportes actuales e históricos de sedimentos terrígenos en la plataforma continental media y externa (Figura 22) (Etchichury & Remiro, 1963; de Mahiques et al., 2008; Lantzsch et al., 2014), así como de origen piroclástico al sur de la desembocadura del RdIP (Bozzano et al., 2011). En cuanto a las características geomorfológicas de la región, se destaca la presencia de 4 pequeñas cuencas (ver capítulo 2) las cuáles ocupan en total un área de 375,4 km².

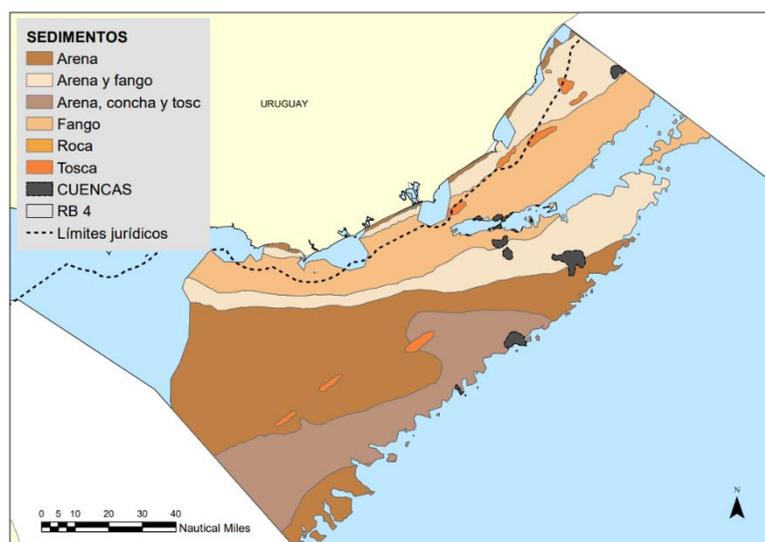


Figura 22. Distribución de las litofacies en RB4, y principales procesos geomorfológicos.

Los registros biológicos para gran parte de esta RB presentan predominio del phylum Mollusca (ANEXO II, Tabla 8), mayormente representadas por los moluscos predadores *Zidona dufresnei*, *Buccinanops cochlidium* y *Pachycymbiola brasiliana*. Sin embargo, el área circundante al paleocanal del RdIP, presenta una composición bentónica representada por Arthropoda (clase Malacostraca y Ostracoda), Annelida (clase Polychaeta) y Mollusca (clase Gastropoda). Esta variabilidad en cuanto al predominio de distintos grupos biológicos en zonas concretas de esta RB, podría estar asociado a las condiciones ambientales contrastantes que existen, entre gran parte de la plataforma

continental media y el paleocanal del RdIP (Pires-Vanin et al., 2014; Franco-Fraguas et al., 2014). Cabe destacar que, se menciona en la literatura (Juanicó & Rodríguez-Moyano, 1976) la presencia de un banco de mejillones, el cual se encuentra dentro de esta RB alejado de la costa, hacia plataforma interior (Figura 23).

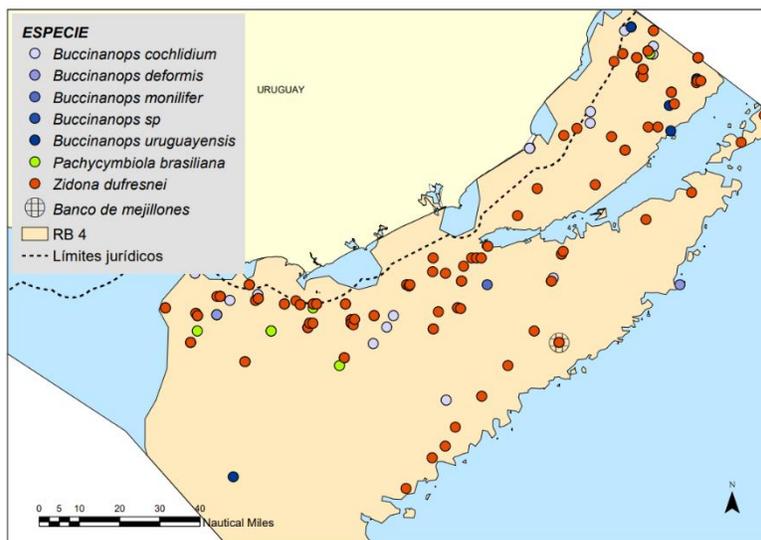


Figura 23. Especies mayormente representadas en la base de datos.

4.3.6. RB5: Sublitoral profundo

Esta RB se encuentra ubicada entre los 50 y 200 m de profundidad, abarca la zona de plataforma interior y el quiebre del talud, presenta una extensión de 27.332,12 km², lo que representa el 22,3 % del área de estudio (Figura 24). En la misma existe un predominio de aguas "Someras" (AT y ACAS), aunque también existen zonas con predominio de masas de agua "Profundas" (Maly et al., 2019), con salinidades mayores a 31.5. Esta RB es particularmente heterogénea presentando gran diversidad de especies, así como distintos procesos morfosedimentarios.

La composición sedimentaria de la RB 5 es principalmente arenas, seguida de limos (Figura 25). Una gran parte de la descarga continental del RdIP se deposita en la desembocadura del mismo y hacia el noreste a lo largo de facies arcillosas-limosas lo que se conoce como "cinturones de lodo" (Piola et al., 2005).

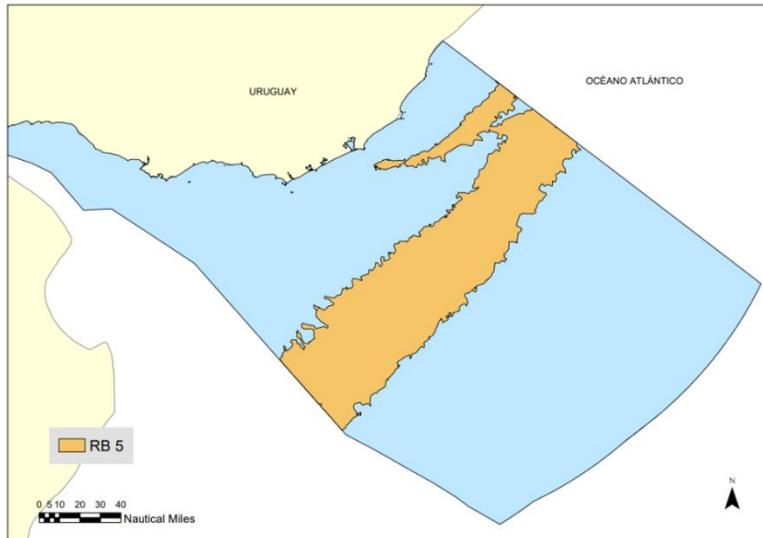


Figura 24. Región Bentónica 5.

Uno de los procesos que contribuyen a esta distribución de los sedimentos se deba a la acción del FSTP, el cual actúa como barrera para el transporte de sedimentos finos (limos) (Burone et al., 2021). Los cuáles se acumulan en el paleocanal del RdIP. Mientras que en plataforma interior la acción del FSTP favorece la deposición de sedimentos más gruesos, como arenas (Lantzsch et al., 2014).

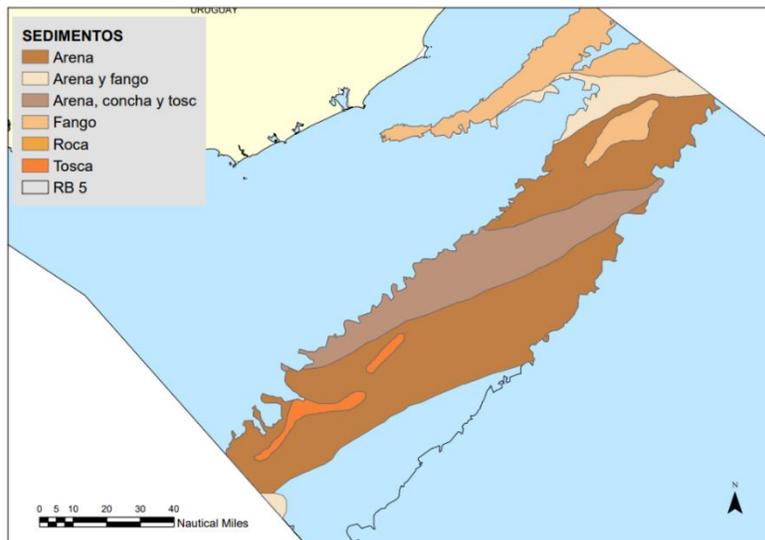


Figura 25. Litofacies de RB5.

Se encuentran 2 "cinturones de lodo", el de menor extensión de 59,2 km², se encuentra próximo al quiebre del talud. Mientras que el de mayor tamaño, es el ya mencionado paleocanal del RdIP (ver capítulo 2), el cual ocupa el 7,9% de la RB. Se identificaron 23 cuencas de diversos tamaños que van desde 3.9 km² hasta 342,5 km², y ocupan en total 1975,1 km², lo que equivale al 7,2% de la RB. Otra de las características geomorfológicas más relevantes de esta RB es la presencia de las cabeceras de 5 cañones (entre la que se encuentra la cabecera del cañón de Cabo Polonio), los cuáles están dominados por arenas finas (Hernández-Molina et al., 2016; Franco-Fraguas et al., 2016).

Adicionalmente, se encuentra dentro de la RB5 un total de 9 *pockmarks* (Figura 26), algunos de los cuáles posiblemente estén asociadas a liberaciones de metano o *cold seeps* (Suess, 2020).

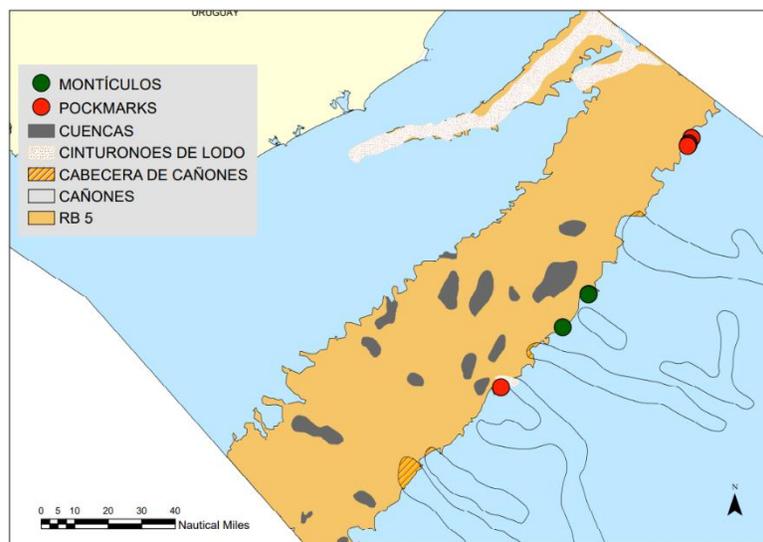


Figura 26. Principales procesos morfosedimentarios de RB5.

En dirección NorEste (NE) hacia el quiebre de plataforma, se observan las zonas con mayor velocidad de corriente de fondo de toda la ZEE-U (0.2 a 0.3 m/s) (Figura 27). Consecuentemente, es en estas zonas donde se encuentran los *pockmarks*, cabeceras de cañones, montículos de Scleractinias y registros de las especies *Flabellum apertum* y *Flabellum curvatum*. Posiblemente, la elevada velocidad de corriente que existe en estas zonas, se encuentre relacionada a diversos procesos sedimentarios, geomorfológicos y

biológicos, relacionados a la presencia de los montículos de Scleractinias y la presencia de las especies *F. apertum* y *F. curvatum* (Wagner et al., 2011; Guihen et al., 2012; Carranza et al., 2012).

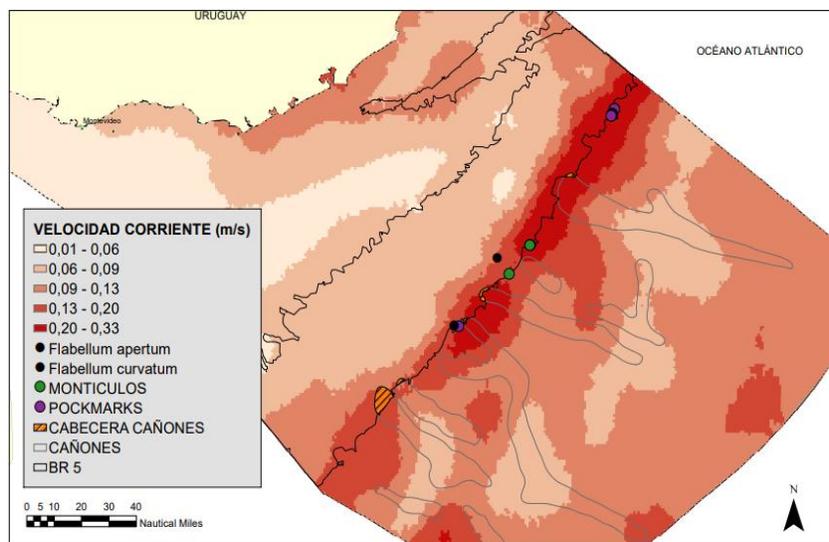


Figura 27. Velocidad de corriente en RB 5, zonas de mayor velocidad en la RB y la presencia de pockmarks y montículos con corales asociados, así como especies de corales copa.

Con respecto a la composición bentónica, se registraron en la base de datos 370 taxa, representados por 9 phyla (ANEXO II, Tabla 8). El phylum Mollusca presenta mayor cantidad de registros en la base de datos, y una distribución relativamente homogénea en toda la RB. Los phyla Annelida, Echinodermata y Porifera, presenta una distribución en parches, principalmente hacia el quiebre de plataforma, paleocanal del RdIP y plataforma continental interna (Figura 28). Las especies predominantes en la base de datos son los moluscos gasterópodos predadores *Adelomelon ancilla*, *Odontocymbiola magellanica*, *Fissurellidea megatrema*, *Zidona dufresnei*, *Tonna galea*, *Adelomelon beckii*, *Nassarius scissuratus*, *Fusitriton magellanicus*, el poliqueto *Glycera capitata*, el porífero *Tedania massa*, y el decápodo *Dardanus insignis*.

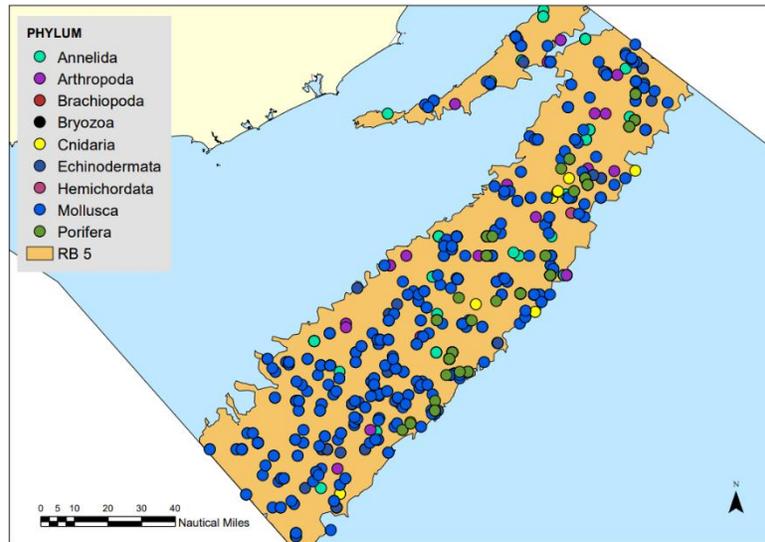


Figura 28. Distribución de los principales phyla presentes en RB5.

Las especies *A. beckii*, *B. cochlidium*, *T. galea* y *Z. dufrenseii*, presentan registros de distribución hasta Rio Grande do Sul, Brasil (Penchaszadeh & De Mahieu, 1975). Estas se distribuyen al Este de la plataforma continental uruguaya en la RB5. Mientras tanto, especies de origen subantártico o magallánico se distribuyen al Sur de la plataforma continental para esta RB (Figura 29).

En tal sentido, en Carranza et al. (2010) sugieren un ensamble de faunas subantárticas y subtropicales en la plataforma continental externa. Consecuentemente, las principales masas de agua en la plataforma continental entre los 0 a 500 m de profundidad, son la masa de Agua Tropical (AT), la cual domina el Este de la plataforma y es donde se observan principalmente las especies de distribución con registros más tropicales. Mientras que la masa de Agua Central del Atlántico Sur (ACAS), la cual fluye hacia el norte y ocupa principalmente la zona sur de la plataforma continental, se encuentra asociada al menos de manera descriptiva a aquellas especies con una distribución mayoritariamente subantártica (Figura 29).

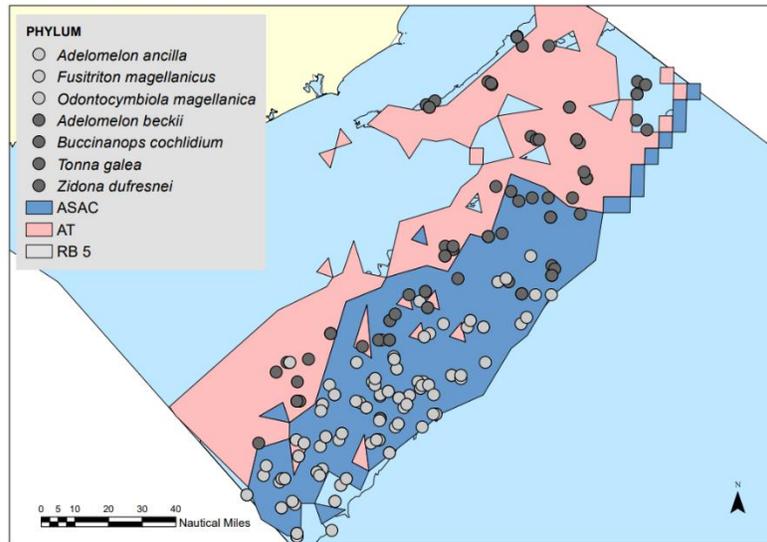


Figura 29. Distribución de especies de origen antártico vs subtropical, y las masas de agua dominantes ACAS (Aguas Centrales del Atlántico Sur) y AT (Agua Tropical).

Se identificaron 29 especies pertenecientes a los phyla Cnidaria, Echinodermata, Porifera y Mollusca, potencialmente indicadoras de EMV (ANEXO II, Tabla 7). Según clasificación de los EMV (Anderson et al., 2016), las especies indicadoras se relacionan con los siguientes tipos de ambientes: Jardines de corales, Arrecifes de coral de agua fría, Conglomerados de esponjas de aguas profundas, Campos de plumas de mar y ambientes hidrotermales.

Las RB4 y RB5 abarcan los subsistemas Paleocanal y Plataforma media y exterior. Estas RB presentan gran relevancia con respecto a los procesos sedimentarios y oceanográficos que ocurren en la región. Además de registrar ciertos procesos biogeográficos (Carranza et al., 2010), de los cuáles aún resta mucho por conocer, pero que resultan claves en la distribución de especies bentónicas del ASO en general y de la ZEE-U particular.

4.3.7. RB6: Batial superior interior

La RB6 presenta una extensión de 1.475,70km², lo que equivale al 1,2% del área de estudio. Se encuentra entre los 200 a 1000 m de profundidad, con predominio de masas de aguas “Profundas”, posiblemente asociadas al FSTP, a la AIA y salinidades por encima de los 31.5 (Figura 30). Ocupa el área del quiebre del talud y talud superior, pese a su

escasa extensión esta es una de las RB con mayor heterogeneidad de registros biológicos por unidad de área, así como de procesos morfosedimentarios e hidrológicos.

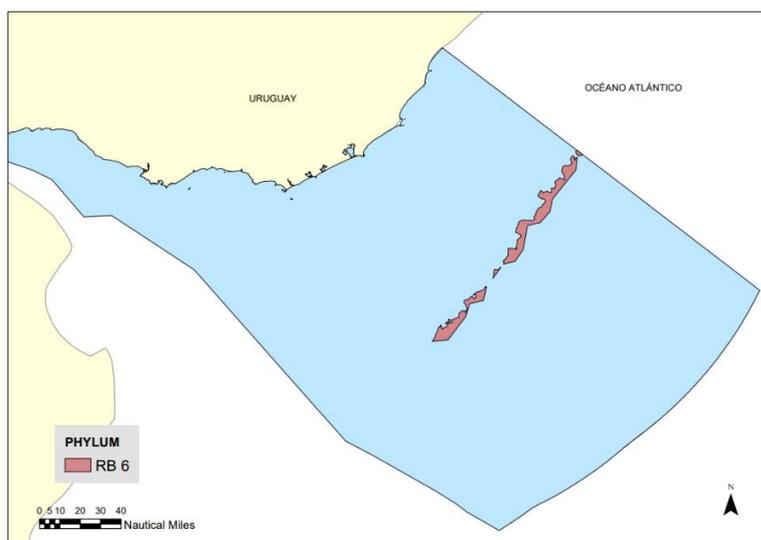


Figura 30. Región Bentónica 6.

Se encuentran en esta RB la cabecera de 3 grandes cañones submarinos (incluido el cañón *Mega Slide* Cabo Polonio), con predominio de facies areno-limosas y facies limo-arcillosos (Franco-Fraguas et al., 2017), los cuáles ocupan el 16.9% del total de la RB. Adicionalmente, se destaca la presencia de 8 montículos con corales Scleractinios asociados, así como la presencia de 24 *pockmarks* (Figura 31).

Trabajos realizados en esta zona mencionan la presencia de ambientes sedimentarios, con relativamente alta energía y dominancia de arenas (Franco-Fraguas et al., 2014). La elevada energía asociada a las masas de agua AAI y CB, principalmente hacia el NE de la ZEE-U, promueve la erosión en el quiebre de plataforma y la cabecera de los cañones, hacia el noreste (Franco-Fraguas et al. 2014, 2016)

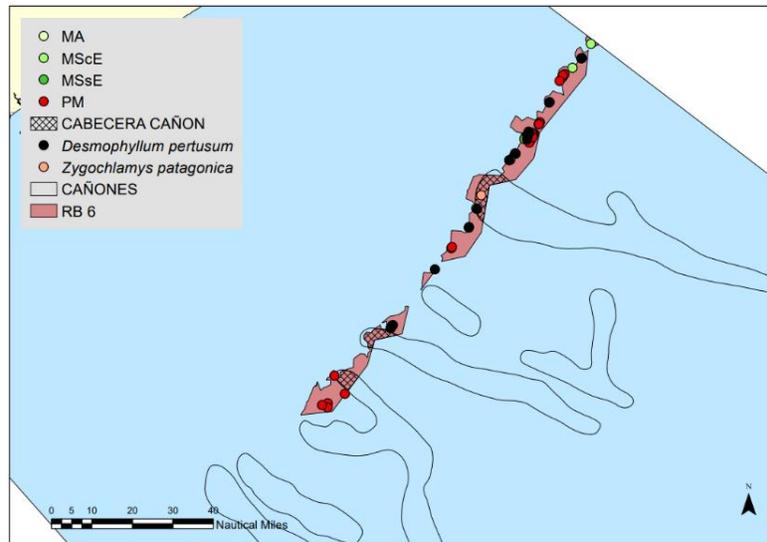


Figura 31. Principales procesos morfosedimentarios y especies destacadas de la RB6. MA (Montículos), MScE (Montículos con Scleractinia), MSsE (Montículos con Scleractinia), PM (Pockmarks).

El quiebre de plataforma y el talud superior son zonas de elevada energía asociadas a procesos hidrológicos (Bender et al., 2013; Franco-Fraguas et al., 2014). En este sentido, en la RB6 es donde se registra la mayor velocidad de corriente asociada al fondo (Ortega & Martínez, 2007; Franco-Fraguas et al., 2014). Al igual que en la RB5, se destaca la presencia de *pockmarks*, montículos con Scleractinia y el registro más austral de la especie *Desmophyllum pertusum* (Carranza et al., 2012) (Figura 32). La presencia de este último posiblemente esté asociada a la fuerte acción de las masas de agua imperante, a los procesos erosivos de los cañones, así como a la elevada velocidad de corriente que existe en la zona (Carranza et al., 2012).

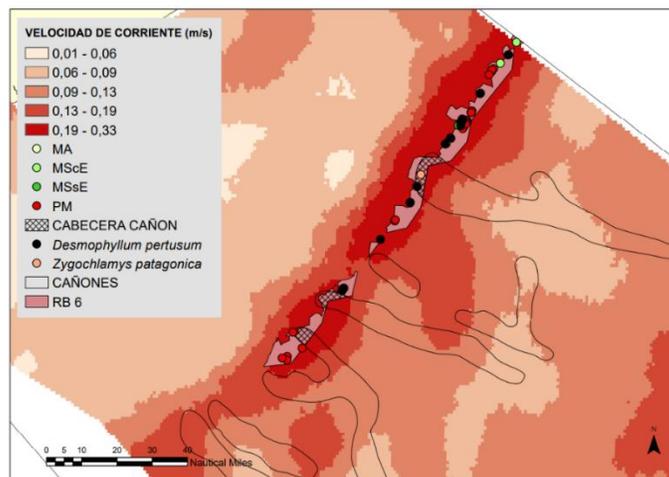


Figura 32. Velocidad de corriente de fondo, con valores máximos en RB6, donde se encuentran geoformas como pockmarks, montículos, cabeceras de cañones y la especie de coral *D. pertusum*.

Se registraron un total de 82 *taxa* representados en los phyla Cnidaria, Arthropoda, Echinodermata y Mollusca. Las especies con mayor cantidad de registros son *Desmophyllum pertusum*, *Adelomelon riosi*, *Odontocymbiola magellanica*, *Tetraxanthus rathbunae*, *Adelomelon ancilla*, *Dardanus insignis*, *Chaceon notialis*, entre otras. Esta RB presenta especies indicadoras de EMV, como *Desmophyllum pertusum*, *Alcyonium haddoni*, *Aglaoprimnoa stefanii* (Figura 32), así como especies de interés económico para el país como *Chaceon notialis* (cangrejo rojo) y *Zygochlamys patagonica* (Ramalho et al., 2022).

4.3.7. RB7: Batial superior exterior

La BR7 se encuentra entre los 200 y 1000 m de profundidad, con predominio de aguas “Profundas”, y salinidades por encima de los 31.5 (Figura 33). Presenta una extensión de 5.278,04 km², lo que corresponde al 4,3% del área de estudio. La RB7 es bisectada por varios cañones submarinos, los cuáles ocupan el 21,5% de la RB y se encuentran localizados 4 *pockmarks* (Figura 34). Los procesos sedimentológicos son los mismos que ocurren en RB6.

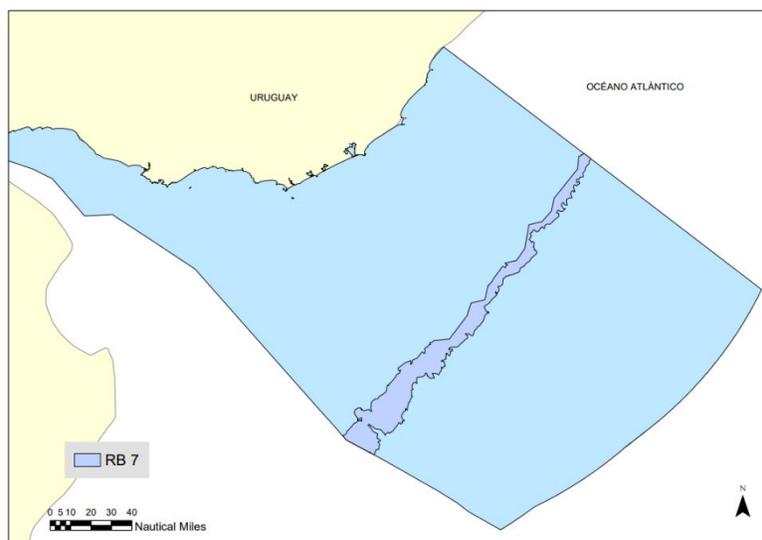


Figura 33. Región Bentónica 7

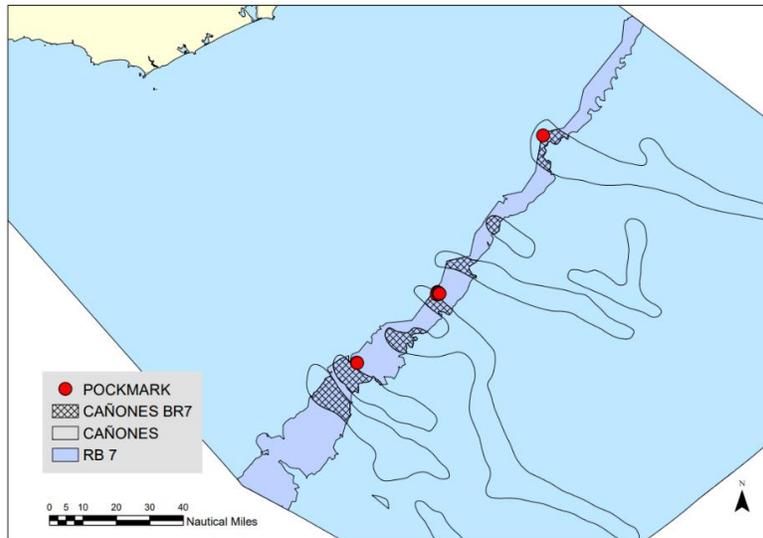


Figura 34. Principales geomorfologías de la RB 7, se observa la presencia de cañones submarinos y pockmarks.

Se registraron en la base de datos 148 *taxa*, representados por 10 phyla (Figura 35). Las especies mayormente representadas son *Adelomelon ancilla*, *Fusitriton magellanicus*, *Adelomelon riosi*, *Chaceon notialis*, *Actinauge longicornis*, *Libidoclaea granaria*, *Ctenodiscus australis*, *Austrocidaris canaliculata*, *Abatus cavernosus*, *Hemichordata indet.*, *Yoldiella robusta* y *Deontostoma coptochilus*.

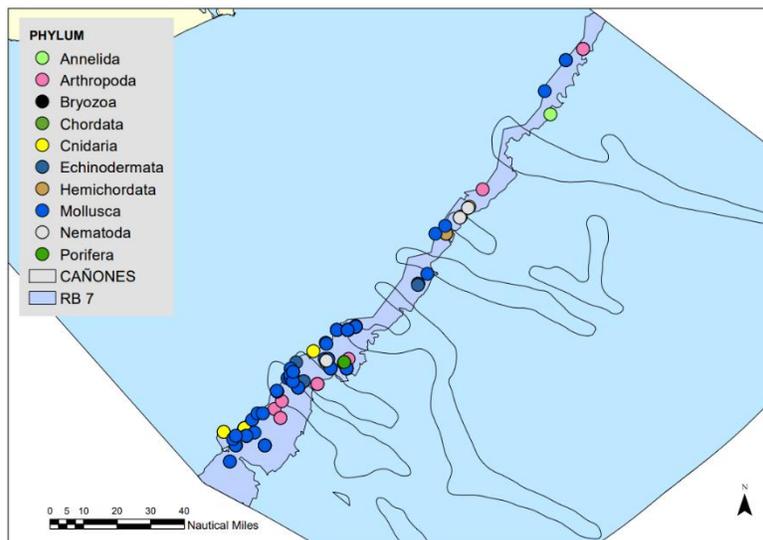


Figura 35. Principales phyla de RB7.

Al igual que en RB6, esta RB presenta zonas con elevada velocidad de corriente de fondo, donde se encuentran algunas especies indicadoras de EMV, como la pluma de mar

(Penatulacea) clasificada a nivel de género como *Umbellula indet.*, los corales Scleractinios *F. apertum*, *F. curvatum* y *B. candida*, así como un único registro del poliqueto quimiosintético *Lamellibrachia victori*, el cual se asocia a ambientes quimiosintéticos como *cold seeps* o liberaciones de metano (Gardiner & Hourdez, 2003; Cowart, 2013), generalmente asociados a *pockmarks* (Figura 36).

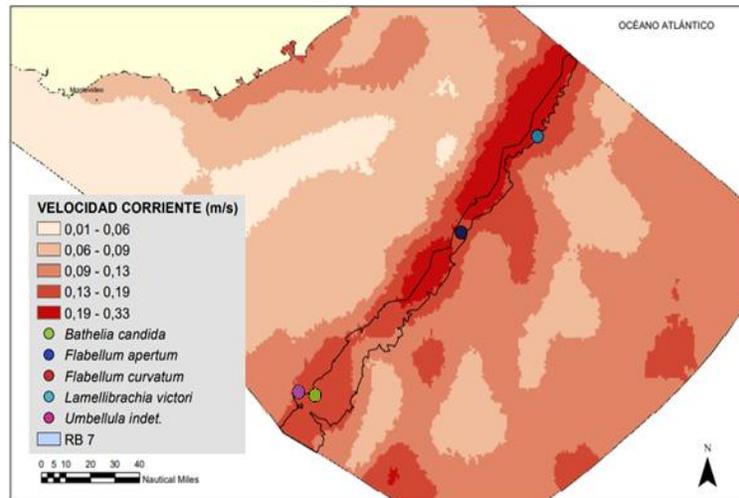


Figura 36. Velocidad de corriente de fondo y principales especies indicadoras de EMV.

Las RB6 y RB7 abarcan el subsistema quiebre de pitarorma y talud superior. Estas regiones son de particular interés, ya que en ella ocurren una gran variedad de procesos oceanográficos, pero también se acumulan una gran variedad de especies indicadoras de EMV, como arrecifes de coral y jardines de gorgonias.

4.3.8. RB8: Batial inferior interior

La RB8 presenta una extensión de 11.745,45 km², lo que equivale al 9,6% del área de estudio. La profundidad es de 1000 a 2000 m, salinidad mayor a 31.5 y masas de aguas "Profundas", probablemente asociadas a las masas de agua ACPS, APAN y ACPI. Esta RB se corresponde con el talud medio y parte del talud inferior (Figura 37).

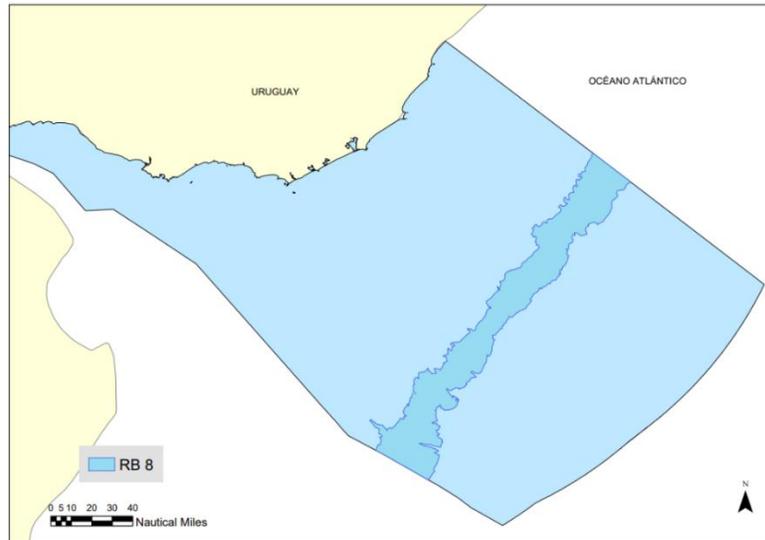


Figura 37. Región Bentónica 8.

La RB es bisectada por 6 cañones submarinos, los cuáles ocupan el 26,7% de la RB. Se destaca la presencia de un monte submarino al NE el cual ocupa el 1,8% de la RB (Figura 38). La misma está dominada por la masa de agua AIA, la cual fluye hacia el norte como una masa de agua fresca y oxigenada por debajo de la ASA (Preu et al., 2013). La interacción de la recirculación de la AIA, genera menor energía hacia el norte, mientras que, hacia el sur del talud medio la energía es mayor (Franco-Fraguas et al., 2014). La acción de la AIA y la AIAr se encuentra relacionada con el transporte de sedimentos tanto transversales como horizontales (Franco-Fraguas et al., 2014; 2016).

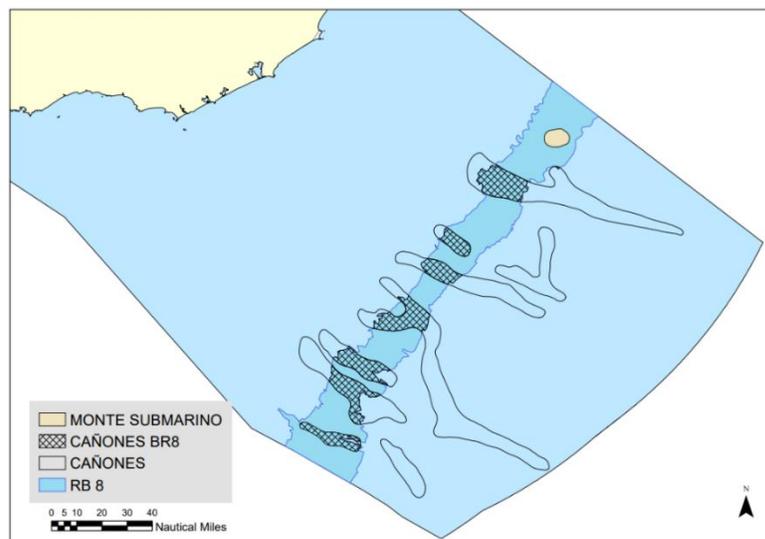


Figura 38. Principales geoformas de BR 8.

Se registraron un total de 111 *taxa*, representados por los 7 phyla (ANEXO II, Tabla 8). Algunas de las especies mayormente representadas son *Chaceon notialis*, *Nematocarcinidae indet.*, *Systellaspis debilis*, *Scleractinia indet.*, *Deosergestes henseni*, *Leptanthura glacialis*, *Nymphon longicoxa*, *Rhinoclama notabilis*. Se destaca dentro de esta RB la presencia de especies indicadoras de EMV, asociadas a ambientes quimiosintéticos, jardines de coral; así como especies de interés económico como *Z. patagónica* y *C. notialis* (Figura 39).

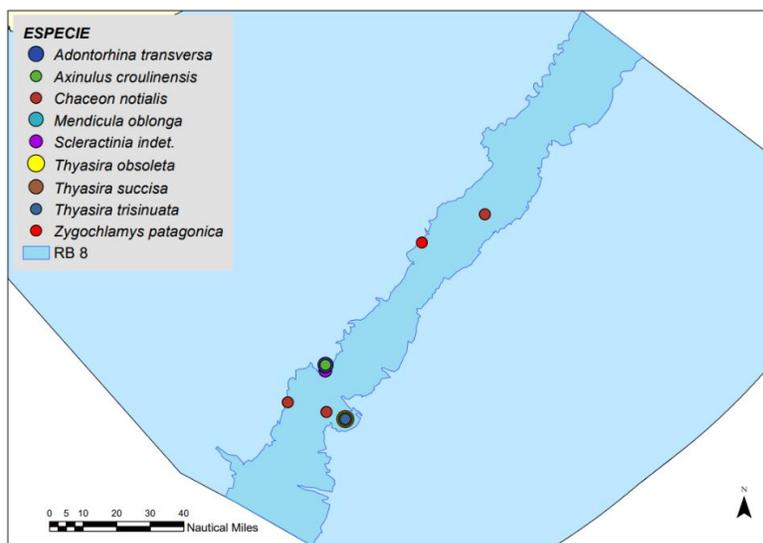


Figura 39. Principales especies indicadoras de EMV, así como especies de interés económico.

La RB8 abarca el subsistema plataforma media, la cual presenta ciertas diferencias batimétricas y oceanográficas con RB6 y RB7. De todas maneras, se encuentran especies de interés económico, varias especies indicadoras de EMV, como ambientes quimiosintéticos, jardines de coral; así como de procesos oceanográficos clave, por lo que también resulta un área de interés prioritario.

4.3.9. RB 9: Batial inferior exterior y Planicie abisal

Esta RB ocupa parte del talud inferior y de la planicie abisal, presenta una extensión de 49.240,6 km², lo que corresponde al 40,3% del área de estudio. Presenta salinidad mayor a 31.5 y categoría para masa de agua "Profunda" (Figura 40).

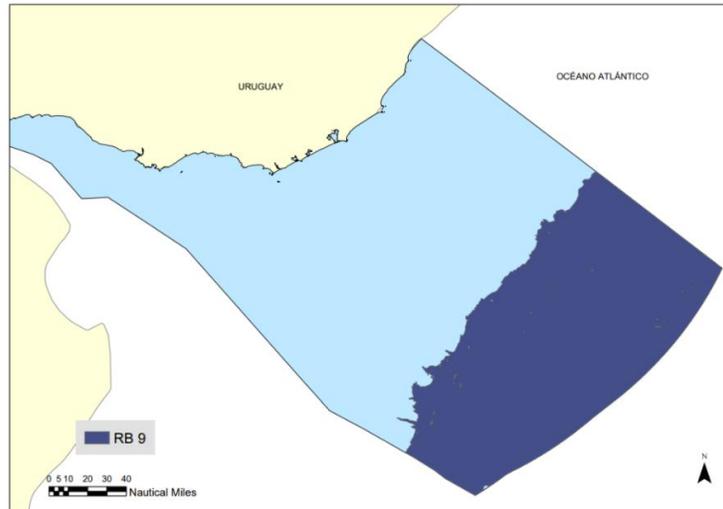


Figura 40. Región bentónica 9.

Desde el punto de vista geomorfológico se encuentran cañones submarinos que ocupan el 22% de la RB, se destaca la presencia de grandes extensiones de terrazas submarinas, las cuáles ocupan un 6,6%, aunque la mayor parte de la RB presenta los denominados *Rises* o elevación continental, que ocupan el 73,2% de la RB (Figura 41). Esta RB se encuentra bajo la influencia de un gran sistema deposicional contornítico (CDS), con características erosivas, deposicionales y mixtas hacia el sur y de progradación hacia el norte (Burone et al., 2021). En esta RB el sistema hidrológico está gobernado por la CBM, con predominio de las siguientes masas de aguas, ACPS (2000 a 2500 m), APAN (2500 a 3500 m), ACPI (3500 a 4000), y la AAF (4000 a 5000 m).

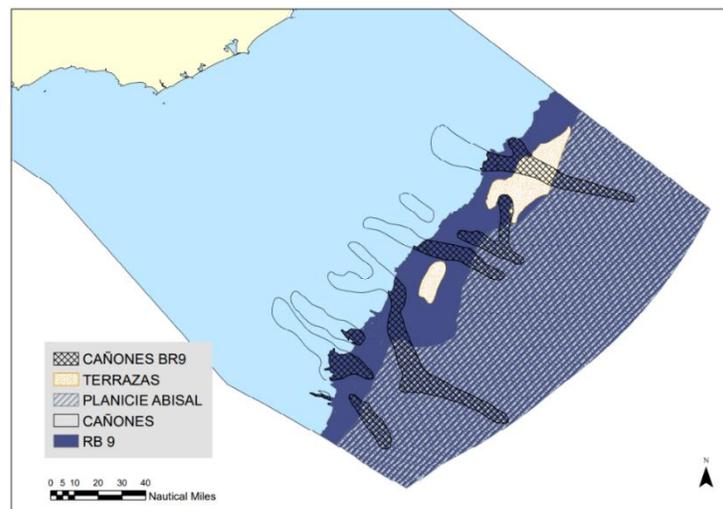


Figura 41. Principales procesos geomorfológicos de la RB9.

Se registraron 326 *taxa*, representados por 9 phyla, principalmente Mollusca y Arthropoda (ANEXO II, Tabla 8). Las especies mayormente registradas son *Ledella sublevis*, *Bathyalacarus acutus*, *Nymphon longicoxa*, *Adontorhina transversa*, *Mendicula oblonga*, *Ledella jamesi*, *Cylichna sp.*, *Turbonilla sp.*, *Chaceon notialis*, *Nematocarcinidae indet.*, *Systemaspis debilis*, *Scleractinia indet.* En la Figura 42, se representan los registros de los datos biológicos, se resaltan aquellas especies indicadoras de EMV como corales duros, *F. curvatum*, corales Scleractinias (identificados a nivel de género) y un registro de *Schizopathes crasa*, coral negro.

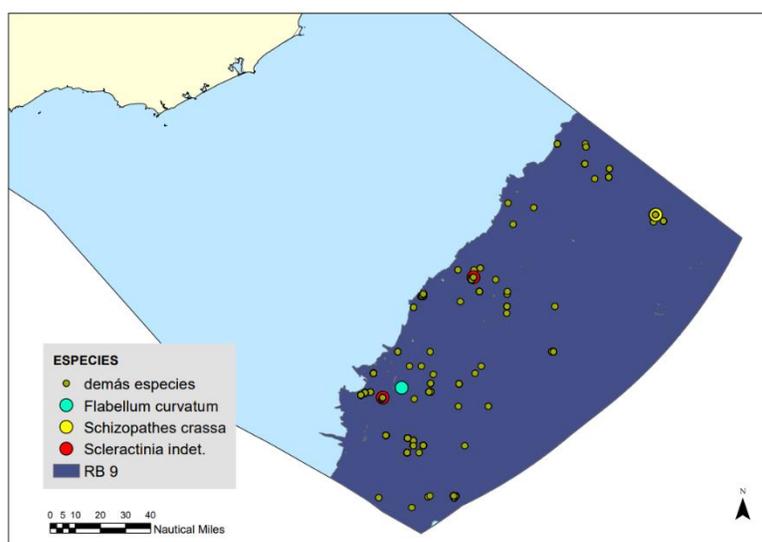


Figura 42. Registro de especies, incluidas aquellas indicadoras de EMV.

Por último, la RB9 es la región de mayor extensión, pero también la que presenta mayores vacíos de información. Sin embargo, se registran para esta RB, corales duros como *F. curvatum*, corales Scleractinia (identificados a nivel de género) y un registro de *Schizopathes crasa*, coral negro (especies indicadoras de EMV).

En síntesis, no existe aún a nivel internacional un criterio acordado y aceptado sobre las metodologías a utilizar para generar mapas de hábitats bentónicos. En tal sentido, las tres estrategias y metodologías mayormente utilizadas que proporcionan información valiosa para el mapeo bentónico son: 1) el mapeo a partir de variables abióticas (sin información biológica, del tipo *topdown*), 2) la estrategia de predecir primero, ensamblar después

(estrategia de tipo *bottom up*, que utiliza datos biológicos y ambientales tomados *in situ*, a partir de los cuáles se delimitan áreas discretas) y 3) la estrategia de combinar primero y predecir después (estrategia de tipo *top down* combinada con *bottom up*), para la cual los datos ambientales y biológicos (tomados *in situ*) se organizan (según criterio previo) antes de combinarlos para delimitar áreas discretas (Brown et al., 2011).

El criterio utilizado en el presente trabajo se basa en esta última estrategia, la cual presenta ciertas ventajas como el acceso a información biológica ya existente en las BIN o la literatura científica, además de la posibilidad de continuar complementando la base de datos a utilizar con posibles muestreos.

En este contexto, la delimitación de áreas bentónicas discretas debe basarse en una mayor verificación de la información biológica, incluidas las observaciones y colecciones directas del fondo marino. Esto último es relevante ya que el sistema utilizado en el presente trabajo se basa en el análisis de datos históricos acumulados que pueden o no representar la condición actual de los hábitats de interés. Es importante remarcar que es posible ya sea utilizando otras variables, y/o mayor cantidad de variables, mayor cantidad de información biológica o bien otro enfoque estadístico, determinar una cantidad de regiones bentónicas distinta. Esta flexibilidad que posibilita la metodología desarrollada, permite continuar clasificando, mapeando y profundizando en las RB de la ZEE-U.

El presente trabajo busca contribuir en parte a los trabajos realizados por el país en este sentido. Con respecto a los modelos conceptuales desarrollados por Burone et al. (2021), dichos modelos proponen 2 grandes subsistemas, dentro de los cuáles se describen 3 ambientes sedimentarios (Tabla 6).

De acuerdo a lo expuesto, es posible ubicar las RB obtenidas en los distintos subsistemas desarrollados en los modelos conceptuales. En esta línea, el subsistema costa atlántica abarca las RB1, RB2 y RB3. Estas RB no serán discutidas en profundidad en el presente trabajo (excepto RB3 la cual se encuentra en una zona considerada prioritaria en cuanto a los procesos ambientales y biológicos que allí ocurren), ya que él mismo hace énfasis en el sistema marino *offshore*.

Tabla 6. Subsistemas propuestos por Burone et al. (2021), para la ZEE-U y Regiones bentónicas obtenidas en el presente trabajo.

AMBIENTES		REGIONES BENTÓNICAS
PLATAFORMA CONTINENTAL	Costa atlántica	RB1, RB2, RB3
	Paleocanal	RB5
	Plataforma media y exterior	RB4, RB5
TALUD CONTINENTAL Y FONDO ABISAL	Quiebre de plataforma y talud superior	RB6, RB7
	Talud medio	RB8
	Talud profundo y fondo abisal	RB9

En el Documento técnico de análisis diagnóstico transfronterizo (FREPLATA), se determinan a escala binacional, 4 áreas acuáticas prioritarias (AAP) para la conservación, entre las cuáles se destaca el área prioritaria en plataforma exterior y quiebre de plataforma, la cual contiene algunos “núcleos prioritarios” para la conservación como el “Banco de mejillones del norte”, “Banco de mejillones del sur” y el “Quiebre de plataforma sur”. Particularmente el AAP que contiene estos núcleos prioritarios para la conservación se corresponde con las RB 5, 6 y 7 del presente trabajo. Estas RB se mencionan en este trabajo dada sus características como de gran relevancia para la conservación.

En lo que respecta al trabajo realizado por el grupo de trabajo ad-hoc AltaMar DINAMA-MVOTMA (AltaMAR, 2016), donde se determinan aquellos elementos considerados de relevancia ecológica (ERE), el mismo es considerado un trabajo de referencia para el presente estudio. Los ERE identificados se encuentran distribuidos en distintas RB representadas, principalmente en las RB 5, 6, 7 y 8.

Por lo tanto, los estudios a escala biogeográficos tienen gran potencial en la planificación y construcción de mapas marinos, incluidos aquellos relacionados al fondo, ya que permite un entendimiento general del contexto espacial, de las conexiones y escalas de los

procesos que subyacen la distribución de especies. En este contexto, la identificación y el mapeo del hábitat es fundamental para determinar aquellas áreas con mayor vulnerabilidad ante las actividades antrópicas, así como para determinar las posibles distribuciones de potenciales áreas marinas protegidas (Leathwick et al, 2012). En este sentido, el desarrollo de estudios en zonas remotas con información abierta al público en general, en países en vías de desarrollo, donde los recursos destinados a investigaciones dirigidas al sistema marino son escasos (Whittington, 2010), resulta de gran utilidad para contribuir en el conocimiento del acople del sistema bentónico marino de la ZEE-U con los procesos oceanográficos. Los resultados aquí generados permiten avanzar en el conocimiento de los procesos y/o factores que subyacen a la distribución de los invertebrados bentónicos. Adicionalmente, la descripción y delimitación de ambientes que se realiza pueden potencialmente convertirse en predictores de la distribución de las especies. Todo esto contribuye a avanzar hacia una adecuada PEM de la ZEE-U.

CAPÍTULO 5

5. Conclusiones generales y perspectivas de trabajo

5.1. Conclusiones generales

A escala global parte del fondo marino, principalmente a profundidades mayores a los 400 m se encuentra mapeado, aunque a gran escala o bien mediante interpolación espacial (Mayer et al., 2018). Donde la biodiversidad asociada tiende a ser pobremente mapeada y menos aún entendida (Glover et al., 2018). En este sentido GEBCO¹¹ estima que actualmente se encuentra cartografiado el 23,4 % del fondo marino. Uruguay no escapa a esta realidad, ya que no cuenta aún con un mapa a escala regional que relacione la fauna bentónica con los procesos oceanográficos dominantes. El carácter interdisciplinario de este estudio permite dar un salto cualitativo en este sentido, avanzando en el conocimiento del acople de los diferentes procesos oceanográficos con la fauna de fondo. La base de datos generada resulta inédita para el país, e incluye por ejemplo información previamente desconocida, asociada a colecciones científicas en el exterior y no disponibles digitalmente (Carranza et al., 2022), además de aquella información disponible en la literatura y BIN. El esfuerzo intelectual y de recopilación de la información realizado permitió recopilar datos de gran relevancia, en este sentido, si en la actualidad se quisiera generar *de novo* una base de datos de tal magnitud, el país debería destinar importantes recursos económicos para tal fin. Por tal motivo, la confección de la base de datos biológica que se presenta en el capítulo 3, representa un hito de particular relevancia para continuar mejorando el inventario faunístico de nuestros ambientes marinos bentónicos, así como un insumo de base para avanzar en otros estudios relacionados.

El sistema de clasificación marino bentónico generado opera a escalas espaciales amplias y permite la identificación de distintas regiones que presentan características estructurales claramente definidas en el espacio. Estas regiones muestran sustento

¹¹ *Mapping progress*. (s/f). The Nippon Foundation-GEBCO Seabed 2030 Project. Recuperado el 29 de marzo de 2023, de <https://seabed2030.org/mapping-progress>

estadístico en relación a ciertas variables oceanográficas que influyen en la distribución de la fauna bentónica. Este resultado aumenta la solidez de la definición de zonas homogéneas y significativas. En este contexto, la representación gráfica realizada permite generar una descripción visual de los ecosistemas presentes en la ZEE-U, facilitando de esta manera la interpretación de los resultados obtenidos por parte de los tomadores de decisiones.

A nivel nacional el presente trabajo contribuye en el proceso actual de la PEM como parte de la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030 (ONU, 2015). Por lo cual, en el contexto de la PEM, el mapeo de hábitats bentónicos resulta de gran relevancia a la hora de determinar límites ecosistémicos por sobre los límites o zonas jurídicas o productivos (Gilliland & Laffoley, 2008). Lo cual permite superponer estos límites ecosistémicos a la distribución espacial de las actividades humanas con miras a la identificación de conflictos y su posterior construcción de escenarios futuros (Gandra et al., 2020).

Con respecto a los antecedentes nacionales, como se mencionó anteriormente (sección 4.3), el presente trabajo contribuye con el proceso de definición de unidades espaciales definidas por la DINAMA y los Elementos de Relevancia Ecológica propuestos (AltaMAR, 2016), representa un avance en la delimitación de AAP definidas por Brazeiro et al. (2003) y complementa en parte los modelos desarrollados por Burone et al. (2021).

5.2. Perspectivas

5.2.1. Perspectivas a corto plazo

Actualmente la mayor parte del territorio marítimo uruguayo (principalmente *offshore*) no se encuentra integrado al SNAP, donde además las actividades antrópicas que allí se desarrollan presentan conflictos en el uso del espacio (Marín et al., 2021). Por lo cual, conocer la heterogeneidad de ambientes y diversidad de procesos asociados a la profundidad, masas de agua, salinidad, geomorfología de fondo, entre otros, tiene importancia como referencia en la localización y proyecciones de las actividades antrópicas. Al igual que en aspectos productivos, conceptualizar el funcionamiento del

sistema permitirá aportar criterios para un manejo holístico, que integre procesos hidrológicos y geodinámicos de largo plazo, los cuáles frecuentemente se muestran separados o con una conexión poco evidente con las actividades humanas (Townsend et al., 2018) (eg. Aumento de la presión sobre las especies y comunidades de aguas profundas no descubiertas ni descritas) (Davies et al., 2007; Sandulli et al., 2021). Un claro ejemplo representa el fuerte interés en explorar y posiblemente explotar hidrocarburos en el *offshore* uruguayo (ANCAP, 2011), donde han sido designadas áreas del fondo marino a diversas empresas para su exploración, en ausencia de mapas detallados de hábitat (Ferro et al., 2012; Gristo et al., 2015). Por lo cual, los mapas de ambientes bentónicos generados en el presente trabajo, resultan claves en este contexto.

Por otro lado, se sugiere en el presente estudio ciertas RB cuyas características las vuelven prioritarias para la conservación. Por lo cual, este trabajo resulta crítico para avanzar hacia los compromisos asumidos recientemente por el país para la protección del 30% de su mar territorial (United Nations, 2018).

5.2.2. Desarrollo y disponibilidad de los datos ambientales

Existen numerosos trabajos realizados a nivel nacional y regional que describen a menor escala procesos morfosedimentarios (Hinz et al., 1999; de Mahiques et al., 2008; Soto et al., 2011; Hernández-Molina et al., 2011; Burone et al., 2013; Franco-Fraguas et al., 2014; 2016; Hernández-Molina et al., 2016; Franco-Fraguas et al., 2017; Burone et al., 2019; 2021) e hidrodinámicos (Piola & Gordon, 1989; Piola et al., 2000; 2021; Ortega & Martínez, 2007; Preu et al., 2013) , que los utilizados en el presente trabajo para delimitar las RB, los cuáles se basaron en Harris et al. (2014). Sin embargo, este tipo de información, si bien fue utilizada en el marco teórico para describir el área de estudio en detalle, no fue posible de utilizar para la delimitación de RB. Debido a que no se encuentra disponible en un formato adecuado para el mapeo (e.g. como para integrar a un SIG), o bien ocupa zonas puntuales del área de estudio. Por tal motivo, es necesario generar criterios en cuanto a la presentación de la información con el fin de que la misma esté disponible para este tipo de estudios. En este sentido, obtener e integrar información ambiental basada en una

aproximación del tipo “ascendente” permitirá obtener un mejor nivel de detalle de los procesos oceanográficos del fondo (LaFrance et al., 2014).

5.2.3. Desarrollo, manejo y apropiación de la base de datos biológica

Se generó una amplia base de datos biológica para toda el área de estudio, para la cual se realizaron distintas instancias de recopilación, selección y discusión. De todas maneras, la misma presenta importantes sesgos en cuanto a información aún no disponible, *taxa* subrepresentados, *taxa* sobrerrepresentados y zonas con grandes vacíos de información. Resta aún por determinar, una cantidad presuntamente muy alta de información primaria sobre biodiversidad, la cual no está accesible de manera digital. Incluso colecciones científicas importantes de países desarrollados siguen estando completamente sin inventariar y mucho menos se encuentran digitalizadas (Guralnick & Van Cleve, 2005). Evidentemente esta tarea no resulta para nada sencilla dada la abrumadora labor de calcular la enorme cantidad de muestras almacenadas en las colecciones de museos de todo el mundo. Se necesita un esfuerzo de toda la comunidad para abordar este problema, y la cooperación internacional debe desempeñar un papel clave en esta empresa. De todas maneras, es importante remarcar que es debido a la digitalización que se ha facilitado el acceso e intercambio de información en general, volviendo accesible una incalculable cantidad de información, actualmente disponible (Anderson et al., 2016; 2020).

En lo que respecta a es los *taxa* subrepresentados en la base de datos, lo más notorio son los escasos registros con los que se cuenta para aquellas especies con interés económico para el país como *Z. patagonica* y *C. notialis*. En este sentido, la sinergia entre instituciones del estado, que regulan la explotación de este recurso, y por tanto acceden a monitoreos sostenidos en el tiempo de estas especies (e.g. DINARA), resulta crítica para continuar nutriendo la presente base de datos. En lo que respecta a aquellos *taxa* sobrerrepresentados, el phylum Mollusca es el que presenta mayor cantidad de registros que el resto. Los motivos por el cual existe esta tendencia en la base de datos no se deben

necesariamente a una representación ecológica del ambiente, sino a un interés particular del grupo de estudio por este grupo biológico (Carranza & Horta, 2008a, 2008b; Carranza et al., 2008; 2010; 2011). Resulta necesario hacer énfasis en otros grupos biológicos relevantes para el área de estudio, por su funcionalidad en el ecosistema, así como por su abundancia, como los phyla Cnidaria, Annelida y Arthropoda. Finalmente, el área de estudio presenta grandes vacíos de información, debido principalmente a que no están representados en la base de datos información no publicada, entre la que se encuentra aquella obtenida por instituciones del estado. Otros de los motivos de este sesgo geográfico en la distribución de la información se deben a que se han realizado diversas campañas a lo largo del tiempo en la zona de estudio, las cuáles tenían objetivos particulares, no vinculados, por lo que nunca fue una prioridad (salvo excepciones, e.g. campaña del Miguel Oliver 2010) cubrir toda la ZEE-U en el monitoreo biológico. En este sentido, generar una campaña nacional orientada a cubrir estos grandes vacíos de información en vastas áreas de la ZEE-U, incluida la extensión de plataforma, resulta clave para contribuir a un mapeo más detallado del área de estudio.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, representan la base de datos de invertebrados bentónicos marinos más completa hasta el momento para el país. La misma podría estar a disposición de distintas instituciones públicas con la finalidad de continuar nutriendo dicha base de datos, así como de describir más a fondo las distintas RB o bien redefinirlas. Obtener una base de datos biológica útil es el resultado de una importante inversión intelectual en obtener, verificar o presentar el contenido de forma original, para lo cual el simple hecho de recolectar datos no cuenta como esfuerzo sustancial (Hunt & Van den Eynden, 2019). Por lo que, surge en este punto una serie de interrogantes o posibles conflictos de interés, ya que si bien la base de datos se obtuvo a partir de información acceso abierto (e.g. *GBIF*, literatura científica), la misma se encuentra estructurada en el presente trabajo según criterios de autor. Por lo cual, la estructura de la base de datos se encuentra protegida en cuanto a derechos de autor, pero no así su contenido (Hunt & Van den Eynden, 2019).

5.2.4. Criterios para el uso del modelo

En conclusión, la delimitación de las RB es un proceso en curso, que requiere de una actualización y mejora continua. Es decir, una base de datos biológica más extensa, así como información ambiental más detallada. Lo cual, podría redefinir la delimitación actual en el futuro. Por lo tanto, es importante definir aspectos claves relacionados por ejemplo con la disponibilidad y administración de la base de datos biológica. En este sentido, definir ¿cómo se disponibiliza la base de datos?, ¿de qué manera?, ¿cuál/es serán las instituciones encargadas en administrar la misma?, ¿cómo se accederá a la base de datos?, si su acceso será público o restringido, ¿cuál será el criterio a utilizar para continuar nutriendo dicha base de datos?. Estas son algunas de las preguntas que deben ser resueltas en el corto plazo.

Por consiguiente, es esencial llevar a cabo estudios en profundidad de las RB consideradas de mayor prioridad, para comprender la distribución de sus diferentes ambientes y la biota que los habita. Esta información es crucial para desarrollar estrategias de gestión y conservación que tengan en cuenta la variabilidad ambiental y la conectividad entre diferentes RB.

5.3. Bibliografía

Abreu, J. G. N. (2010). "Sedimentología, sismoestratigrafía e evolução da plataforma continental interna na área sob influência dos rios Itajaí-Açu e Camboriú, litoral Centro-Norte de Santa Catarina Brasil". Tese (Doutorado) – Universidad Federal do Rio Grande do Sul.

Acha, M. & S. Lo Nostro (2002). "Biology of the Populations." GEF-PNUD RLA/99/G31.

Agüero, M. (2006). "Capacidad de pesca y manejo pesquero en América y el Caribe". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Allison, E. H. & H. R. Bassett (2015). "Climate change in the oceans: human impacts and responses." Science **350**(6262): 778-782.

AltaMAR, G. a. h. (2016). "Identificación de ambientes ecológicamente relevantes en la Zona Económica Exclusiva uruguaya." *DINAMA-MVOTMA*.

Amani, M., et al. (2022). "Marine Habitat Mapping Using Bathymetric LiDAR Data: A Case Study from Bonne Bay, Newfoundland." Water **14**(23): 3809.

ANCAP. (2011). "Selection of oil companies for the exploration and exploitation of hydrocarbons in offshore basins of República Oriental del Uruguay (Uruguay round 3) bidding round terms". <https://exploracionyproduccion.ancap.com.uy/innovaportal/file/2681/1/uruguay-round-3-bidding-round-terms-and-contract-model.pdf>

Anderson, R. P., et al. (2016). "Are species occurrence data in global online repositories fit for modeling species distributions? The case of the Global Biodiversity Information Facility (GBIF)." Final Report of the Task Group on GBIF Data Fitness for Use in Distribution Modelling.

Anderson, R. P., et al. (2020). "Optimizing biodiversity informatics to improve information flow, data quality, and utility for science and society." Frontiers of Biogeography **12**(3).

Angelescu, V. & R. Sánchez (1995). "A century of oceanographic and fisheries exploration on the continental shelf off Argentina." Helgoländer Meeresuntersuchungen **49**(1): 467-487.

Angelescu, V. & R. Sánchez (1997). "Exploraciones oceanográficas y pesqueras en el Mar Argentino y la región adyacente del Atlántico Sudoccidental (años 1874-1993)."

Anisimova, N. A., et al. (2010). "Mapping and monitoring of benthos in the Barents Sea and Svalbard waters: Results from the joint Russian-Norwegian benthic programme 2006-2008."

Ansorge, I. J., et al. (2014). "Basin-wide oceanographic array bridges the South Atlantic." Eos, Transactions American Geophysical Union **95**(6): 53-54.

Appeltans, W., et al. (2012). "The magnitude of global marine species diversity." Current Biology **22**(23): 2189-2202.

Archer, C., et al. (2020). "The oceanic biogeochemistry of nickel and its isotopes: New data from the South Atlantic and the Southern Ocean biogeochemical divide." Earth and Planetary Science Letters **535**: 116118.

Ardron, J. A., et al. (2014). "A systematic approach towards the identification and protection of vulnerable marine ecosystems." Marine Policy **49**: 146-154.

Assis, J., et al. (2018). "Bio-ORACLE v2. 0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling." Global Ecology and Biogeography **27**(3): 277-284.

Aubone, N., et al. (2021). "The surface salinity maximum of the South Atlantic." Progress in Oceanography **191**: 102499.

Auster, P. J., et al. (2009). "A habitat classification scheme for the Long Isl& Sound region." Long Isl& Sound Study Technical Report. EPA Long Isl& Sound Office, Stamford, Connecticut **6904**: 83.

Auster, P. J., et al. (2011). "Definition and detection of vulnerable marine ecosystems on the high seas: problems with the "move-on" rule." ICES Journal of Marine Science **68**(2): 254-264.

Bankes, N., & Neves, M. M. d. (2020). "The United Nations Convention on the Law of the Sea and the Arctic Ocean". In *The Palgrave Handbook of Arctic Policy and Politics*. Springer 375-391.

Barea, L., & Defeo, O. (1985). Primeros ensayos de captura del cangrejo batial *Geryon quinquedens* Smith en el Area Común de Pesca Argentino-Uruguaya (1982-1984). *Contribuciones Departamento de Oceanografía (FHC), Montevideo*, 2(8), 189-203.

Barreiro, M., et al. (2014). "Uruguay MARGEN CONTINENTAL Programa oceanográfico de caracterización del margen continental uruguayo Zona Económica Exclusiva." 19-54.

Bayraktarov, E., et al. (2019). "Do big unstructured biodiversity data mean more knowledge?" Frontiers in Ecology and Evolution: 239.

Bender, V. B., et al. (2013). "Holocene shifts of the Subtropical Shelf Front off southeastern South America controlled by high and low latitude atmospheric forcings." Paleoceanography **28**(3): 481-490.

Benton, M. J. (2001). "Biodiversity on land and in the sea." Geological Journal **36**(3-4): 211-230.

Berasategui, A. D., et al. (2004). "Spatial patterns of ichthyoplankton assemblages in the Rio de la Plata Estuary (Argentina–Uruguay)." Estuarine, Coastal and Shelf Science **60**(4): 599-610.

Bergamino, L., et al. (2009). "Effects of a freshwater canal discharge on polychaete assemblages inhabiting an exposed sandy beach in Uruguay." Ecological Indicators **9**(3): 584-587.

Bezerra, F. H., et al. (2003). "Holocene sea-level history on the Rio Grande do Norte State coast, Brazil." Marine Geology **196**(1-2): 73-89.

Bolster, W. J. (2008). "Putting the ocean in Atlantic history: Maritime communities and marine ecology in the northwest Atlantic, 1500–1800." The American Historical Review **113**(1): 19-47.

Bolster, W. J. (2006). "Opportunities in marine environmental history." Environmental History **11**(3): 567-597.

Borja, A., et al. (2008). "Assessing estuarine benthic quality conditions in Chesapeake Bay: a comparison of three indices." Ecological Indicators **8**(4): 395-403.

Borús, J., et al. (2017). "Evaluación de caudales mensuales descargados por los grandes ríos del sistema del plata al estuario del Río de la Plata." Alerta Hidrológico–Instituto Nacional del Agua y el Ambiente, Ezeiza.

Bouchet, P. & C. M. Duarte (2006). "The exploration of marine biodiversity: scientific and technological challenges." Fundación BBVA **33**: 1-34.

Bowden, D. A., et al. (2011). "Evaluation of the New Zealand Marine Environment Classifications using Ocean Survey 20/20 data from Chatham Rise and Challenger Plateau", Ministry of Fisheries.

- Bozzano, G., et al. (2011). "Middle slope contourite deposits and associated sedimentary facies off NE Argentina." Geo-Marine Letters **31**(5): 495-507.
- Brazeiro, A., et al. (2003). "Aquatic priority areas for the conservation and management of the ecological integrity of the Río de la Plata and its maritime front." Documento de trabajo FREPLATA. [http://: www. freplata. org](http://www.freplata.org).
- Brazeiro, A., et al. (2004). "Análisis diagnóstico transfronterizo del Río de la Plata y su frente marítimo." Proyecto Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo.
- Bremner, J., et al. (2006). "Matching biological traits to environmental conditions in marine benthic ecosystems." Journal of Marine Systems **60**(3-4): 302-316.
- Brey, T. (2001). "Population dynamics in benthic invertebrates." A virtual handbook.
- Briggs, J. C. (1994). "Species diversity: land and sea compared." Systematic Biology **43**(1): 130-135.
- Brower, J. E., et al. (1984). "Field and laboratory methods for general ecology". Dubuque: Wm. C, Brown Publishers.
- Brown, J. H., et al. (1996). "The geographic range: size, shape, boundaries, and internal structure." Annual review of ecology and systematics: 597-623.
- Brown, A. & S. Thatje (2014). "Explaining bathymetric diversity patterns in marine benthic invertebrates and demersal fishes: physiological contributions to adaptation of life at depth." Biological Reviews **89**(2): 406-426.
- Brown, C. J., et al. (2011). "Benthic habitat mapping: A review of progress towards improved understanding of the spatial ecology of the seafloor using acoustic techniques." Estuarine, Coastal and Shelf Science **92**(3): 502-520.
- Brown, C. J. & J. S. Collier (2008). "Mapping benthic habitat in regions of gradational substrata: an automated approach utilising geophysical, geological, and biological relationships." Estuarine, Coastal and Shelf Science **78**(1): 203-214.
- Buhl-Mortensen, L., et al. (2017). "Maritime ecosystem-based management in practice: Lessons learned from the application of a generic spatial planning framework in Europe." Marine Policy **75**: 174-186.
- Bullimore, B. (2014). "Problems and pressures, management and measures in a site of marine conservation importance: Carmarthen Bay and Estuaries." Estuarine, Coastal and Shelf Science **150**: 288-298.

Bunker, A. F. (1988). "Surface energy fluxes of the South Atlantic Ocean." Monthly Weather Review **116**(4): 809-823.

Burone, L., et al. (2013). "A multiproxy study between the Río de la Plata and the adjacent South-western Atlantic inner shelf to assess the sediment footprint of river vs. marine influence." Continental shelf research **55**: 141-154.

Burone, L., et al. (2018). "Geomorphological and sedimentological characterization of the Uruguayan Continental Margin: A review and state of art." Journal of Sedimentary Environments **3**(4): 253-264.

Burone, L., et al. (2019). "The imprint of the geological inheritance and present dynamics on uruguayan inner shelf sediments (south-western Atlantic)." Journal of Sedimentary Environments **4** (4): 403-420.

Burone, L., et al. (2021). "Physical drivers and dominant oceanographic processes on the Uruguayan margin (Southwestern Atlantic): a review and a conceptual model." Journal of Marine Science and Engineering **9**(3): 304.

Butler, A. & P. Chesson (1990). "Ecology of sessile animals on sublittoral hard substrata: the need to measure variation." Australian Journal of Ecology **15**(4): 521-531.

Cacchione, D., et al. (2002). "The shaping of continental slopes by internal tides." Science **296**(5568): 724-727.

Campbell, L. M., et al. (2009). "Beyond baselines: rethinking priorities for ocean conservation." Ecology and Society **14**(1).

Carney, R. S. (2005). "Zonation of deep biota on continental margins." Oceanography and Marine Biology, CRC Press: 221-288.

Carranza, A., et al. (2010). "Coexistence patterns of benthic gastropods on the Uruguayan shelf." Oikos **119**(8): 1312-1318.

Carranza, A., et al. (2011). "Taxonomic relatedness and spatial structure of a shelf benthic gastropod assemblage." Diversity and Distributions **17**(1): 25-34.

Carranza, A., et al. (2012). "Deep-water coral reefs from the Uruguayan outer shelf and slope." Marine Biodiversity **42**(3): 411-414.

Carranza, A., et al. (2022). "Benthic invertebrates collected by the RV 'Walther Herwig I and II' in the Southwestern Atlantic Ocean (1966-1978): A review of the invertebrates collection of the Zoological Museum of Hamburg." Marine and Fishery Sciences (MAFIS) **35**(1): 115-122.

Carranza, A., & Horta, S. (2008a). "Megabenthic gastropods in the outer Uruguayan continental shelf: composition, distribution and some effects of trawling." Revista de biología marina y oceanografía **43**(1), 137-142.

Carranza, A., & Horta, S. (2008b). "Observations on the ecology of the hermit crabs *Propagurus gaudichaudii* Milne-Edwards (Decapoda: Paguridae) and *Dardanus insignis* Saussure (Decapoda: Diogenidae) in the outer Uruguayan shelf." Pan-American Journal of Aquatic Sciences **3**(1): 32-35.

Carranza, A., et al. (2008). "Assemblages of megabenthic gastropods from Uruguayan and northern Argentinean shelf: spatial structure and environmental controls." Continental Shelf Research **28**(6): 788-796.

Carvalho, L., et al. (2017). "Manipulating habitat complexity to understand its influence on benthic macrofauna." Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **489**: 48-57.

Ceramicola, S., et al. (2018). Cold seep systems. Submarine Geomorphology, Springer: 367-387.

Cherkis, N., et al. (1989). "Bathymetry of the South Atlantic Ocean-3° S to 40° S". 1st International Congress of the Brazilian Geophysical Society, European Association of Geoscientists & Engineers.

Cicin-Sain, B., & Knecht, R. (2000). "The future of US ocean policy: choices for the new century." Island Press.

Clarke, K. & R. Gorley (2015). "Getting started with PRIMER v7." PRIMER-E: Plymouth, Plymouth Marine Laboratory **20**(1).

Clarke, K. R., et al. (2008). "Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage." Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **366**(1-2): 56-69.

Clavijo, C., et al. (2005). "Lista sistemática de los moluscos marinos y estuarinos del Cuaternario de Uruguay." Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay **9**(88): 381-411.

Clavijo, C., et al. (2006). "Bivalvos marinos y estuarinos de la costa uruguaya: faunística, distribución, taxonomía y conservación."

Conti, L. A., et al. (2020). "High-resolution optical remote sensing for coastal benthic habitat mapping: A case study of the Suape Estuarine-Bay, Pernambuco, Brazil." Ocean & coastal management **193**: 105205.

Costello, M. J. (2009). "Distinguishing marine habitat classification concepts for ecological data management." Marine ecology progress series **397**: 253-268.

Cowart, D. A. (2013). "Species distributions and population structure in cold seep vestimentiferan tubeworms of the genera *Escarpia* and *Lamelibranchia* (polychaeta, Siboglinidae)."

Crivellari, A., & Cozzani, V. (2020). "Offshore renewable energy exploitation strategies in remote areas by power-to-gas and power-to-liquid conversion". International Journal of Hydrogen Energy, 45(4), 2936-2953.

Crutzen, P. J. (2006). "The "anthropocene". " Earth System Science in the Anthropocene, Springer: 13-18.

Davies, A. J., et al. (2007). "Preserving deep-sea natural heritage: emerging issues in offshore conservation and management." Biological conservation **138**(3-4): 299-312.

da Costa Gastão, F. G., et al. (2020). "Marine Habitats in Conservation Units on the Southeast Coast of Brazil." Brazilian Journal of Development **6**(4): 22145-22180.

Dale, V. H. & S. C. Beyeler (2001). "Challenges in the development and use of ecological indicators." Ecological Indicators **1**(1): 3-10.

Dana, J. D. (1853). "ART. XXXI.--On an Isothermal Oceanic Chart, illustrating the Geographical Distribution of Marine animals." American Journal of Science and Arts (1820-1879) **16**(48): 314.

Danovaro, R., et al. (2017). "The deep-sea under global change." Current biology **27**(11): R461-R465.

Davies, C. E., et al. (2004). "EUNIS habitat classification revised 2004." Report to: European environment agency-European topic centre on nature protection and biodiversity 127-143.

Day Jr, J. W., et al. (2012). "Estuarine ecology". John Wiley and Sons.

Defeo, O. (1998). Defeo, O. (1998). "Testing hypotheses on recruitment, growth, and mortality in exploited bivalves: an experimental perspective". Canadian special publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 257-264.

Defeo, O. & A. de Alava (1995). "Effects of human activities on long-term trends in sandy beach populations: the wedge clam *Donax hanleyanus* in Uruguay." Marine Ecology Progress Series **123**: 73-82.

Defeo, O. & N. Gutierrez (2003). "Geographical patterns in growth estimates of the scallop, *Zygochlamys patagonica*, with emphasis on Uruguayan waters." Journal of Shellfish Research **22**(3): 643-646.

Defeo, O., et al. (2009). "Hacia un manejo ecosistémico de pesquerías. Áreas marinas protegidas en Uruguay." Facultad de Ciencias-UNDECIMAR.

De Esteban, M. C., et al. (2023). "Mapping marine habitats in the Gulf of Guinea: A contribution to the future establishment of Marine Protected Areas in Principe Island." Regional Studies in Marine Science **57**: 102742.

de Mahiques, M. M., et al. (2008). "Nd and Pb isotope signatures on the Southeastern South American upper margin: Implications for sediment transport and source rocks." Marine Geology **250**(1-2): 51-63.

de Mahiques, M., et al. (2021). "Control of oceanic circulation on sediment distribution in the southwestern Atlantic margin (23 to 55° S)." Ocean Science **17**(5): 1213-1229.

Delgado, E. & O. Defeo (2004). "Sexual maturity in females of deep-sea red crab *Chaceon notialis* (Brachyura, Geryonidae) in the southwestern Atlantic Ocean." Invertebrate Reproduction & Development **46**(1): 55-62.

Desrosiers, C., et al. (2013). "Bioindicators in marine waters: benthic diatoms as a tool to assess water quality from eutrophic to oligotrophic coastal ecosystems." Ecological Indicators **32**: 25-34.

Douve, F. & C. N. Ehler (2009). "New perspectives on sea use management: initial findings from European experience with marine spatial planning." Journal of Environmental Management **90**(1): 77-88.

Duarte, C. M. (2006). "La exploración de la biodiversidad marina: Desafíos científicos y tecnológicos." Fundación BBVA.

Duarte, C. M. (2014). "Global change and the future ocean: a grand challenge for marine sciences." Frontiers Media SA **1**: 63.

Duarte, C. M., et al. (2020). "Rebuilding marine life." Nature **580**(7801): 39-51.

Dumitrache, C., et al. (2008). "Establishing the ecological quality status using benthic invertebrates as bio-indicators in marine monitoring." Cercetari Marine **38**: 119-135.

Egerton, F. N. (2014). "History of ecological sciences, part 51: formalizing marine ecology, 1870s to 1920s." Bulletin of the Ecological Society of America **95**(4): 347-430.

Egerton, F. N. (2019). "History of ecological sciences, Part 61C: Marine biogeography, 1690s–1940s." Bulletin of the Ecological Society of America **100**(1): 1-55.

Ehler, C. & F. Douvère (2009). "Marine Spatial Planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme."

Ekman, S. (1953). "Zoogeography of the sea: London." Sidgwick and Jackson **417**.

Ellingsen, K. E. (2001). "Biodiversity of a continental shelf soft-sediment macrobenthos community." Marine Ecology Progress Series **218**: 1-15.

Etchichury, M. & J. Remiro (1963). "La corriente de Malvinas y los sedimentos pampeano-patagónicos."

Farrelly, D. J., et al. (2013). "Carbon sequestration and the role of biological carbon mitigation: a review." Renewable and Sustainable Energy Reviews **21**: 712-727.

Faugères, J. C., et al. (1993). "Contourite drift types and their distribution in the North and South Atlantic Ocean basins." Sedimentary Geology **82**(1-4): 189-203.

Federal Geographic Data Committee. (2012). "Coastal and marine ecological classification standard." Marine and Coastal Spatial Data Subcommittee.

Ferreira, J. G., et al. (2011). "Overview of eutrophication indicators to assess environmental status within the European Marine Strategy Framework Directive." Estuarine, Coastal and Shelf Science **93**(2): 117-131.

Ferro, S., et al. (2012). "Risk Analysis and Economic Evaluation of Oil and Gas Prospects Offshore Uruguay." SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference.

Floeter, S. R. & A. Soares-Gomes (1999). "Biogeographic and species richness patterns of Gastropoda on the southwestern Atlantic." Revista Brasileira de Biologia **59**: 567-575.

Forbes, E. (1856). "Map of the distribution of marine life, illustrated chiefly by fishes, molluscs and radiata; showing also extent and limits of the homoiozoic belts." Johnston AK The Physical Atlas of Natural phenomena, second and enlarged edition. William Blackwood and Sons, Edimburgh and London [posthumous publication], pl 31.

Framiñan, M. B. & O. B. Brown (1996). "Study of the Río de la Plata turbidity front, Part 1: spatial and temporal distribution." Continental Shelf Research **16**(10): 1259-1282.

Franco-Fraguas, P., et al. (2014). "Hydrodynamic and geomorphological controls on surface sedimentation at the subtropical shelf front/brazil-malvinas confluence transition off uruguay (southwestern atlantic continental margin)." Marine Geology **349**: 24-36.

Franco-Fraguas, P., et al. (2016). "Modern sedimentary dynamics in the Southwestern Atlantic Contouritic Depositional System: New insights from the Uruguayan margin based on a geochemical approach." Marine Geology **376**: 15-25.

Franco-Fraguas, P., et al. (2017). "Sedimentary processes in the head of the Cabo Polonio mega slide canyon (Southwestern Atlantic margin off Uruguay)." Latin American journal of sedimentology and basin analysis **24**(1): 31-44.

Franco, B. C., et al. (2020). "Climate change impacts on the atmospheric circulation, ocean, and fisheries in the southwest South Atlantic Ocean: a review." Climatic Change **162**(4): 2359-2377.

Freiwald, A., et al. (2004). "Cold-water coral reefs: out of sight-no longer out of mind." UNEP-WCMC.

FREPLATA, G. (2004). "Análisis diagnóstico transfronterizo del Río de la Plata y su Frente Marítimo." PNUD/GEF/RLA/99/G31.

Gage, J. D. (2004). "Diversity in deep-sea benthic macrofauna: the importance of local ecology, the larger scale, history and the Antarctic." Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography **51**(14-16): 1689-1708.

Gage, J. D. & P. A. Tyler (1991). "Deep-sea biology: a natural history of organisms at the deep-sea floor." Cambridge University Press & Assessment.

Galparsoro, I., et al. (2014). "Mapping ecosystem services provided by benthic habitats in the European North Atlantic Ocean." Frontiers in Marine Science **1**.

Galparsoro, I., et al. (2012). "Using EUNIS habitat classification for benthic mapping in European seas: Present concerns and future needs." Marine Pollution Bulletin **64**: 2630-2638.

Gandra, T. B. R.; et al. (2020). "Planejamento Espacial Marinho." In: Muehe, D.; Lins-de-Barros, F. M.; Pinheiro, L. (Orgs.). "Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos." Programa de Geologia e Geofísica Marinha / Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Rio de Janeiro 456-472. ISBN 978-65-992571-0-

Gardiner, S. & S. Hourdez (2003). "Worm *Lamelibranchia Luymesii* Van Der Land and *Norrevang*, 1975 (Annelida: Pogonophora) In Hydrocarbon Seep Communities In The Gulf Of." Proceedings of The Biological Society of Washington **1**(16): 380-394.

Gayoso, A. M. & G. P. Podestá (1996). "Surface hydrography and phytoplankton of the Brazil-Malvinas currents confluence." Journal of Plankton Research **18**(6): 941-951.

Gianelli, I., et al. (2018). "Operationalizing an ecosystem approach to small-scale fisheries in developing countries: The case of Uruguay." Marine Policy **95**, 180-188.

Giberto, D., et al. (2004). "Large-scale spatial patterns of benthic assemblages in the SW Atlantic: the Rio de la Plata estuary and adjacent shelf waters." Estuarine, Coastal and Shelf Science **61**(1): 1-13.

Giberto, D., et al. (2007). "Ecological boundaries in estuaries: macrobenthic β -diversity in the Río de la Plata system (34–36 S)." Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom **87**(2): 377-381.

Gilliland, P. M., & Laffoley, D. (2008). "Key elements and steps in the process of developing ecosystem-based marine spatial planning." Marine Policy **32**(5): 787-796.

Giménez, L., et al. (2010). "Rocky intertidal macrobenthic communities across a large-scale estuarine gradient." Scientia Marina **74**(1): 87-100.

Glover, A. G., et al. (2018). "Managing a sustainable deep-sea 'blue economy' requires knowledge of what actually lives there." Elife **7**: e41319.

Grant, S. M., et al. (2021). "Local drivers of change in Southern Ocean ecosystems: human activities and policy implications." Frontiers in Ecology and Evolution **9**: 624518.

Grant, W. D. & O. S. Madsen (1986). "The continental-shelf bottom boundary layer." Annual Review of Fluid Mechanics **18**(1): 265-305.

Grattarola, F., et al. (2019). "Biodiversidata: An open-access biodiversity database for Uruguay." Biodiversity data journal **7**.

Gray, J., et al. (1997). "Coastal and deep-sea benthic diversities compared." Marine Ecology Progress Series **159**: 97-103.

Gray, J. S. (2002). "Species richness of marine soft sediments." Marine Ecology Progress Series **244**: 285-297.

Gray, J. S. & M. Elliott (2009). "Ecology of marine sediments: from science to management." Oxford University Press.

Greene, H. G., et al. (1999). "A classification scheme for deep seafloor habitats." Oceanologica acta **22**(6): 663-678.

Greene, H.G., et al. (2007). "Construction of digital potential marine benthic habitat maps using a coded classification scheme and its application. Mapping the seafloor for habitat characterization." Geological Association of Canada Special Paper **47**: 141-155.

Gristo, P., et al. (2015). "Application of best practices and evaluation of the performance in health, safety and environment management for a large seismic programme offshore Uruguay." SPE Latin American and Caribbean Health, Safety, Environment and Sustainability Conference.

Guerrero, R. A., et al. (1997). "Physical oceanography of the Río de la Plata Estuary, Argentina." Continental Shelf Research **17**(7): 727-742.

Guerrero, R. A., et al. (2014). "The salinity signature of the cross-shelf exchanges in the Southwestern Atlantic Ocean: Satellite observations." Journal of Geophysical Research: Oceans **119**(11): 7794-7810.

Guerrero, R. A., et al. (2010). "Climatología de temperatura y salinidad en el Río de la Plata y su Frente Marítimo, Argentina-Uruguay." Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP): Mar del Plata, Argentina. Available at <http://www.inidep.edu.ar/publicaciones/publicaciones-especiales/climatologia-de-temperatura-y-salinidad/>[Verified 25 June 2016].

Guihen, D., et al. (2012). "Temperature shocks and ecological implications at a cold-water coral reef." Marine Biodiversity Records **5**.

Guinan, J., et al. (2009). "Ecological niche modelling of the distribution of cold-water coral habitat using underwater remote sensing data." Ecological Informatics **4**(2): 83-92.

Guralnick, R., & Van Cleve, J. (2005). "Strengths and weaknesses of museum and national survey data sets for predicting regional species richness: comparative and combined approaches." Diversity and Distributions **11**(4): 349-359.

Gutierrez, N. & O. Defeo (2003). "Development of a new scallop *Zygochlamys patagonica* fishery in Uruguay: latitudinal and bathymetric patterns in biomass and population structure." Fisheries Research **62**(1): 21-36.

Gutierrez, N. L., et al. (2011). "Spatial distribution patterns in biomass and population structure of the deep sea red crab *Chaceon notialis* in the Southwestern Atlantic Ocean." Fisheries Research **110**(1): 59-66.

Gyllencreutz, R., et al. (2010). "Mid-to late-Holocene paleoceanographic changes on the southeastern Brazilian shelf based on grain size records." The Holocene **20**(6): 863-875.

Harloff, J. & A. Mackensen (1997). "Recent benthic foraminiferal associations and ecology of the Scotia Sea and Argentine Basin." Marine micropaleontology **31**(1-2): 1-29.

Harris, P. T. & E. K. Baker (2012). "Why map benthic habitats?." Seafloor geomorphology as benthic habitat 3-22.

Harris, P., M et al. (2014). "Geomorphology of the oceans." Marine Geology **352**: 4-24.

Harris, P. T. & T. Whiteway (2011). "Global distribution of large submarine canyons: Geomorphic differences between active and passive continental margins." Marine Geology **285**(1-4): 69-86.

Heip, C. (1992). "Benthic studies: summary and conclusions." Marine Ecology Progress Series **91**(1/3): 265-268.

Hempel, G., & Sherman, K. (2003). "Large marine ecosystems of the world: trends in exploitation, protection, and research." Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **313**(1):211–212.

Hernández-Molina, F. J., et al. (2009). "Contourite depositional system on the Argentine Slope: An exceptional record of the influence of Antarctic water masses." Geology **37**(6): 507-510.

Hernández-Molina, F. J., et al. (2011). Along-slope oceanographic processes and sedimentary products around the Iberian margin. Geo-Marine Letters **31**(5): 315-341.

Hernández-Molina, F. J., et al. (2016). "A contourite depositional system along the Uruguayan continental margin: Sedimentary, oceanographic and paleoceanographic implications." Marine Geology **378**: 333-349.

Hewitt, J., et al. (2004). "Mapping of marine soft-sediment communities: integrated sampling for ecological interpretation." Ecological applications **14**(4): 1203-1216.

Heyman, W. D., & Wright, D. J. (2011). "Marine geomorphology in the design of marine reserve networks." The Professional Geographer **63**(4): 429-442.

Hillebrand, H. (2004). "Strength, slope and variability of marine latitudinal gradients." Marine Ecology Progress Series **273**: 251-267.

Hinz, K., et al. (1999). "The Argentine continental margin north of 48 S: sedimentary successions, volcanic activity during breakup." Marine and Petroleum Geology **16**(1): 1-25.

Hiscock, K., et al. (2004). "Effects of changing temperature on benthic marine life in Britain and Ireland." Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems **14**(4): 333-362.

Hotchkiss, F. S. & C. Wunsch (1982). "Internal waves in Hudson Canyon with possible geological implications." Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers **29**(4): 415-442.

Hovland, M. & A. G. Judd (1988). "Seabed pockmarks and seepages: impact on geology, biology and the marine environment." Graham & Trotman London.

Howell, K. L. (2010). "A benthic classification system to aid in the implementation of marine protected area networks in the deep/high seas of the NE Atlantic." Biological Conservation **143**(5): 1041-1056.

Howell, K. L., et al. (2010). "Mounting evidence: near-slope seamounts are faunally indistinct from an adjacent bank." Marine Ecology **31**: 52-62.

Hubold, G. (1980a). "Hydrography and plankton off southern Brazil and Rio de la Plata, August-November 1977." Atlântica **4**(1): 1-22.

Hubold, G. (1980b). "Second report on Hydrography and plankton off Southern Brazil and Rio de la Plata: autumn cruise: april-june 1978." Atlântica **4**(1): 23-42.

Hunt, T., & Van den Eynden, V. (2019). Whose data are they anyway?

IHO, I. (2010). "GEBCO Gazetteer of Undersea Feature Names."

Jablonski, D. & R. A. Lutz (1983). "Larval ecology of marine benthic invertebrates: paleobiological implications." Biological Reviews **58**(1): 21-89.

Jørgensen, L. L., et al. (2011). "Improving benthic monitoring by combining trawl and grab surveys." Marine Pollution Bulletin **62**(6): 1183-1190.

Juanicó, M. & M. Rodríguez-Moyano (1976). "Composición faunística de la comunidad de *Mytilus edulis platensis* d'Orbigny, 1846, ubicada a unas 55 millas al SE de La Paloma." Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay **4**(29): 113-116.

Jung, W.-Y. & P. R. Vogt (1992). "Predicting bathymetry from Geosat-ERM and shipborne profiles in the South Atlantic ocean." Tectonophysics **210**(3-4): 235-253.

Kaiser, M., et al. (2001). "Disturbance of intertidal soft-sediment benthic communities by cockle hand raking." Journal of Sea Research **45**(2): 119-130.

Kaiser, M., et al. (2006). "Global analysis of response and recovery of benthic biota to fishing." Marine Ecology Progress Series **311**: 1-14.

Kaiser, M. J., et al. (2000). "Chronic fishing disturbance has changed shelf sea benthic community structure." Journal of Animal Ecology **69**(3): 494-503.

Kappel, C. V. (2005). "Losing pieces of the puzzle: threats to marine, estuarine, and diadromous species." Frontiers in Ecology and the Environment **3**(5): 275-282.

Kenny, A. J., et al. (2003). "An overview of seabed-mapping technologies in the context of marine habitat classification." ICES Journal of Marine Science **60**(2): 411-418.

Kingston, P. (2009). "Benthic organisms overview." Elements of Physical Oceanography: A derivative of the Encyclopedia of Ocean Sciences: 123.

Kinner, P., et al. (1974). "Benthic invertebrates in Delaware Bay: Animal-sediment associations of the dominant species." Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie **59**(5): 685-701.

Kirkwood, J. & H. Burton (1988). "Macrobenthic species assemblages in Ellis Fjord, Vestfold Hills, Antarctica." Marine Biology **97**(3): 445-457.

Koivurova, T. (2009). "A note on the European union's integrated maritime policy." Ocean Development & International Law **40**(2): 171-183.

Krastel, S., et al. (2011). "Sediment dynamics and geohazards off Uruguay and the de la Plata River region (northern Argentina and Uruguay)." Geo-Marine Letters **31**(4): 271-283.

Künitzer, A., et al. (1992). "The benthic infauna of the North Sea: species distribution and assemblages." ICES Journal of Marine Science **49**(2): 127-143.

LaFrance, M., et al. (2014). A comparison of top-down and bottom-up approaches to benthic habitat mapping to inform offshore wind energy development. Continental Shelf Research **83**: 24-44.

Laird, S. A. (2010). "Biodiversity and traditional knowledge: equitable partnerships in practice." Routledge.

Lantsch, H., et al. (2014). The high-supply, current-dominated continental margin of southeastern South America during the late Quaternary. Quaternary Research **81**(2): 339-354.

Laporta, M., et al. (2008). "Peces e invertebrados capturados en las pesquerías artesanales oceánicas de enmalle y palangre de fondo de Uruguay." Frente Marítimo **25**: 325-347.

Layerle, C. & Scarabino, V. M. (1984). "Moluscos del frente marítimo uruguayo entre 9 y 78 m de profundidad, análisis biocenológico. Proyecto de Ciencias del Mar (URU/82/009)." Contribuciones. 1. 9.

Leathwick, J., West, D., Moilanen, A., & Chadderton, L. (2012). "Development of a systematic, information-based approach to the identification of high value sites for river conservation in New Zealand." River conservation and management.

Lercari, D. (2021). "Analysis of three decades of research in marine sciences in Uruguay through mapping of science and bibliometric indexes." Latin American Journal of Aquatic Research, **49**(1), 1-17.

Lercari, D. & O. Defeo (2006). "Large-scale diversity and abundance trends in sandy beach macrofauna along full gradients of salinity and morphodynamics." Estuarine, Coastal and Shelf Science **68**(1-2): 27-35.

Levin, L. A. & M. Sibuet (2012). "Understanding continental margin biodiversity: a new imperative." Annual Review of Marine Science **4**: 79-112.

Levinton, J. (1995). "Biotic diversity in the ocean." Marine Biology. Function, Biodiversity, Ecology **420**.

Lewin, R. (1986). "Supply-side ecology: Existing models of population structure and dynamics of ecological communities have tended to ignore the effect of the influx of new members into the communities." Science **234**(4772): 25-27.

Lin, H., et al. (2022). "Estimating global species richness using symbolic data meta-analysis." Ecography, (3), e05617.

López-Orrego, G., et al. (2011). "Mapeo del fondo marino del talud continental superior y medio de Uruguay."

Lowe, D. R. (1979). "Sediment gravity flows: their classification and some problems of application to natural flows and deposits." Geology of Continental Slopes, SEPM Special publication. **27**: 75-82.

Macdonald, T. A., et al. (2012). "Facultative feeding and consistency of trophic structure in marine soft-bottom macrobenthic communities." Marine ecology progress series **445**: 129-140.

Macpherson, E. (2003). "Species range size distributions for some marine taxa in the Atlantic Ocean. Effect of latitude and depth." Biological Journal of the Linnean Society **80**(3): 437-455.

Maly, M., et al. (2019). "The Alpha Crucis Carbonate Ridge (ACCR): Discovery of a giant ring-shaped carbonate complex on the SW Atlantic margin." Scientific reports **9**(1), 1-10.

Masson, D., et al. (2006). "Submarine landslides: processes, triggers and hazard prediction." Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences **364**(1845): 2009-2039.

Mantyla, A. W. & J. L. Reid (1983). "Abyssal characteristics of the World Ocean waters." Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers **30**(8): 805-833.

Marín, Y. H., et al. (2021). "So far and so close: Opportunities for marine spatial planning in the Southwest Atlantic Ocean." Ocean & Coastal Management **211**: 105737.

Marshall, C. E. (2012). "Species distribution modelling to support marine conservation planning." Marine Policy **45**:330-332. DOI:10.1016/j.marpol.2013.09.003

Masello, A. & O. Defeo (2016). "The deep-sea red crab *Chaceon notialis* (Geryonidae) in the southwestern Atlantic Ocean: Spatial patterns and long-term effects of fishing." Fisheries Research **183**: 254-262.

Matano, R., et al. (2010). "The influence of the Brazil and Malvinas Currents on the Southwestern Atlantic Shelf circulation." Ocean Science **6**(4): 983-995.

Martínez, A. & L. Ortega (2007). "Seasonal trends in phytoplankton biomass over the Uruguayan Shelf." Continental Shelf Research **27**(12): 1747-1758.

Masson, D., et al. (2006). "Submarine landslides: processes, triggers and hazard prediction." Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences **364**(1845): 2009-2039.

Mayer, L., et al. (2018). "The Nippon Foundation—GEBCO seabed 2030 project: The quest to see the world's oceans completely mapped by 2030." Geosciences **8**(2): 63.

Mayr, E. (1968b). The Role of Systematics in Biology: The study of all aspects of the diversity of life is one of the most important concerns in biology. Science **159**(3815): 595-599.

Mayr, E. & F. Cordón (1968a). "Especies animales y evolución." Ariel.

McCauley, D. J., et al. (2015). "Marine defaunation: animal loss in the global ocean." Science **347**(6219): 1255641.

McQuaid, K., et al. (2023). "Review of the Central and south Atlantic deep-sea: Science, Policy and management." Oceanography and Marine Biology: An Annual Review (OMBAR).

Meynard, C. N. & J. F. Quinn (2007). "Predicting species distributions: a critical comparison of the most common statistical models using artificial species." Journal of Biogeography **34**(8): 1455-1469.

Mianzan, H., et al. (2001). "The Río de la Plata estuary, Argentina-Uruguay." Coastal marine ecosystems of Latin America 185-204.

Miloslavich, P., et al. (2011). "Marine biodiversity in the Atlantic and Pacific coasts of South America: knowledge and gaps." PLoS one **6**(1): e14631.

Milstein, A., et al. (1976). "Algunas asociaciones bentónicas frente a las costas de Rocha, Uruguay. Resultados de la campaña del B/O "Hero", viaje 72-3A." Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay **4**(30): 143-164.

Mitchell, N. C. (2001). "Transition from circular to stellate forms of submarine volcanoes." Journal of Geophysical Research: Solid Earth **106**(B2): 1987-2003.

Montefalcone, M., et al. (2021). "A review of the classification systems for marine benthic habitats and the new updated Barcelona Convention classification for the Mediterranean." Marine Environmental Research **169**: 105387.

Mora, C., et al. (2011). "How many species are there on Earth and in the ocean?" PLoS ioB

Morales, E., et al. (2017). "Tectonic and stratigraphic evolution of the Punta del Este and Pelotas basins (offshore Uruguay)." Petroleum Geoscience **23**(4): 415-426.

Morales, E., et al. (2021). "Potential of geothermal energy in the onshore sedimentary basins of Uruguay." Geothermics **95**: 102165.

Mourelle, D., et al. (2018). "Climatic, environmental and oceanographic changes over the past millennium, reconstructed from a palynological record of the inner Uruguayan continental shelf." Journal of Sedimentary Environments **3**(4): 234-252.

Mouton, M. W. (2013). "The continental shelf." Springer.

Mulder, T., et al. (2012). "New insights into the morphology and sedimentary processes along the western slope of Great Bahama Bank." Geology **40**(7): 603-606.

Muñoz, A., et al. (2010). "Informe de Campaña Uruguay 0110." Buque de Investigacion Oceanografica y Pesquera Miguel Oliver (SGM), Dinara, Montevideo **67**.

Mussi, C. (2017). "Mapeamento da geodiversidade e análise de bens e serviços ecossistêmicos prestados pela plataforma continental de Santa Catarina, Brasil." Tese de Doutorado. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/186608>

Nagy, G., et al. (2008). "Rio de la Plata estuarine system: relationship between river flow and frontal variability." Advances in Space Research **41**(11), 1876-1881.

Nguyen, N. T., et al. (2017). "Constructing a biodiversity terminological inventory." PLoS one **12**(4): e0175277.

Okolodkov, Y. B. (2010). "Biogeografía marina." CENTRO EPOMEX-UAC.

Olabarria, C. (2006). "Faunal change and bathymetric diversity gradient in deep-sea prosobranchs from Northeastern Atlantic." Biodiversity & Conservation **15**(11): 3685-3702.

Oliver, M. A., & Webster, R. (1990). "Kriging: a method of **interpolation** for geographical information systems." International Journal of Geographical Information System **4**(3): 313-332.

Olivier, S. (1972). "Distribucion ecologica de algunos moluscos recogidos por la expedicion del 'Walther Herwig'(RFA) al Atlantico Sudoccidental (1996)." Brazilian Journal of Biology. **32**: 235-247.

Ortega, L. & A. Martínez (2007). "Multiannual and seasonal variability of water masses and fronts over the Uruguayan shelf." Journal of Coastal Research **23**(3): 618-629.

Otegui, J., et al. (2013). "On the dates of GBIF mobilised primary biodiversity records." Biodiversity Informatics **8**(2).

Pagliosa P. R., et al. (2014). "NONATObase: a database for Polychaeta (Annelida) from the Southwestern Atlantic Ocean." Database (Oxford). doi: 10.1093/database/bau002.

Parmesan, C., et al. (2005). "Empirical perspectives on species borders: from traditional biogeography to global change." Oikos **108**(1), 58-75.

Pauly, D., & Zeller, D. (2017). Comments on FAOs state of world fisheries and aquaculture (SOFIA 2016). Marine Policy **77**, 176-181.

Parry, M., et al. (2015). "A Deep-sea section for the Marine Habitat Classification of Britain and Ireland." A Deep-sea Section for the Marine Habitat Classification of Britain and Ireland, JNCC.

Penchaszadeh, P. & G. De Mahieu (1975). "Reproducción de Gasterópodos ProsoBranquios del Atlántico sudoccidental, Cymatiidae.[Reproduction of south western Atlantic Prosobranch Gastropods, Cymatiidae]." Physis **34**(89): 445-452.

Peterson, R. G. & L. Stramma (1991). "Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean." Progress in Oceanography **26**(1): 1-73.

Petschick, R., et al. (1996). "Clay mineral distribution in surface sediments of the South Atlantic: sources, transport, and relation to oceanography." Marine Geology **130**(3-4): 203-229.

Pineiro, N. L. (2013). "Determinação do grau da influência terrestre versus marinha ao longo da transição Río de La Plata-Oceano Atlântico Sul, através de proxies bióticos e abióticos." Universidade de São Paulo.

Piola, A. R. & A. L. Gordon (1989). "Intermediate waters in the southwest South Atlantic." Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers **36**(1): 1-16.

Piola, A. R., et al. (2000). "Subtropical shelf front off eastern South America." Journal of Geophysical Research: Oceans **105**(C3): 6565-6578.

Piola, A. R., et al. (2001). Brazil and Falklands (Malvinas) currents. *Ocean currents*, 35-43.

Piola, A. R., et al. (2005). "The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic shelf." Geophysical Research Letters **32**(1).

Piola, A. R. & V. Falabella (2009). "El mar patagónico." Atlas del Mar Patagónico: especies y espacios. Buenos Aires: Wildlife Conservation Society y Birdlife Internacional: 54-75.

Piola, A. R., et al. (2018). "Physical oceanography of the SW Atlantic Shelf: a review." Plankton ecology of the Southwestern Atlantic: 37-56.

Pires, A. M. S. (1992). "Structure and dynamics of benthic megafauna on the continental shelf offshore of Ubatuba, southeastern Brazil." Marine Ecology Progress Series, Oldendorf **86**(1): 63-76.

Pires-Vanin, A. M. S., et al. (2014). "Inventory of the marine soft bottom macrofauna of São Sebastião Channel, southeastern Brazilian continental shelf." Check List **10**(4): 795-807.

Pope, J., et al. (1975). "Manual of methods for fish stock assessment. Part 3-Selectivity of fishing gear." FAO Fisheries Technical Papers (FAO).

Populus, J., et al. (2017). "EUSeaMap. A European Broad-scale seabed habitat map."

Preu, B., et al. (2013). "Morphosedimentary and hydrographic features of the northern Argentine margin: the interplay between erosive, depositional and gravitational processes and its conceptual implications." Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers **75**: 157-174.

Priede, I., et al. (2006). "Bioluminescence in the deep sea: free-fall lander observations in the Atlantic Ocean off Cape Verde." Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers **53**(7): 1272-1283.

Puerta, P., et al. (2020). "Influence of water masses on the biodiversity and biogeography of deep-sea benthic ecosystems in the North Atlantic." Frontiers in Marine Science: 239.

Punt, A. E., et al. (2018). "Conserving and recovering vulnerable marine species: a comprehensive evaluation of the US approach for marine mammals." ICES Journal of Marine Science **75**(5): 1813-1831.

Pyke, G. H. & P. R. Ehrlich (2010). "Biological collections and ecological/environmental research: a review, some observations and a look to the future." Biological Reviews **85**(2): 247-266.

Ramalho, L. V., et al. (2022). "Checklist of the marine Bryozoa from Uruguay (Southwest Atlantic)." Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie **24**(1): 109-134.

Ramirez-Llodra, E., et al. (2011). "Man and the last great wilderness: human impact on the deep sea." PLoS one **6**(8): e22588.

Renaud, P. E., et al. (2008). "Pelagic–benthic coupling in the western Barents Sea: processes and time scales." Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography **55**(20-21): 2372-2380.

Rex, M. A. (1981). "Community structure in the deep-sea benthos." Annual review of ecology and systematics **12**: 331-353.

Rex, M. A. & R. J. Etter (2010). "Deep-sea biodiversity: pattern and scale." Harvard University Press.

Rex, M. A., et al. (2006). "Global bathymetric patterns of standing stock and body size in the deep-sea benthos." Marine ecology progress series **317**: 1-8.

Rice, A. (2013). "1 The Challenger Expedition. Understanding the Oceans: A Century of Ocean Exploration."

Robert, K., et al. (2016). "Improving predictive mapping of deep-water habitats: considering multiple model outputs and ensemble techniques." Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers **113**: 80-89.

Roberts, E., et al. (2021). "Water masses constrain the distribution of deep-sea sponges in the North Atlantic Ocean and Nordic Seas." Marine ecology progress series **659**: 75-96.

Roberts, J. M., et al. (2006). "Reefs of the deep: the biology and geology of cold-water coral ecosystems." Science **312**(5773): 543-547.

Rodriguez, S. R., et al. (1993). "Settlement of benthic marine invertebrates." Marine Ecology Progress Series. Oldendorf **97**(2): 193-207.

Rooper, C. N. & M. Zimmermann (2007). "A bottom-up methodology for integrating underwater video and acoustic mapping for seafloor substrate classification." Continental Shelf Research **27**(7): 947-957.

Rosenberg, R., et al. (1992). "Hypoxia, salinity and temperature as structuring factors for marine benthic communities in a eutrophic area." Netherlands Journal of Sea Research **30**: 121-129.

Rossi, S. (2001). "De cerca. Epibiosis" Investigación y Ciencia: 38-33p.

Rotllant, G., et al. (2020). "Diversity, Abundance, and Biomass of Deep-Sea Decapod Crustaceans of the Uruguayan Continental Slope in the Southwestern Atlantic Ocean." Deep-Sea Pycnogonids and Crustaceans of the Americas, Springer: 443-472.

Sandulli, R., et al. (2021). "Extreme benthic communities in the age of global change." Frontiers Media SA **7**: 609648.

Sala, E. & N. Knowlton (2006). "Global marine biodiversity trends." Annual Review of Environment and Resources **31**(1): 93-122.

Sanz-Lázaro, C. & A. Marín (2011). "Diversity patterns of benthic macrofauna caused by marine fish farming." Diversity **3**(2): 176-199.

Scarabino, F. (2003a). "Lista sistemática de los Bivalvia marinos y estuarinos vivientes de Uruguay." Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay **8**(81): 227-258.

Scarabino, F. (2003b). "Lista sistemática de los Aplacophora, Polyplacophora y Scaphopoda de Uruguay." Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay **8**(79): 191-196.

Scarabino, F. (2003c). "Lista sistemática de los Cephalopoda vivientes de Uruguay." Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay **8**(79): 197-202.

Scarabino, F. (2006). Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. No. 504.4 (899) BAS.

Scarabino, F., et al. (2019). "Pycnogonida (Arthropoda) from Uruguayan waters (Southwest Atlantic): annotated checklist and biogeographic considerations." Zootaxa **4550**(2): 185-200.

Scarabino, F., et al. (2018). "Ascidiacea (Chordata, Tunicata) from Uruguay (SW Atlantic): checklist and zoogeographic considerations." Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales **20**(2): 251-270.

Scarabino, F., et al. (2017). "Distribution of slipper lobsters (Decapoda: Scyllaridae) in Uruguayan waters." Nauplius **25**.

Scarabino, F. (2006). "Faunística y taxonomía de invertebrados bentónicos marinos y estuarinos de la costa uruguaya." No. 504.4 (899) BAS. 2006.

Scarabino V. & J.C. Faedo (1974). "Zonación biocenológica de las playas arenosas del Depto. de Rocha (Uruguay), con especial referencia a la presencia de *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) (Decapoda, Brachyura)." Boletín de la Comisión Nacional de Oceanografía **1**(1):42-52.

Schmiedl, G., et al. (1997). "Recent benthic foraminifera from the eastern South Atlantic Ocean: dependence on food supply and water masses." Marine Micropaleontology **32**(3-4): 249-287.

Schnitker, D. (1980). "Quaternary deep-sea benthic foraminifers and bottom water masses." Annual Review of Earth and Planetary Sciences **8**: 343.

Seoane, J. C. S., et al. (2012). "Benthic habitat mapping at Recife de Fora, Brazil: Imagery and GIS." In Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium. Cairns Australia.

Shepard, F. P. (1965). "Types of submarine valleys." AAPG Bulletin **49**(3): 304-310.

Shepard, F. P. (1972). "Submarine canyons." Earth-Science Reviews **8**(1): 1-12.

Sherman, K. & L. Alexander (1986). "Variability and management of large marine ecosystems."

Shumchenia, E. J. & J. W. King (2010). "Comparison of methods for integrating biological and physical data for marine habitat mapping and classification." Continental Shelf Research **30**(16): 1717-1729.

Smith, C. R., et al. (2008). "Abyssal food limitation, ecosystem structure and climate change." Trends in Ecology & Evolution **23**(9): 518-528.

Soberon, J., et al. (1996). "An international view of national biological surveys." Annals of the Missouri Botanical Garden: 562-573.

Soberón, J. & T. Peterson (2004). "Biodiversity informatics: managing and applying primary biodiversity data." Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences **359**(1444): 689-698.

Soto, M., et al. (2011). "The continental margin of Uruguay: Crustal architecture and segmentation." Marine and Petroleum Geology **28**(9): 1676-1689.

Sotomayor, G., et al. (2020). "Multivariate-statistics based selection of a benthic macroinvertebrate index for assessing water quality in the Paute River basin (Ecuador)." Ecological Indicators **111**: 106037.

Sousa, S. H. d. M., et al. (2020). "Opportunities and challenges in incorporating benthic foraminifera in marine and coastal environmental biomonitoring of soft sediments: from science to regulation and practice." Journal of Sedimentary Environments **5**(2): 257-265.

Spalding, M. D., et al. (2007). "Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas." BioScience **57**(7): 573-583.

Spalding, M. D., et al. (2012). "Pelagic provinces of the world: a biogeographic classification of the world's surface pelagic waters." Ocean and Coastal Management **60**: 19-30.

Stepanov, V. (1974). "Mirovoy okean (The World Ocean)." Znanie, Moscow [in Russian].

Stokstad, E. (2009). "US poised to adopt national ocean policy."

Stramma, L., & England, M. (1999). "On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean." Journal of Geophysical Research: Oceans **104**(C9): 20863-20883.

Suess, E. (2020). "Marine cold seeps: background and recent advances." Hydrocarbons, Oils and Lipids: Diversity, Origin, Chemistry and Fate: 747-767.

Suguio, K. (2003). "Geologia sedimentar", Editora Blucher.

Sutherland, J. P. & S. Ortega (1986). "Competition conditional on recruitment and temporary escape from predators on a tropical rocky shore." Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **95**(2): 155-166.

Tagliapietra, D. & M. Sigovini (2010). "Benthic fauna: collection and identification of macrobenthic invertebrates." Terre et Environnement **88**: 253-261.

Tagliapietra, D. & M. Sigovini (2010b). "Biological diversity and habitat diversity: a matter of Science and perception." Terre et Environnement **88**: 147-155.

Telenius, A. (2011). "Biodiversity information goes public: GBIF at your service". Nordic Journal of Botany **29**(3), 378-381.

Teso, V., et al. (2019). "Assemblages of certain benthic molluscs along the southwestern Atlantic: from subtidal to deep sea." BMC ecology **19**(1): 1-7.

Thayer, C. W. (1975). "Morphologic adaptations of benthic invertebrates to soft substrata." Journal of Marine Research **33**(2): 177-189.

Thorson, G. (1966). "Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities." Netherlands Journal of Sea Research **3**(2): 267-293.

Thrush, S., et al. (2006). "Broad-scale factors influencing the biodiversity of coastal benthic communities of the Ross Sea." Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography **53**(8-10): 959-971.

Thrush, S. F. & P. K. Dayton (2002). "Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: implications for marine biodiversity." Annual Review of Ecology and Systematics: 449-473.

Todd, B. J., et al. (1999). "Quaternary geology and surficial sediment processes, Browns Bank, Scotian Shelf, based on multibeam bathymetry." Marine Geology **162**(1): 165-214.

Tomasini, J., et al. (2011). "Assessment of Marine Gas Hydrates and Associated Free Gas Distribution Offshore Uruguay." Journal of Geological Research.

Tomašových, A. & S. M. Kidwell (2017). "Nineteenth-century collapse of a benthic marine ecosystem on the open continental shelf." Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences **284**(1856): 20170328.

Townsend, M., et al. (2018). "The challenge of implementing the marine ecosystem service concept." Frontiers in Marine Science **5**: 359.

Tyberghein, L., et al. (2012). "Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling." Global Ecology and Biogeography **21**(2): 272-281.

Tyler, P. A., et al. (2002). "Understanding the biogeography of chemosynthetic ecosystems." Oceanologica acta **25**(5): 227-241.

Umbgrove, J. (1947). "The Continental Margin". The Pulse of the Earth, Springer: 97-143.

Umbgrove, J. H. F. (1946). "Origin of continental shelves." AAPG Bulletin **30**(2): 249-253.

United Nations (2016). "The Sustainable Development Goals 2016."

United Nations (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe de Bogotá, Cámara de Comercio.

Urien, C. & F. Ottmann (1971). "Histoire du Rio de la Plata au Quaternaire." Quaternaria **14**: 51-59.

Urien, C., et al. (1974b). "The Geology of Continental Margins." Springer-Verlag, New York, United States of America.

Urien, C. M. & M. Ewing (1974a). "Recent sediments and environment of southern Brazil, Uruguay, Buenos Aires, and Rio Negro continental shelf." The geology of continental margins, Springer: 157-177.

Valesini, F. J., et al. (2010). "New quantitative approaches for classifying and predicting local-scale habitats in estuaries." Estuarine, Coastal and Shelf Science **86**(4): 645-664.

Vinogradova, N. G. (1997). "Zoogeography of the Abyssal and Hadal Zones." Advances in Marine Biology **32**: 325-387.

Violante, R. A., et al. (2010). "Sismoestratigrafía y evolución geomorfológica del talud continental adyacente al litoral del este bonaerense, Argentina." Latin American journal of sedimentology and basin analysis **17**(1): 33-62.

Voigt, S., et al. (2013). "Tectonically restricted deep-ocean circulation at the end of the Cretaceous greenhouse." Earth and Planetary Science Letters **369**: 169-177.

Van Diggelen, A. D. & P. A. Montagna (2016). "Is salinity variability a benthic disturbance in estuaries?" Estuaries and Coasts **39**(4): 967-980.

Wagner, H., et al. (2011). "Particulate organic matter fluxes and hydrodynamics at the Tisler cold-water coral reef." Journal of Marine Systems **85**(1-2): 19-29.

Watling, L., et al. (2013). "A proposed biogeography of the deep ocean floor." Progress in Oceanography **111**: 91-112.

Washburn, T., et al. (2016). "Benthic taxa as potential indicators of a deep-sea oil spill." Ecological Indicators **71**: 587-597.

Wescott, G. (2000). "The development and initial implementation of Australia's 'integrated and comprehensive' Oceans Policy." Ocean & coastal management **43**(10-11): 853-878.

Whittington, D. (2010). "What have we learned from 20 years of stated preference research in less-developed countries?." Annual Review of Resource Economics **2**(1): 209-236.

Witman, J. D., et al. (2004). "The relationship between regional and local species diversity in marine benthic communities: a global perspective." Proceedings of the National Academy of Sciences **101**(44): 15664-15669.

Wölfl, A. C., et al. (2014). "Distribution and characteristics of marine habitats in a subpolar bay based on hydroacoustics and bed shear stress estimates—Potter Cove, King George Island, Antarctica." Geo-Marine Letters **34**: 435-446.

Zajac, R. N., et al. (2020). An integrated seafloor habitat map to inform marine spatial planning and management: A case study from Long Island Sound (Northwest Atlantic). Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat 199-217.

Zubcoff, J. (2012). "ANOSIM. Analysis of similarities." Estadística Aplicada.

ANEXO I

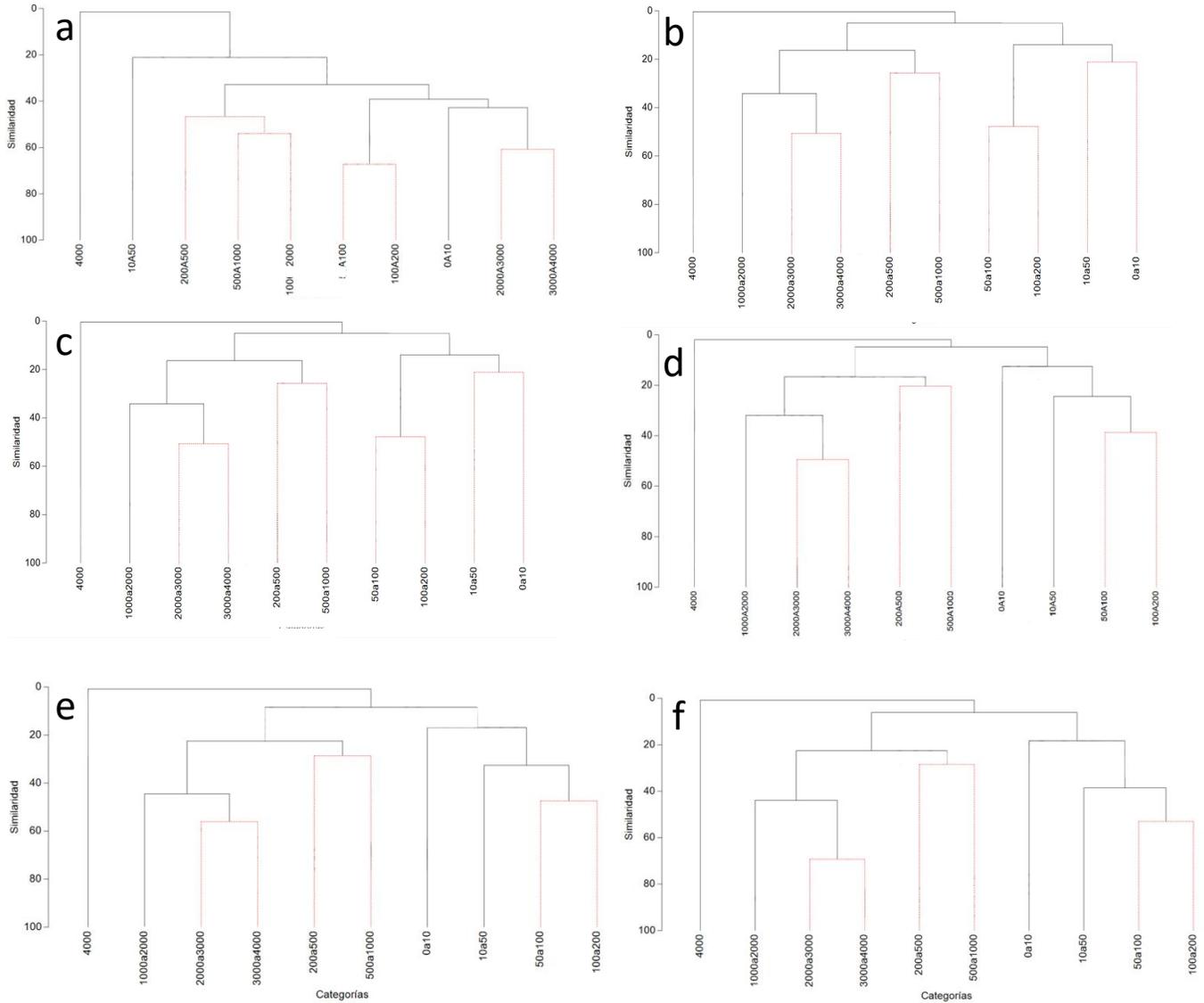


Figura 43. Análisis de agrupamiento realizados utilizando el software PRIMER v7, para redefinir categorías batimétricas a partir de un consenso en resultado. Se realizaron 6 análisis univariados con los siguientes enfoques, a) Datos crudos, nivel de especie, b) Presencia /ausencia a nivel especie, c) Datos crudos, nivel de género, d) Presencia /ausencia a nivel de género, e) Datos crudos, nivel de especie, sin especies raras (únicamente especies con más de un registro), f) Presencia/ausencia sin especies raras.

ANEXO II

Tabla 7. Especies indicadores de EMV presentes en la RB5, y los hábitats asociados, según criterio para las EMV.

EMV indicador	EMV Hábitat tipos	FILO	CLASE	FAMILIA	ESPECIE
Corales copa	Jardín de Corales	Cnidaria	Scleractinias	Flabellidae	<i>Flabellum curvatum</i>
					<i>Flabellum apertum</i>
Corales duros	Arrecife de coral de agua fría	Cnidaria	Scleractinia	Caryophylliidae	<i>Desmophyllum pertusum</i>
Gorgonias	Jardín de Corales	Cnidaria	Alcyonacea	Alcyoniidae	<i>Alcyonium haddoni</i>
				Primnoidae	<i>Convexella magelhaenica</i>
					<i>Primnoella distans</i>
					<i>Primnoella australasiae</i>
					<i>Primnoella chilensis</i>
					<i>Primnoella scotiae</i>
Esponjas	Conglomerado de esponjas de profundidad	Porifera	Haplosclerida	Niphatidae	<i>Dasychalina validissima</i>
				Callyspongiidae	<i>Siphonochalina fortis</i>
				Chalinidae	<i>Haliclona bilamellata</i>
			Clionaida	Clionidae	<i>Cliona chilensis</i>
			Poecilosclerida	Tedaniidae	<i>Trachytedania spinata</i>
				Latrunculiidae	<i>Latrunculia basalis</i>
				Microcionidae	<i>Clathria discreta</i>
					<i>Clathria papillosa</i>
			Mycalidae	<i>Mycale</i>	

					<i>doellojuradoi</i>
			Biemnida	Rhabderemiidae	<i>Rhabderemia uruguayensis</i>
Echinodermata	Arrecife de coral	Echinodermata	Euryalida	Gorgonocephalidae	<i>Gorgonocephalus chilensis</i>
Gorgonocephalidae	de agua fría				
Especies	ambientes	Mollusca	Lucinida	Thyasiridae	<i>Leptaxinus minutus</i>
quimiosintéticas	hidrotermales				<i>Thyasira sp.</i>

Tabla 8. Representación porcentual de los pyhlum registrados en las RB1, RB2, RB3, RB4, RB5, RB8 y RB9.

Phylum	% Registros	RB
Mollusca	88,5	RB1
Arthropoda	0,8	
Annelida	3,0	
RB2		
Mollusca	76,2	RB2
Annelida	17,2	
Arthropoda	4,1	
Porifera	1,6	
Cnidaria	0,8	
RB3		
Mollusca	67,8	RB3
Annelida	16,7	
Arthropoda	10,17	
Echinodermata	3,5	
Cnidaria	1,5	
Hemichordata, Brachiopoda, Chordata, Porifera	0,33	
RB4		
Mollusca	67,5	RB4
Annelida	15,7	
Arthropoda	10,8	
Echinodermata	3,6	
Cnidaria	1,6	

Brachiopoda, Chordata, Hemichordata, Porifera	0,3	
RB5		
Mollusca	57,2	RB5
Annelida	13,9	
Echinodermata	10,8	
Porifera	10,8	
Arthropoda	6,4	
Cnidaria	4,3	
Bryozoa; Brachiopoda y Hemichordata	0,8	
RB8		
Mollusca	45,8	RB8
Annelida	5,2	
Chordata	5,2	
Arthropoda	3,7	
Cnidaria	3,7	
Echinodermata	1,5	
Nematoda	0,8	
RB9		
Mollusca	57,3	RB9
Arthropoda	31,4	
Cnidaria	4,5	
Chordata	4,2	
Annelida	3,0	
Bryozoa	1,1	
Nematoda	0,9	
Porifera	0,4	