

**INFORME FINAL**

Estudio levantamiento y diagnóstico bentónico en el  
Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos  
*Lafken Mapu Lahual*, Región de Los Lagos



**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**

**PUERTO MONTT**

**AGOSTO 2009**

## **EQUIPO DE TRABAJO**

---

<b>Nombre</b>	<b>Función</b>
Dr. Carlos Molinet Flores	Jefe de Proyecto, coordinador actividades de campo, análisis de datos.
Biol. Mar. Patricio Díaz	Evaluación directa, análisis de datos, muestreos estacionales.
Ing. Manuel Díaz	Apoyo cartográfico, muestreos estacionales y evaluación directa.
Biol. Mar. José Codjambassis	Evaluación directa, análisis de imágenes, muestreos estacionales.
Biol. Mar. Alejandra Arévalo	Coordinadora del proyecto y actividades de campo, levantamiento de información.
Ing. Acui. Mariela Guzmán	Revisión bibliográfica y apoyo de coordinación
Biol. Mar. (c) Grace Audicio	Análisis de imágenes.
Ricardo Rivas	Tesista

---

## RESUMEN EJECUTIVO

Las Áreas Marinas y Costeras Protegidas son definidas como áreas geográficas específicas, las cuales han sido designadas para mejorar la conservación de recursos naturales marino - costeros.

Las Áreas Marinas y Costeras Protegidas de Múltiples Usos (AMCP -MU) fueron creadas para resguardar y preservar la biodiversidad de los recursos naturales reduciendo la sobreexplotación y extinción de las especies, además de generar oportunidades de desarrollo local y regional asociado a los sitios con medidas de protección, apoyando igualmente las actividades de conservación, investigación y educación de la zona protegida.

El AMCP- MU *Lafken Mapu Lahual*, se localiza en el borde costero de la Comuna de Río Negro, Provincia de Osorno (40°40'S), con una extensión aproximada de 32 Km. de costa, entre Punta Tiburón y Punta Lobería. La recopilación de información disponible sobre el AMCP MU *Lafken Mapu Lahual*, mostró que se trata de una zona escasamente estudiada. Exceptuando el estudio de Jara et al (2002) no existe para el área ningún estudio que halla determinado poblaciones o comunidades de organismos bentónicos.

La geomorfología del área destaca por ser de costa abrupta, casi vertical con una zona intermareal estrecha que alcanza los 15 a 20 m de profundidad en una distancia de 20 o 30 m desde la línea del intermareal. Esta configuración de la costa se ve alterada solo por la presencia de los 2 importantes ríos presentes en el área , el Huelleshue y el Cholguaco. Estos ríos generan zonas de sedimentación que alteran la composición predominante del sustrato litoral, generando zonas de playas arenosas. En estas zonas se detectaron los valores más bajos de riqueza y de diversidad de organismos macroscópicos y epibentónicos de todo el AMCP MU.

El levantamiento batimétrico y la caracterización del tipo de sustrato presente al interior del AMCP-MU mostró la existencia de algunos patrones latitudinales y verticales, con un gradiente batimétrico similar a lo largo de toda el área, caracterizado por un rápido aumento de la profundidad en sentido Este -Oeste el cual se observó más acentuado en la zona sur del área. Por su parte, la caracterización de sustrato realizada a través de las metodologías de análisis de filmaciones y señales acústicas mostró diferencias en la composición del tipo de sustrato existente en el área. El análisis de filmaciones mostró que el tipo de sustrato predominante corresponde a sustrato "Duro" (85%) compuesto por rocas, mientras el

análisis realizado mediante señales acústicas mostró que el tipo de sustrato predominante corresponde a sustrato “Blando” (63%) compuesto por arena gruesa. Estas diferencias están dadas principalmente por las metodologías empleadas. Sin embargo, ambas son complementarias muestran la existencia de 6 clases de sustrato.

Esta clasificación es coincidente con las 6 unidades biológicas identificadas a través de la clasificación realizada por análisis de cluster jerarquizado. La cobertura en las unidades biológicas estuvo dominada por algas, con excepción del cluster 6 y el cluster 4. Este último estuvo principalmente asociado a las estaciones en las que no se observó organismos y cuyo sustrato fue arenoso.

En términos generales, los resultados muestran que el área presenta una baja diversidad de especies de macroinvertebrados. Se observó, una clara dominancia de distintas especies algales del tipo algas rojas y pardas. En este sentido, destaca la presencia de *Lessonia trabeculata* a lo largo de todo el gradiente latitudinal, sobre los 10 m de profundidad. Sin embargo, a pesar de la existencia de grandes bosques de *Lessonia* a lo largo de toda el área, no se observó la presencia de forma abundante de consumidores herbívoros, como es el caso del erizo comercial *L. albus*. Estos resultados son coincidentes con la baja diversidad de peces observados en el área, con tan solo 5 especies.

La identificación y caracterización de las amenazas actuales y futuras que afecten a especies emblemáticas contenidas en el estudio, serán evaluadas a través de un taller de trabajo, que se llevara a cabo durante el mes de septiembre de 2009.

## INDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
2.1. Objetivo general .....	10
2.2. Objetivos específicos .....	10
<b>3. DESARROLLO .....</b>	<b>11</b>
3.1. Objetivo específico n° 1 .....	11
Introducción .....	11
Metodología .....	12
Resultados .....	15
Discusión .....	16
Tablas y Figuras .....	17
3.2. Objetivo específico n° 2 .....	26
Introducción .....	26
Metodología .....	28
Resultados .....	30
Tablas y Figuras .....	32
3.3. Objetivos específicos n° 3 .....	37
Introducción .....	37
Metodología .....	38
Resultados .....	40
Discusión .....	41
Tablas y Figuras .....	42
3.4. Objetivos específicos n° 4 .....	50
Introducción .....	52
Metodología .....	52
Resultados .....	52
Discusión .....	53
Tablas y Figuras .....	54
3.5. Objetivo específico n° 5 .....	56
Antecedentes .....	56
<b>4. REFERENCIAS .....</b>	<b>57</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio que muestra la ubicación del Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU) <i>Lafquen Mapu Lahual</i> en la comuna de Río Negro, Región de Los Lagos. ....	18
Figura 2. Información proveniente de las estaciones CENDHOC (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile) de temperatura, salinidad y oxígeno. ....	19
Figura 3. Equipo caracterizador de fondo marino QTC VIEW Serie 5.5. ....	19
Figura 4. Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs) ubicadas aledañas al AMCP-MU <i>Lafken Mapu Lahual</i> .....	20
Figura 5. Estaciones de muestreo de los dos primeros cruceros realizados al AMCP -MU y transectos de navegación realizado para la adquisición de datos batimétricos y de tipo de sustrato a través del QTC View 5.5 durante el tercer crucero. ....	21
Figura 6. Batimetría del sector AMCP-MU. ....	22
Figura 7. Numero óptimo de clases (superior) y coordenadas de los tres primeros ejes del PCA (inferior) mostrando las 6 clases determinadas a través del análisis de AutoCluster.....	23
Figura 8. Distribución de los tipos de sustratos existentes al interior del AMCP-MU <i>Lafquen Mapu Lahual</i> identificadas a través de señales acústicas con el QTC VIEW 5.5.....	24
Figura 9. Distribución de los tipos de sustratos clasificados al interior del AMCP -MU con QTC VIEW 5.5 y su relación con la imagen del tipo de fondo determinado mediante filmaciones. ....	25
Figura 10. Clasificación general de estaciones en función de la cobertura de especies encontrada en cada una. ....	33
Figura 11. A) Resultado de la clasificación de 6 conglomerados de estaciones de muestreo en función de las especies encontradas. B) Resultado de la validación de los 6 cluster a través del ancho de Silhouette el número de la clasificación (j), el número de estaciones clasificadas ( $n_j$ ) y ancho promedio de silhouette ( $ave_{c_j si}$ ).....	34
Figura 12. Correlación de las variables utilizadas para los tres primeros ejes canónicos para la clasificación de unidades biológicas: A) 1ª raíz , B) 2ª raíz, C) 3ª raíz. El	

número en cada cuadro indica la varianza acumulada explicada al agregar cada eje. Todos ellos fueron significativos. ....	35
Figura 13. Distribución de las unidades biológicas y su relación con el tipo de sustrato clasificado. A la derecha se muestran las unidades biológicas desplazadas para una mejor visualización. ....	36
Figura 14. Distribución latitudinal de: A) Algas pardas ( <i>Phaeophyta</i> ); B) Corales (Cnidaria) y C) Estaciones de muestreo. ....	46
Figura 15. A) Distribución latitudinal de cobertura algas rojas crustosas ( <i>Mesophyllum sp.</i> y <i>Lithothamnium sp.</i> ); B) Distribución latitudinal de cobertura algas rojas y C) Ubicación de estaciones de muestreo. ....	47
Figura 16. Distribución latitudinal de invertebrados. A) Erizos ( <i>L. albus</i> , <i>T. niger</i> ); B) estrellas ( <i>S. striatus</i> , <i>M. gelatinosus</i> ) y C) crustáceos. ....	48
Figura 17. Biomasa promedio por cuadrante (gramos en 0.25 m <sup>2</sup> ) determinada para las 31 estaciones visitadas durante la segunda campaña. ....	49
Figura 18. Análisis de conglomerados de estaciones en función de la presencia y ausencia de especies (Group average, Similitud %). La separación se hizo a un nivel de 50 % de similitud obteniéndose 5 grupos aparentes. ....	50
Figura 19. Escalamiento Multidimensional no Métrico (nMDS) para la cobertura promedio de especies por estación. Las estaciones se presentan en función del factor estrato de profundidad. ....	50
Figura 20. Diversidad observada al interior del AMCP-MU <i>Lafquen Mapu Lahual</i> . ....	51
Figura 21. Distribución latitudinal de la fauna íctica al interior del AMCP -MU. ....	55

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de sustrato predominante por estrato de profundidad determinados a través del análisis de filmaciones. Valores se entregan en número de cuadros analizados. .....	17
Tabla 2. Tipo de sustrato predominante determinados a través de señales acústicas con QTC VIEW 5.5. Valores se entregan en número de registros finales de clasificación. .	17
Tabla 3. Porcentaje de estaciones concordantes en los diferentes cluster obtenidos por clasificación de cluster jerarquizado. ....	32
Tabla 4. Lista de especies encontradas por grupo, frecuencia de aparición y cobertura promedio para algas. * En identificación. ....	42
Tabla 5. Profundidad promedio, sustrato predominante, riqueza y índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson para cada estación. ....	43
Tabla 6. Resumen del análisis de similitud (ANOSIM). ....	44
Tabla 7. Valores promedio de avistamiento de peces en 10 0 m lineales de transecto. ....	54

## 1. INTRODUCCION

El marco histórico de las áreas marinas protegidas en Chile se origina a partir del Convenio Sobre la Biodiversidad de las Naciones Unidas, CBS (Nairobi 1992) que fue ratificado por Chile en 1994. La línea estratégica de este Convenio es asegurar la conservación y restauración de los ecosistemas de manera de reducir de forma importante el ritmo actual de pérdida de la biodiversidad. A partir de esta ratificación nace en el año 2003 la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENdB). Esta estrategia contiene un Plan de Acciones, dentro de las cuales se contempla la Política Nacional de Áreas Protegidas, la que busca integrar y articular las políticas sectoriales en los ámbitos privados y públicos de los componentes terrestres y acuáticos.

Actualmente en Chile existen áreas marinas y costeras protegidas que están bajo el cuerpo legal de la Ley General de Pesca y Acuicultura como: las áreas de manejo de recurso bentónicos (AMERB), los Parques Marinos y las Reservas Marinas. Las Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos (AMCP – MU) son enunciadas en el Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste (1989) de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) de la cual Chile es parte.

El enfoque de las AMCP-MU es ecosistémico y tendiente al desarrollo local y enmarcado en una administración público-privada. En Chile existen tres áreas declaradas (1) Punta Morro- Río Copiapó en la Región de Atacama, (2) Francisco Coloane - Isla Carlos III en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena y (3) Lafken Mapu Lahual en la Región de Los Lagos.

El proceso de conformación inicial del AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual* requiere un estudio diagnóstico bentónico para sustentar futuros planes de manejo y administración . Existe ya una primera etapa realizada por Jara (2002) y actualmente se ejecuta la segunda etapa que tiene como objetivo servir de complemento y actualización del estudio preliminar.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Conocer la condición actual de los sistemas marino y estuarino del AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual* y zonas adyacentes, como contribución al desarrollo de un plan de manejo para dicha área.

### **2.2. Objetivos específicos**

1. Realizar levantamiento batimétrico entre la línea intermareal inferior y la isóbata de los 60 metros de profundidad en el AMCP LML.
2. Identificar y caracterizar tipos de hábitat presentes en el AMCP -MU, determinando su distribución espacial horizontal y vertical.
3. Determinar riqueza, abundancia relativa y distribución de las especies bentónicas en términos de densidad, cobertura o biomasa, dependiendo del tipo de organismos a ser cuantificado, por tipo de hábitat en el AMCP LML.
4. Determinar riqueza y abundancia relativa de la ictiofauna del intermareal y submareal en el AMCP LM.
5. Identificar y caracterizar las amenazas actuales y futuras que afecten a especies emblemáticas contenidas en el estudio.

### **3. DESARROLLO**

#### **3.1. Objetivo específico n° 1**

*“Realizar levantamiento batilitológico entre la línea intermareal inferior y la isóbata de los 60 metros de profundidad en el AMCP LML”.*

#### **Introducción**

El estudio de la geografía de los fondos marinos ha sido estudiado de manera intensiva de acuerdo a la variabilidad de hábitats, basándose en la extracción de testigos o el muestreo simple (Basford and Eleftheriou, 1988; Heip et al., 1992; Basford et al., 1993).

La elaboración de planes de manejo y la explotación sustentable de recursos bentónicos se llevan a cabo por medio de diversos estudios técnicos-científicos que incluyen levantamientos batilitológicos. Dichos estudios permiten caracterizar la geografía del fondo del mar a través de la identificación del tipo de sustrato, profundidad y organismos presentes. Los levantamientos batilitológicos son utilizados en áreas tan diversas como son la ingeniería costera (instalación de estructuras, construcción de muelles, dragados, etc.), estudios biológico-pesqueros y ecológicos.

Para la caracterización del fondo marino, actualmente existen una amplia variedad de tecnologías. Una de las metodologías utilizadas en el último tiempo han sido los sistemas de clasificación del fondo marino, a través de sistemas acústicos. Este tipo de sistemas ha permitido caracterizar el fondo marino con alto nivel de precisión, llegando incluso a determinar características del fondo como son tamaño y compactación del sedimento, rugosidad del fondo e identificación de organismos bentónicos presentes (Collins et al., 1996; Hamilton et al., 1999; Preston, 2001; Anderson et al., 2002; Von Szalay and McConnaughey, 2002; Freitas et al., 2003; Preston et al., 2006). Por otro lado, los sistemas de clasificación acústica han sido utilizados en estudios de diversidad y caracterización de hábitat, determinando la variabilidad existente en diferentes escalas espaciales (Rees et al., 1999; Clarke and Lidgard, 2000; Ellingsen et al., 2002; Freitas et al., 2003).

El objetivo de este capítulo es realizar un levantamiento batimétrico y una caracterización del tipo de sustrato existente al interior del AMCP-MU, a través de señales acústicas complementadas con el análisis de imágenes obtenidas de filmaciones submarinas.

## **Metodología**

### ***Área de estudio***

El Área Marina Costa Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU) *Lafken Mapu Lahual* se ubica a lo largo del borde costero de la Comuna de Río Negro, Provincia de Osorno, a 4 millas náuticas al sur de Caleta Bahía Mansa. Se extiende por 32 km de costa entre Punta Tiburón (40°37'41.31''S) y Punta Lobería (40°48'15.41''S). La porción marina del AMCP-MU se extiende una milla náutica mar adentro desde la línea de más alta marea. Al interior del AMCP-MU existen cinco Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs). Además, al interior del AMPC-MU desemboca el río Huellehue y el río Cholguaco configurando dos ambientes estuarinos dentro del área (Fig. 1). Sin embargo, las características físico-químicas de la columna de agua configuran un ambiente oceánico con salinidades generalmente superiores a 30 psu. La distribución vertical de temperatura presenta un perfil estratificado, con presencia en una termoclina en los primeros metros de profundidad. La concentración de oxígeno, presenta valores cercanos a 10 mg l<sup>-1</sup> en superficie, con una disminución gradual a mayor profundidad (Fig. 2). Finalmente, el área presenta un rango mareal que cercano a los 2 m.

### ***Recolección de datos***

Para la caracterización batimétrica y de tipo de sustrato se realizaron tres campañas de muestreo: i) recolección de imágenes, ii) recolección de imágenes con apoyo de buceo, iii) caracterización acústica de fondo marino.

### **Primera campaña**

Entre el 30 de Noviembre y 5 de Diciembre de 2008 se realizó la primera campaña de recolección de datos al AMCP-MU en 56 estaciones de muestreo separadas cada 400 m y distribuidas Sur a Norte a lo largo de toda el área. Cada estación de muestreo consistió en el registro de imágenes en 3 transectos, con una duración de 5 a 10 minutos por transecto. Los transectos fueron distanciados aproximadamente 30 m uno de otro, perpendiculares a la línea de costa. La recolección de imágenes se realizó remolcando la cámara Sea Viewer Modelo Sea Drop 950, aproximadamente a 1 m del fondo desde una embarcación a la deriva. La longitud y dirección del transecto fue afectada por viento y corrientes marinas.

El inicio y término de cada transecto, además de elementos notables del fondo marino (cambios de tipo de sustrato, avistamiento de peces, etc.) fue georeferenciando por medio de un GPS (*Global Positioning System*) utilizando el datum WGS 84. Los transectos se iniciaron lo más próximo a la costa, lo cual, fue limitado por las condiciones meteorológicas y la topografía del sector. Las filmaciones fueron almacenadas en formato mpej.

### **Segunda campaña**

Una segunda campaña de recolección de datos al interior del AMCP-MU fue realizado entre el 27 y 30 de Mayo de 2009, con el objetivo de recolectar información en 3 (Sur Caleta Cóndor, Caleta Cóndor, Punta Huellelhue) de las 5 AMERBs existentes en el área (Fig.4). Para esto se realizó un convenio con las organizaciones de pescadores artesanales que administran estas áreas (Anexo 1). Las dos organizaciones restantes no estuvieron de acuerdo en el ingreso del equipo de trabajo a sus áreas (Isla Huellelhue y Palería).

Se visitaron un total de 31 estaciones de muestreo, distribuidas entre Punta Lobería (Sur) y Punta Palería (Norte). El muestreo se realizó con 2 buzos por embarcación y con apoyo de equipo de buceo semiautonomo liviano. El primer buzo realizó una filmación con una cámara submarina Sea Viewer modelo Sea Drop 950 en tres transectas con una longitud de 50 m cada una. Las 3 transectas se ubicaron perpendiculares a la línea de costa y distanciadas aproximadamente 10 m. El transecto se inicio en el punto de fondeo de la embarcación y consistió en 3 recorridos del buzo ida y vuelta a la costa. Para calcular el área barrida se georeferenció el punto de inicio de cada transecta y se obtuvo un estimado del área recorrida por observación de las burbujas dejadas por el buzo. El segundo buzo realizó un muestreo biológico con cuadrantes, el cual será descrito en el objetivo n° 2.

### **Tercera campaña**

Finalmente, entre el 24 y 27 de Julio de 2009 se realizó un tercer crucero de recolección de datos al AMCP-MU con el objetivo realizar un levantamiento batimétrico y una caracterización de sustrato a través de señales acústicas utilizando un caracterizador de fondo marino (QTC View 5.5 Quester Tanget Corporation). Esto se realizó utilizando un ecosonda Hondex he7300 con una frecuencia de transductor de 50 kHz, el que fue montado

a un costado de la embarcación “LM Mary“. Esta señal fue adquirida por el modulo de interfase de sondeo (Sounder Interface Module (SIM)) y almacenada en un computador portátil para su posterior procesamiento (Fig. 3). Un GPS Garmin 420S fue usado para adquirir las coordenadas geográficas de los ecos. El transductor del ecosonda fue montado a un costado de la embarcación “LM Mary“.

La adquisición de datos se realizó recorriendo transectas de 800 m de largo perpendiculares a la línea de costa, las que fueron complementadas por transectas de 400 m paralelas a la línea de costa a una velocidad no superior a 5 kn (Fig. 5). Las transectas se dispusieron sobre las estaciones de muestreo realizadas en los dos primeros cru ceros, con el objetivo de comparar el resultado de la señal acústica entregada por el QTC con las imágenes del fondo marino obtenidas previamente.

### ***Procesamiento de filmaciones***

Las filmaciones fueron procesadas seleccionando 5 a 10 cuadros (campo visual de la cámara) cada 30 segundos. Para cada cuadro se registro el tipo de sustrato presente. La ubicación y profundidad de cada cuadro se estimaron a partir de las coordenadas de los puntos de inicio y termino del transecto, asumiendo una velocidad de deriva constante. Con esta información, se realizó una clasificación de sustrato en base a cuatro tipos:

- Blando: Fangoso, arenoso y conchuela.
- Mixto: Sustrato heterogéneo compuesto por sustrato blando y cualquier tipo de partícula o sustrato duro.
- Bolon: Sustrato duro fragmentado en partículas entre 5 cm y 100 cm de diámetro aproximado.
- Duro: Planchones rocosos, canchaguas y rocas de gran tamaño.

### ***Análisis de datos acústicos obtenidos con QTC VIEW Serie 5.5***

Los datos acústicos fueron sometidos a un análisis de componentes principales (PCA). Este procedimiento reduce la descripción digital del eco a tres valores (Q1, Q2, Q3), correspondientes a las coordenadas de los tres primeros ejes del PCA (Collins and McConnaughey, 1998). Posteriormente, la matriz de datos se sometió a un análisis de

AutoCluster, utilizando el software de post-procesamiento QTC IMPACT v3.40. Este procedimiento utiliza el algoritmo de conglomerados K-means, a fin de encontrar un número óptimo de clases, el cual se alcanza cuando la puntuación total (score) es mínima (QTC-IMPACT, 2004).

### ***Creación de mapas temáticos***

Toda la información recogida fue llevada a formato Shape y desplegada en ArcGis (ESRI). Posteriormente se crearon cartas temáticas que incluyen perfil batimétrico y tipo de sustrato.

## **Resultados**

### ***Batimetría***

El AMCP-MU destaca por poseer un perfil batimétrico similar a lo largo de toda su extensión latitudinal, aunque con un mayor gradiente batimétrico al sur de bahía Cóndor con profundidades superiores a 60 m. En general, el gradiente batimétrico esta caracterizado por un rápido aumento de la profundidad en sentido Este – Oeste (Fig. 6).

### ***Caracterización de sustrato a través de filmaciones***

El análisis de las filmaciones cuadro a cuadro mostró que el tipo de sustrato predominante en el área es “Duro”, compuesto mayoritariamente por planchones de roca y bolones, lo cual, es más acentuado sobre los 10 de profundidad. Sin embargo, modificaciones a este patrón general se presentan en las zonas de la Barra Huellehue, Playa Rano y Bahía Cóndor donde el tipo de sustrato es blando, no consolidado con predominio de arena. Al realizar el análisis por estrato de profundidad se observó que el en estrato 0-10 m el 96 % de las muestras presenta el tipo “Duro”. En este estrato solo se encontró sustrato “Blando” o “Mixto” en las zonas de Barra Huellehue, Playa Rano y Bahía Cóndor. En los estratos 11-20 m, 21-30 m y 41-60 m se observó predominio del sustrato “Duro”, aunque con mayor presencia de los tipos “Blando” y “Mixto”. Bajo 40 m de profundidad predomina el sustrato mixto (Tabla 1).

### ***Caracterización de sustrato a través de QTC VIEW 5.5***

La caracterización del fondo marino a través de señales acústicas, mostró la existencia de un patrón general caracterizado por un mosaico compuesto por innumerables tipos de sustratos (Fig. 7). Sin embargo, el análisis de AutoCluster a través del procesamiento de 7.000 registros determinó la existencia de 6 tipos de sustratos predominantes (Fig. 7; Tabla 1). Al cruzar esta información con las imágenes de las filmaciones se observó que el sustrato predominante a lo largo de toda el área corresponde a sustrato blando no consolidado (Clase 2), con predominio de arena gruesa representando un 63% de toda el área. Por su parte, el sustrato mixto compuesto por rocas y arena correspondió a un 18%. El sustrato “Duro” compuesto por rocas cubiertas por algas y rocas desnudas, solo correspondió en su conjunto a un 13 %. Finalmente, el análisis determinó la existencia de otros dos tipos de sustratos compuestos por arena fina que en su conjunto abarcan un 6%. Sin embargo, el análisis los diferenció por su geomorfología (fondo plano y fondo ondeado) (Tabla 2).

### **Discusión**

El levantamiento batimétrico y la caracterización del tipo de sustrato presente al interior del AMCP-MU *Lafquen Mapu Lahual* mostró la existencia de algunos patrones latitudinales y verticales, con un gradiente batimétrico similar a lo largo de toda el área, caracterizado por un rápido aumento de la profundidad en sentido Este –Oeste el cual se observó más acentuado en la zona sur del área.

La caracterización de sustrato realizada a través de las metodologías de análisis de filmaciones y señales acústicas mostró diferencias en la composición del tipo de sustrato existente en el área. El análisis de filmaciones mostró que el tipo de sustrato predominante corresponde a sustrato “Duro” (85%) compuesto por rocas, mientras el análisis realizado mediante señales acústicas mostró que el tipo de sustrato predominante corresponde a sustrato “Blando” (63%) compuesto por arena gruesa. Estas diferencias están dadas principalmente por las metodologías empleadas. En el caso de la caracterización a través de filmaciones, estas fueron realizadas mayoritariamente sobre 30 m de profundidad, puesto que además de la determinación del tipo de sustrato existente se pretendía conocer la riqueza y abundancia de organismos presentes en el área, los cuales se encuentran

principalmente en aguas más someras, por lo cual, las estaciones donde se realizaron filmaciones fueron en su mayoría sobre sustrato “Duro”. Por otro lado, la caracterización a través de señales acústicas incluyó transectos a lo largo y ancho de toda el área, por lo cual la cantidad de registros obtenidos fue superior. Sin embargo, al comparar las imágenes de las filmaciones con las distintas clases entregadas por el QTC VIEW 5.5 se observó que ambas metodologías muestran el mismo tipo de sustrato y las diferencias solo están dadas por la cantidad y ubicación de las muestras realizadas en ambas campañas (Fig. 9). En este contexto, la utilización de ambas metodologías es complementaria y permitió entregar una visión global y con mejor precisión del tipo y distribución de sustrato existente al interior del AMCP-MU.

## Tablas y Figuras

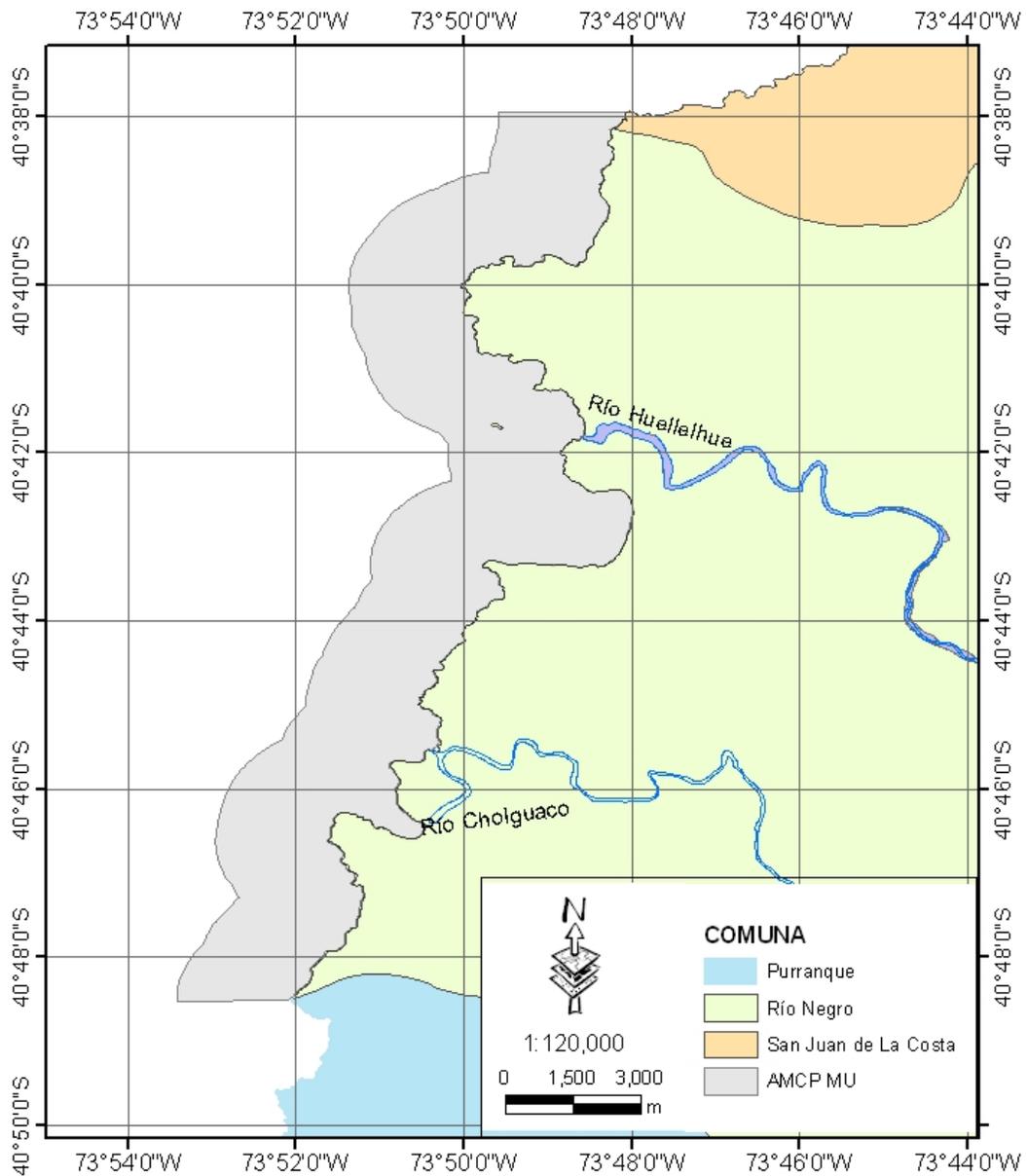
**Tabla 1.** Tipo de sustrato predominante por estrato de profundidad determinados a través del análisis de filmaciones. Valores se entregan en número de cuadros analizados.

Sustrato	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	> 40 m
Blando	22	11	10	13	6
Bolon	0	0	12	12	0
Duro	841	394	407	72	25
Mixto	12	36	68	62	48
<b>Total</b>	<b>875</b>	<b>430</b>	<b>497</b>	<b>159</b>	<b>79</b>

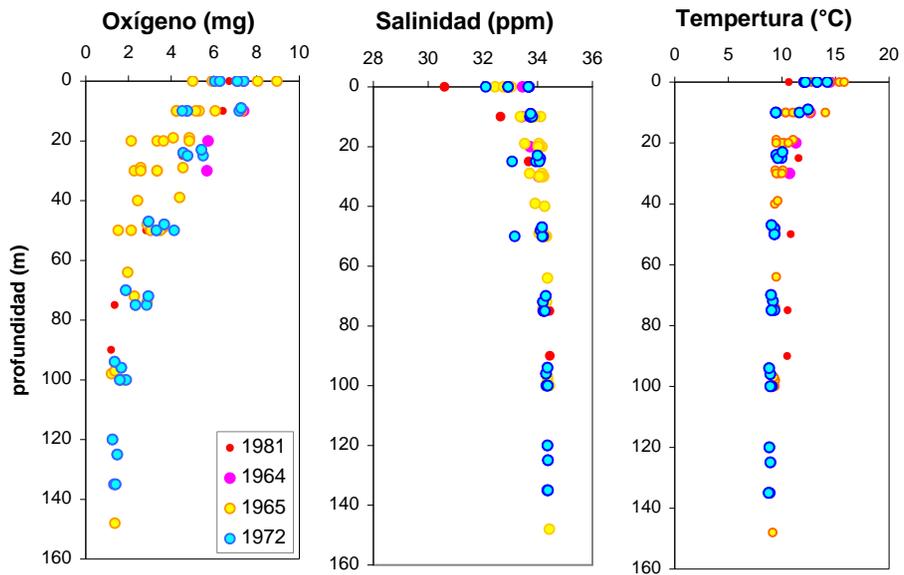
**Tabla 2.** Tipo de sustrato predominante determinados a través de señales acústicas con QTC VIEW 5.5. Valores se entregan en número de registros finales de clasificación.

Clases	Tipo fondo	Sustrato	Registros (N°)	Registros (%)
1	Arena fina	Blando	283	4
2	Arena gruesa	Blando	4.436	63
3	Roca cubierta por algas rojas	Duro	542	8
4	Roca con arena	Mixto	1.233	18
5	Rocas desnudas	Duro	332	5
6	Arena fina (fondo ondeada)	Blando	174	2
<b>Total</b>			<b>7.000</b>	<b>100</b>

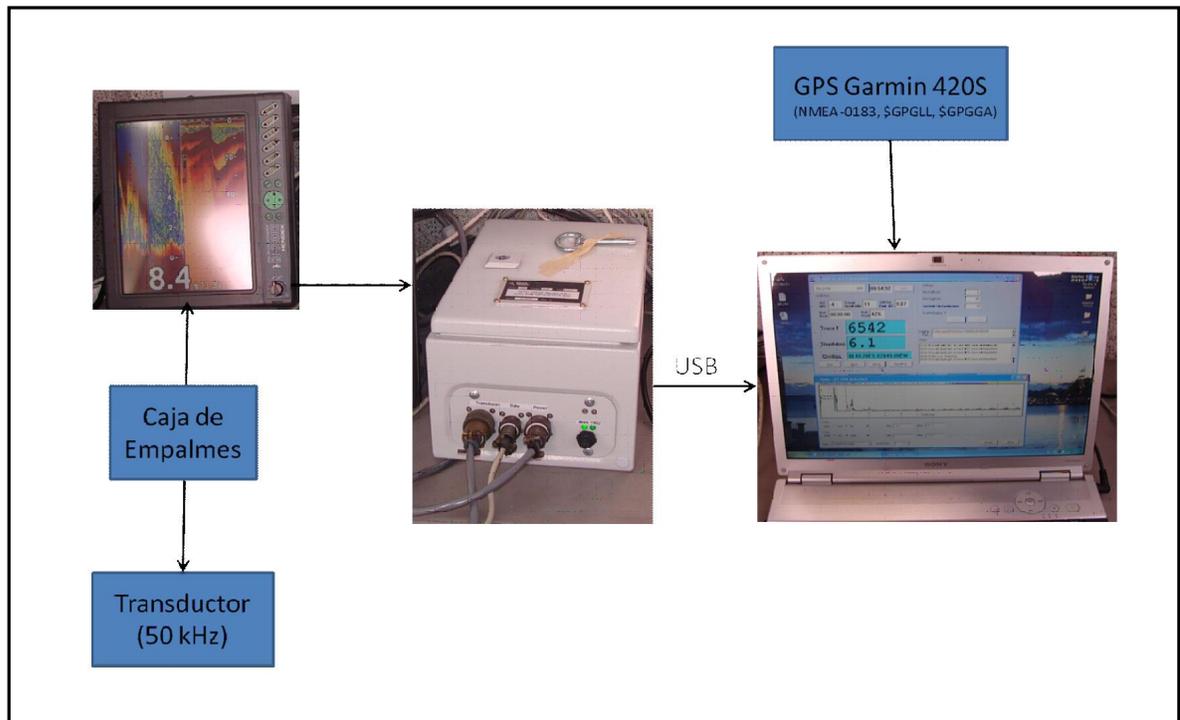
## Area de Estudio AMCP MU *Lafken Mapu Lahual*



**Figura 1.** Área de estudio que muestra la ubicación del Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU) *Lafquen Mapu Lahual* en la comuna de Río Negro, Región de Los Lagos.



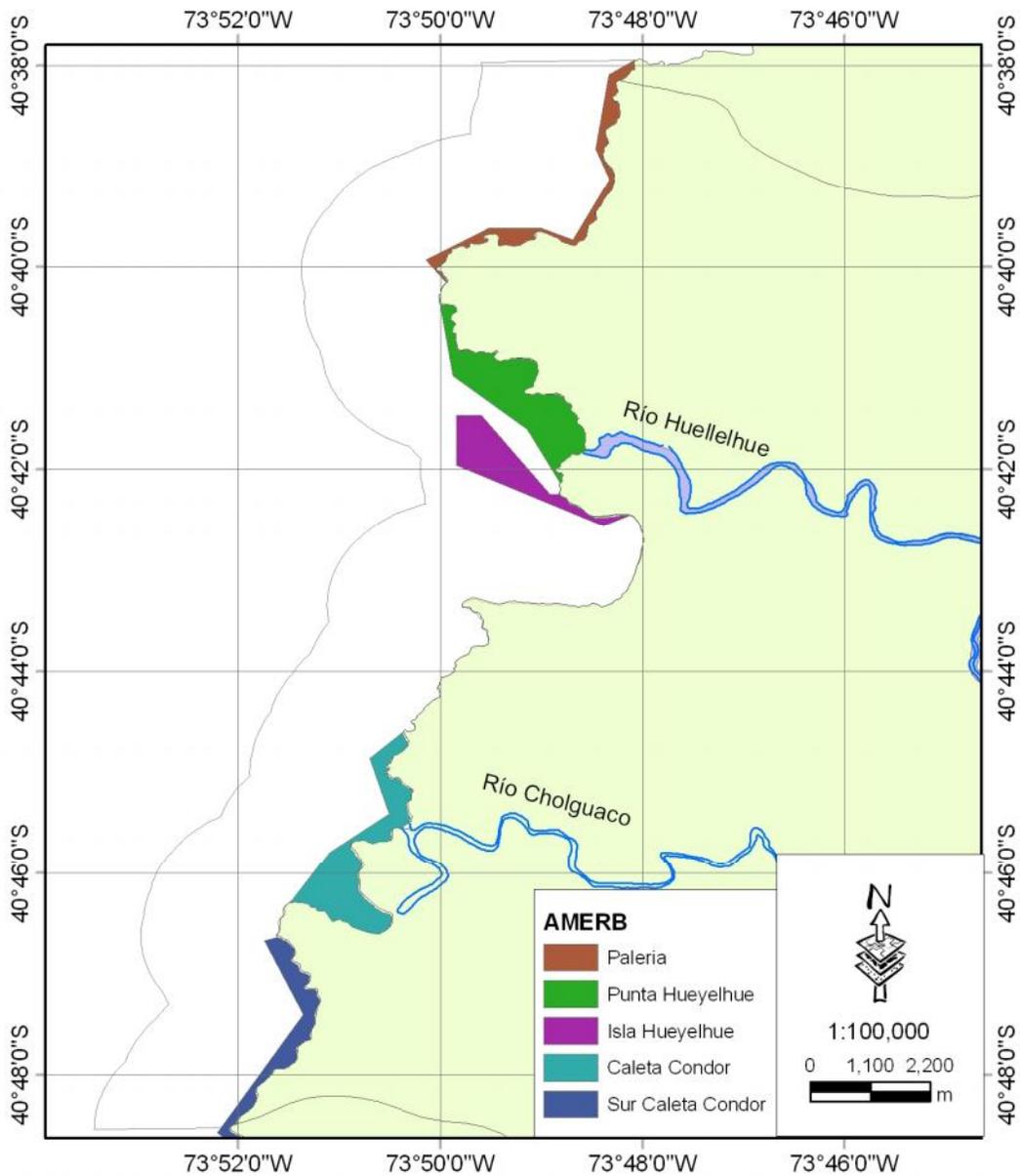
**Figura 2.** Información proveniente de las estaciones CENDHOC (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile) de temperatura, salinidad y oxígeno.



**Figura 3.** Equipo caracterizador de fondo marino QTC VIEW Serie 5.5.

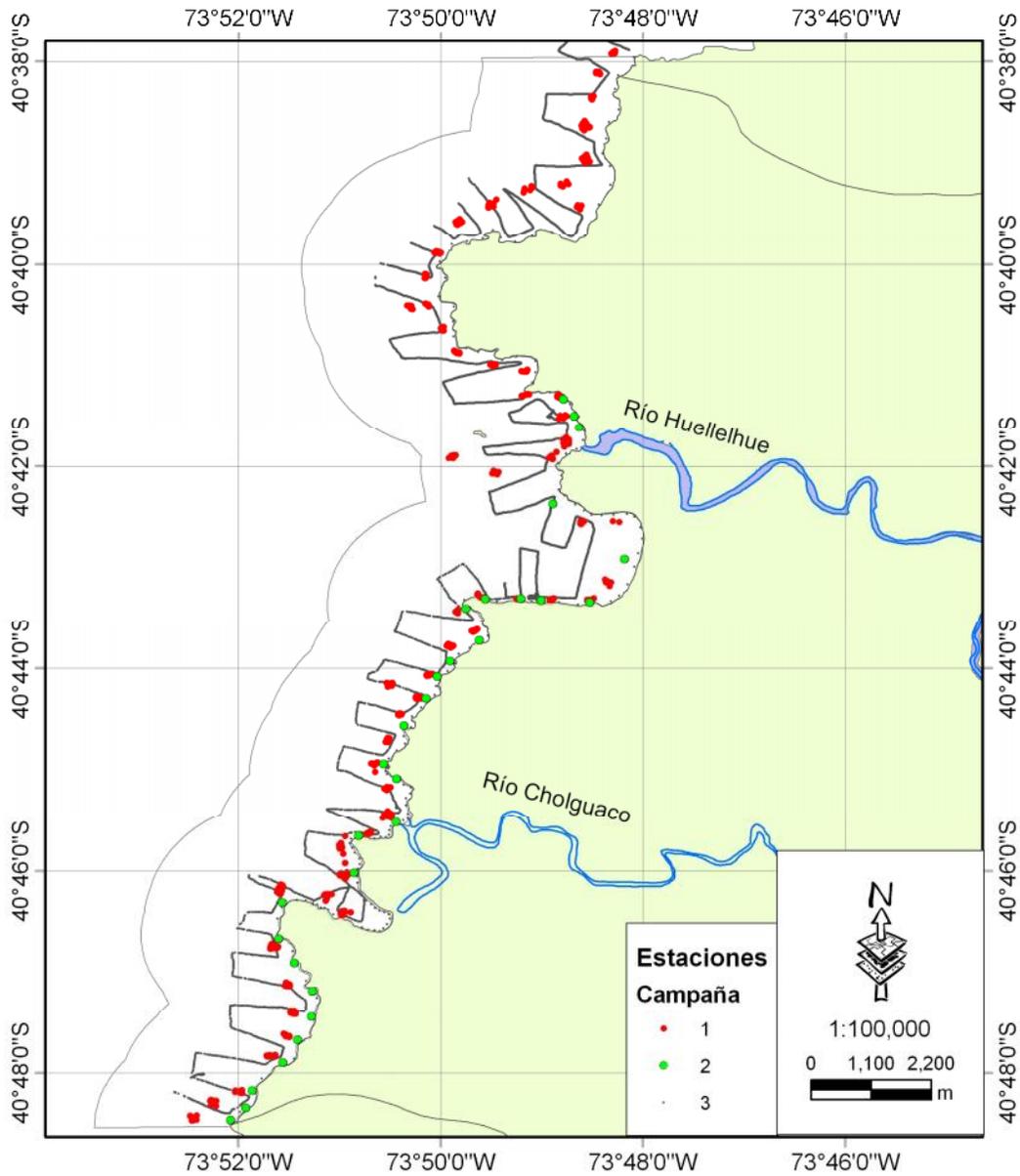
# Áreas de Manejo AMERB

## AMCP MU Lafken Mapu Lahual



**Figura 4.** Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs) ubicadas aledañas al AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual*.

## Campañas Recolección de Información AMCP MU Lafken Mapu Lahual



**Figura 5.** Estaciones de muestreo de los dos primeros cruces realizados al AMCP -MU y transectos de navegación realizado para la adquisición de datos batimétricos y de tipo de sustrato a través del QTC View 5.5 durante el tercer cruce.

# Batimetría AMCP MU

## Lafken Mapu Lahual

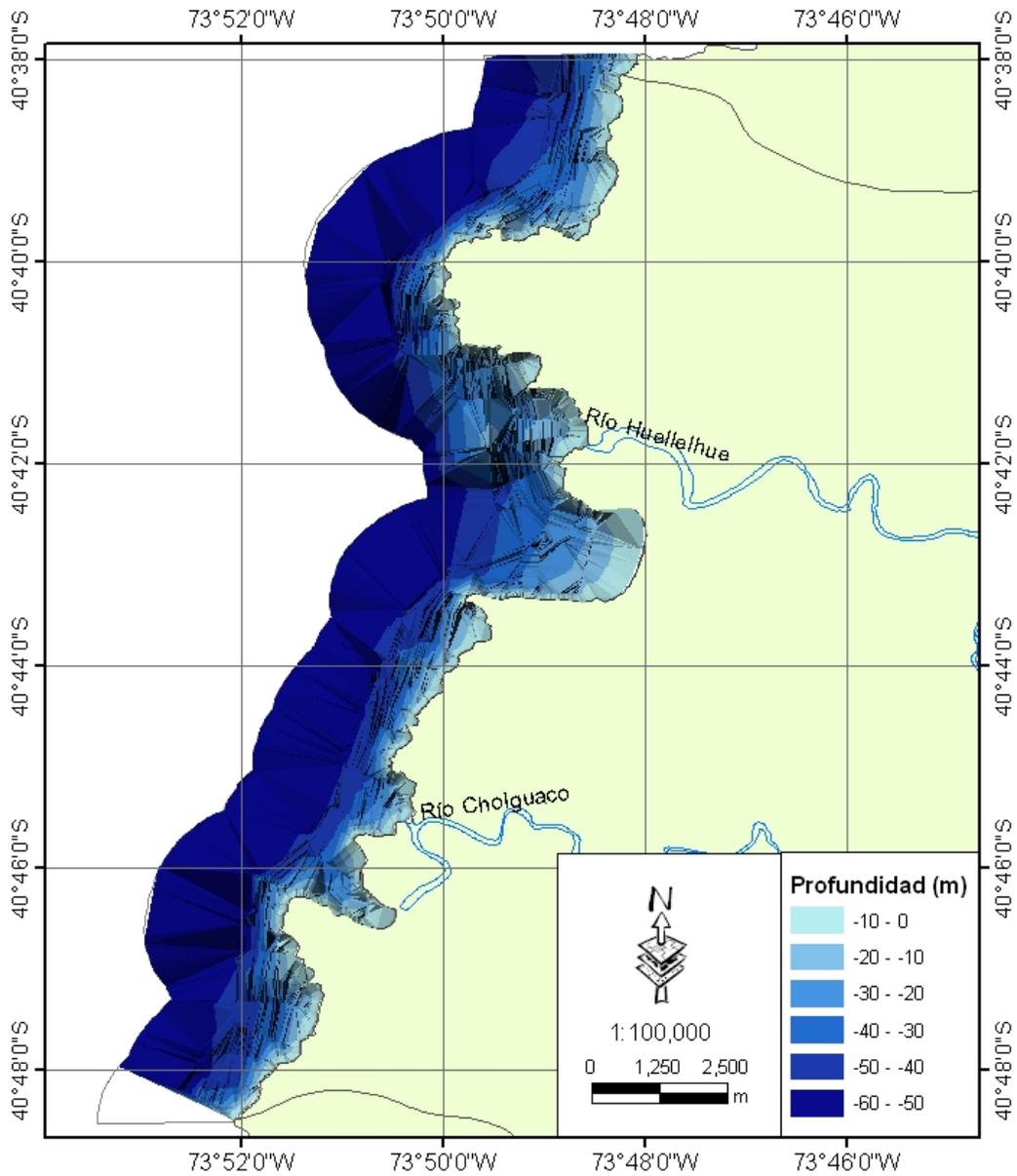
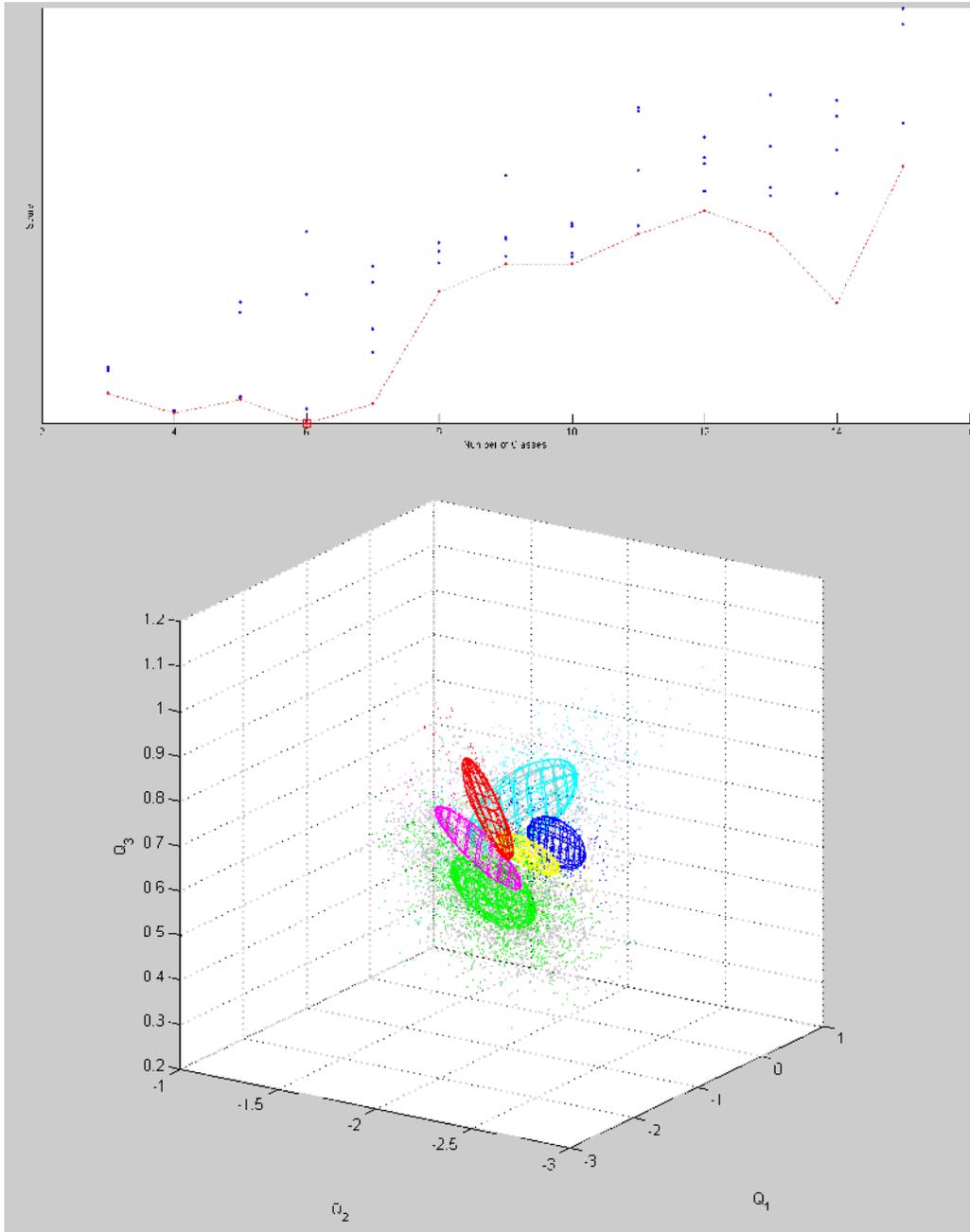
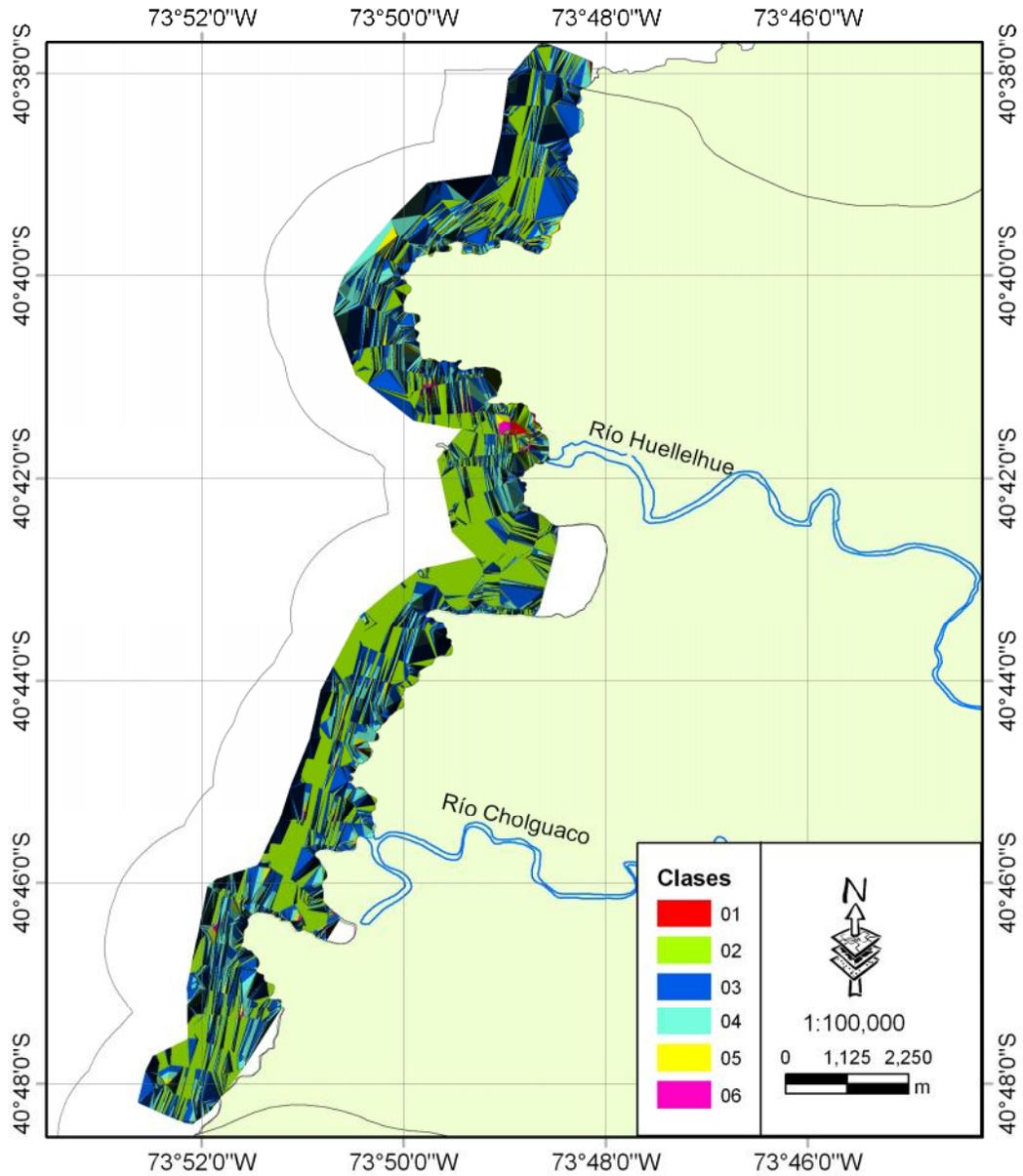


Figura 6. Batimetría del sector AMCP-MU.

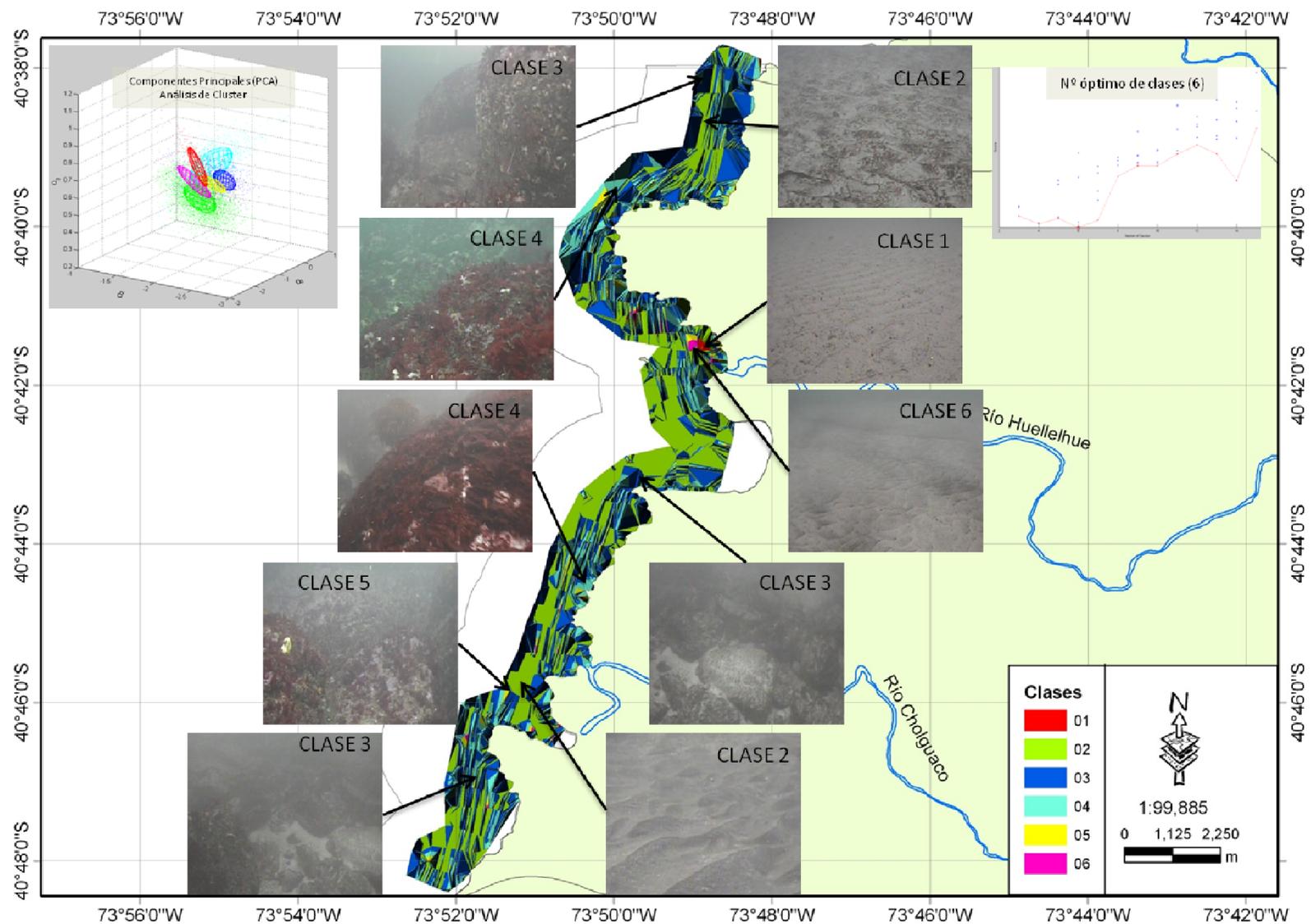


**Figura 7.** Numero óptimo de clases (superior) y coordenadas de los tres primeros ejes del PCA (inferior) mostrando las 6 clases determinadas a través del análisis de AutoCluster.

## Clasificación Acústica del Fondo Marino AMCP MU Lafken Mapu Lahual



**Figura 8.** Distribución de los tipos de sustratos existentes al interior del AMCP-MU *Lafquen Mapu Lahual* identificadas a través de señales acústicas con el QTC VIEW 5.5.



**Figura 9.** Distribución de los tipos de sustratos clasificados al interior del AMCP-MU con QTC VIEW 5.5 y su relación con la imagen del tipo de fondo determinado mediante filmaciones.

### 3.2. Objetivo específico n° 2

*“Identificar y caracterizar tipos de hábitat presentes en el AMCP -MU, determinando su distribución espacial horizontal y vertical”.*

#### **Introducción**

Se entiende por hábitat como el ambiente que ocupa un organismo o un grupo de organismos y este se describe por sus características geográficas, físicas, químicas y biológicas (Smith and Smith, 2001).

El hábitat mayor de una comunidad de organismos es el macrohábitat que puede dividirse en unidades más pequeñas, denominados microhábitats, que son una fracción del hábitat sobre la que se encuentra directamente una población de una especie determinada (Brower et al., 1990).

Los organismos ocupan hábitat o parches dispersos en una matriz de diferentes hábitats. Las densidades en estos hábitat fluctúan debido a procesos estocásticos locales o demográficos y a la dispersión entre hábitat (de Boer, 1968; Hannson, 1991; Harrison, 1991). La estructuración de los hábitats está regulada por procesos físicos, geológicos y biológicos, los que en algunos casos interactúan para dar espacio a un hábitat particular.

El tipo de sustrato, el gradiente batimétrico, pequeñas estructuras, son los principales elementos que se han utilizado para caracterizar hábitat, particularmente en ambientes costeros marinos (McQuaid, 1981; Underwood, 2004). Las costas intermareales son ambientes ideales para testear patrones generales de distribución, debido a que contienen diferentes tipos de hábitat fácilmente accesibles, los cuales están aislados en diferentes grados y son ocupados por diferentes taxa (Chapman, 2000). Estos hábitat contienen especies estrechamente relacionadas, las cuales se alimentan sobre diferentes fuentes por medio de diversas estrategias, así como también, diferentes taxa explotan la misma fuente de alimento.

Los límites ecológicos de un hábitat pueden ser estudiados desde la perspectiva de la comunidad con una metodología de determinación de bordes y fronteras propuesta por Fortín (1994). Para la aplicación de esta metodología el término ecotono es definido operacional y cuantitativamente como un conjunto de locaciones espacialmente contiguas,

creando largos y relativamente angostos límites donde la mayoría de las variables (especies y/o variables ambientales) muestran la más alta tasa de cambio.

El despliegue de hábitat en mapas en una escala relevante permite a los planificadores diseñar AMPs o sistemas de éstas que incorporen muestras de cada tipo de hábitat existente en el área candidata, típicamente a través del uso de técnicas de optimización (Stevens and Connolly, 2005).

Se han desarrollado una amplia variedad de metodologías para la determinación de hábitat. En general los estudios de hábitat conjugan el poder de los sistemas de información geográfica (SIG) con estadística multivariada para formalizar el “link” entre las especies y su hábitat (Hirzel et al., 2002). Existen métodos aplicados en diferentes ambientes, escalas y sobre diferentes especies que combinan el uso de SIG con imágenes, como por ejemplo el uso de fotografías aéreas en arrecifes de coral para la digitalización de la información y creación de mapas temáticos (Andrew and O'Neill, 2000).

La determinación de tipos de hábitat para ambientes marinos a través de herramientas acústicas se ha desarrollado para diferentes profundidades y escalas. En ambientes someros (2 a 4 m de profundidad) se ha combinado el uso de sonar con clasificación acústica mediante QTC para mapear los tipos de fondo (Locker and Wright, 2003) . En ambientes más profundos se ha clasificado el hábitat bentónico utilizando QTC de tipos de fondo (Q) y profundidad (G), para luego aplicar un análisis de postclasificación y mapeo en modelos de tres dimensiones usando interpolación (kriging). Esta metodología posibilita detectar sobreposición de diferentes tipos de clases de fondo (Q) reflejando zonas de transición (Anderson et al., 2003).

El AMCP-MU es una zona expuesta, donde el tipo de fondo dominante es rocoso, además de bolones y grava, mientras que el sustrato arenoso se restringe las zonas estuarinas de los ríos Cholhuaco y Huellehue (Jara, 2002). La diversidad de especies del área fue caracterizada de manera general por el mismo autor, encontrando “ *gran diversidad de tipos de hábitat con diferentes características biológicas y fisicoquímicas* .

El objetivo de este capítulo fue identificar y caracterizar los tipos de hábitat presentes en el AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual* desde la perspectiva de la geomorfología del fondo marino y las especies asociadas, ya que no se contó con antecedentes de flujo y características físico químicas de la columna de agua.

## **Metodología**

La caracterización de tipos de hábitat se realizó a través de: i) la clasificación de los tipos de sustrato identificados en el objetivo N° 1, lo que permitió caracterizar el ambiente físico, y ii) la identificación de grupos de especies asociadas a la clasificación de sustratos resultantes.

### ***Recolección de datos***

La recolección de datos para la caracterización de los tipos de sustrato se describe en el objetivo 1. Para la caracterización biológica de las áreas (composición de especies por área) se utilizó las filmaciones realizadas durante la primera campaña de muestreo, lo que se complementó con el muestreo biológico realizado en la segunda campaña. Esta última se realizó a través de buzos que muestrearon 31 estaciones someras en 3 de las 5 AMERBs que se encuentran al interior del AMCP-MU.

La recolección de muestras se realizó en 6 a 9 cuadrantes de  $0.25 \text{ m}^2$  por estación. La ubicación de los cuadrantes en la estación de muestreo se realizó de forma aleatoria. Todos los organismos encontrados en el cuadrante fueron retirados y almacenados en bolsas plásticas para su posterior identificación y cuantificación. Posteriormente, los invertebrados fueron pesados y medidos. Se utilizaron distintas medidas dependiendo del organismo. En crustáceos se utilizó la Longitud del cefalotórax (LC), en moluscos y estrellas de mar la Longitud total (LT) y en erizos el Diámetro de testa (DT). Por su parte, en las algas se obtuvo la biomasa total del cuadrante por especie. Cuando fue posible se obtuvo el número de frondas. Cnidarios y Poríferos fueron pesados individualmente. Todos aquellos organismos que no pudieron ser identificados en terreno fueron fijados en alcohol, o deshidratados para su identificación posterior.

### ***Procesamiento de filmaciones***

Las filmaciones fueron procesadas seleccionando 5 a 10 cuadros (campo visual de la cámara) cada 30 segundos. En cada cuadro se contó la cantidad total de organismos y se estimó la cobertura de todas las especies presentes. La ubicación y profundidad de cada cuadro se estimaron a partir de las coordenadas de los puntos de inicio y término del transecto, asumiendo una velocidad de deriva constante. La cobertura se obtuvo

superponiendo sobre cada cuadro una grilla con 50 cuadros (10 x 5) y se contabilizó el número de cuadrantes ocupados por cada especie.

### **Análisis de datos**

Para realizar una clasificación de unidades biológicas (grupos de especies) se aplicó un análisis de cluster jerárquico al set de datos original utilizando el método de Ward (Milligan, 1981; Tzanatos et al., 2006; Marchal, 2008).

Para la validación de los cluster se aplicó un procedimiento paso a paso utilizando la medida de criterio interno denominada Silhouette (Rousseeuw, 1987; González, 2005). El índice Silhouette es útil cuando se busca cluster compactos y separados. Para un cluster dado este método asigna a cada objeto del cluster una medida cuantitativa  $s(i)$ , conocida como el “ancho silhouette”. Este ancho silhouette indica la correspondencia de un objeto  $i$  en el cluster que este ha sido asignado. El índice varía entre  $-1 \leq s(i) \leq 1$ . Un valor de  $s(i)$  cercano a 1 se obtiene cuando la disimilaridad del objeto  $i$  con los demás del cluster asignado es mucho menor que la más pequeña disimilaridad entre del objeto  $i$  con los objetos del cluster vecino, y por lo tanto se puede decir que el objeto está bien clasificado. Cuando  $s(i)$  se encuentra alrededor de 0, entonces la disimilaridad del objeto ( $i$ ) en el cluster asignado y entre los objetos de clusters vecinos es aproximadamente igual y por lo tanto no es claro si el objeto  $i$  ha sido bien asignado al cluster respectivo, este es considerado un caso intermedio. Cuando  $s(i)$  es cercano a -1, entonces la disimilaridad del objeto  $i$  en el cluster asignado es mucho mayor que la disimilaridad del mismo objeto ( $i$ ) con los objetos de clusters vecinos. En este caso se puede concluir que el objeto ha sido mal asignado.

A posteriori de la definición de unidades biológicas a través del análisis de cluster, se aplicó un análisis discriminante general (Legendre and Legendre, 1998), con el fin de evaluar con qué precisión podían ser asignadas estaciones a las unidades biológicas definidas, y cual era la contribución relativa de las diferentes variables consideradas (especies, estratos), a la diferenciación de los grupos definidos. Esta evaluación se realizó considerando todas las especies y los estratos de profundidad. Los análisis se realizaron utilizando la librería Cluster de R 2.8.0 (Crawley, 2007). Finalmente las unidades biológicas clasificadas se

desplegaron, usando las estaciones de muestreo como unidad geográfica básica, en un Sistema de Información Geográfico (SIG) utilizando Arc Gis 9.3.

## Resultados

La clasificación general de unidades biológicas asociadas a las estaciones de muestreo resultó en al menos 12 conglomerados (Fig. 10). De esta clasificación se obtuvo que, utilizando las especies muestreadas por cada estación (las estaciones fueron clasificadas por rango de profundidad) la clasificación en 6 cluster fue la que entregó un ancho de Silhouette mayor (0.24), por lo que se seleccionó esta clasificación (Fig. 11A). Esta clasificación agrupó 42 estaciones en la primera categoría, 25 estaciones en la segunda, 11 estaciones en la tercera, 25 en la cuarta, 23 en la quinta y sólo 6 en la sexta (Fig. 11B). Esta última categoría mostró el valor más bajo de ancho de silhouette (0.08), por lo que su categorización debería ser revisada.

El análisis discriminante realizado a posteriori, mostró un 91.7% de las estaciones bien clasificadas en base a las distintas especies. La mayor concordancia se observó en el cluster 3 y 6 (100%), aunque como ya se mencionó el cluster 6 tuvo un ancho de silhouette que no permite validar este cluster (Tabla 3).

Estos valores responden al número de estaciones existentes al interior de cada cluster, donde el cluster 1 es el que aporta con el mayor peso en el análisis (42 estaciones) (Fig. 11B). En contraste el cluster sólo asignó 6 estaciones.

La mayor contribución a la clasificación de las estaciones correspondió a las especies de esponjas y de algas (Esponja 1, en clasificación), que mostró una correlación negativa explicando 93% de la variabilidad en la primera raíz canónica (Fig. 12A). El contraste se mostró con el alga *Rhodimenia sp.*, con la que mostró una correlación negativa. La segunda fuente de variación (2 %) está positivamente correlacionada con *Rhodimenia* y *Gorgonaceos* y negativamente correlacionada con *Messophylum*, *Lessonia trabeculata* y *Gigartina scotsbergii* (Fig. 12B). Finalmente, la tercera fuente de variación (2%), discriminó las estaciones con presencia de *G. scotsbergii* que se correlacionó negativamente con *L. trabeculata* (Fig. 12C).

La clasificación de las estaciones se desplegó en Arc Gis 9.3 (Fig. 13). En esta figura se puede observar la distribución de los cluster. El cluster 1 caracterizó estaciones con abundante *Rhodomenia* y *Callophyllis* que ocuparon en promedio el 31% de la cobertura de estas estaciones, en profundidades de 10 a 20 m. El cluster 2 fue caracterizado por varias algas, entre las que destacó *L. trabeculata* que ocupó el 45% de la cobertura en estas estaciones. El cluster 3 fue dominado *Rodhymenia*, *Callophyllis* y *Mesophyllum* (56%, 26% y 10% respectivamente), además de la estrella de mar *Stichaster striatus*. El cluster 4 presentó baja cobertura (promedio =0.2), con valores máximos de 1.7 %, por lo que este sería un hábitat más bien vacío (sin asociaciones biológicas de macroinvertebrados epibentónicos).

El cluster 5 caracterizó a grupos de esponjas y otros invertebrados que estuvieron asociados a grupos de algas anteriormente mencionados. En este cluster se observó la mayor riqueza de especies (31). Aquí dominaron las algas *Mesophyllum*, *L. trabeculata*, *G. scotsbergii* (47, 36 y 10% respectivamente). Finalmente, el cluster 6 fue dominado por estaciones someras (0 a 10 m), con promedio de cobertura de algas inferior al 30%.

## **Discusión**

Los resultados obtenidos muestrearon la existencia de 6 clasificaciones de tipo de fondo de acuerdo a los datos obtenidos por señal acústica y su posterior procesamiento. Esto fue coincidente con las 6 unidades biológicas identificadas a través de la clasificación realizada por análisis de cluster jerarquizado.

La cobertura en las unidades biológicas estuvo dominada por algas, con excepción del cluster 6 y el cluster 4. Este último estuvo principalmente asociado a las estaciones en las que no se observó organismos y cuyo sustrato fue arenoso.

Aunque el cluster 6 mostró un débil ancho de silhouette para su validación, esto se puede explicar debido a que en éste se agruparon estaciones más someras que presentaron un mayor número de especies de invertebrados pero en bajos números.

Los resultados de este estudio muestran que en la zona de estudio se pueden identificar claramente 6 tipos de sustratos que están asociados a 5 unidades biológicas claramente definidas y una sexta unidad que se debe clarificar. Las macroalgas *Lessonia trabeculata*,

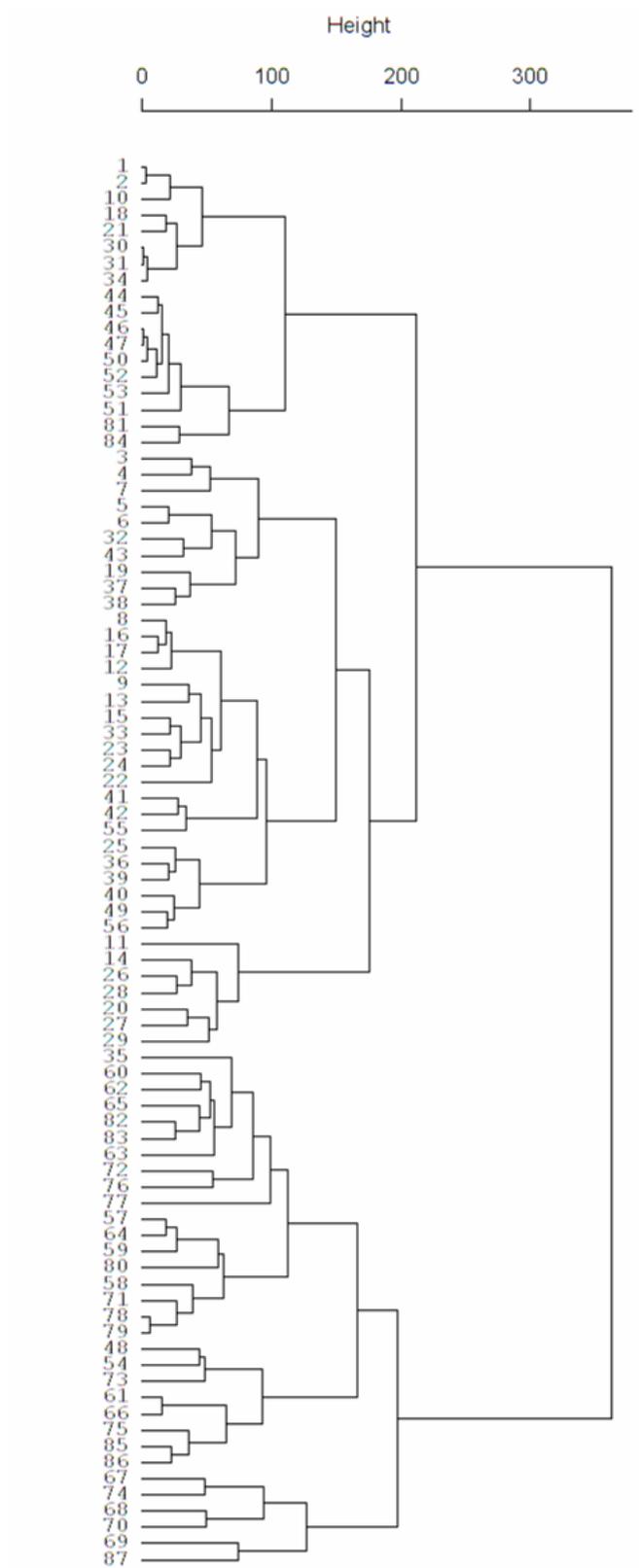
*Rhodimena sp*, *Callophyllis sp* y *Messophylum sp* mostraron las mayores coberturas por cluster (30 a 56%) dando cuenta de al menos 4 de las clasificaciones, lo que implicaría que estas especies podrían ser especies claves en este contexto. Por otro lado, los invertebrados de interés comercial fueron escasos (*Concholepas concholepas*, *Fisurella sp*, *Loxechinus albus*, *Argubuccinum sp*, etc.), lo que podría estar relacionado con un alto grado de perturbación de estas comunidades, ya que existirían buenas condiciones para la presencia de herbívoros al menos (Moreno, 2001).

Por otro lado, durante este estudio no fue posible obtener muestras de la zona de rompiente, que de acuerdo a los pescadores son las áreas desde donde se extraen los recursos que se encuentran en régimen de AMERB tales como el loco (*C. concholepas*).

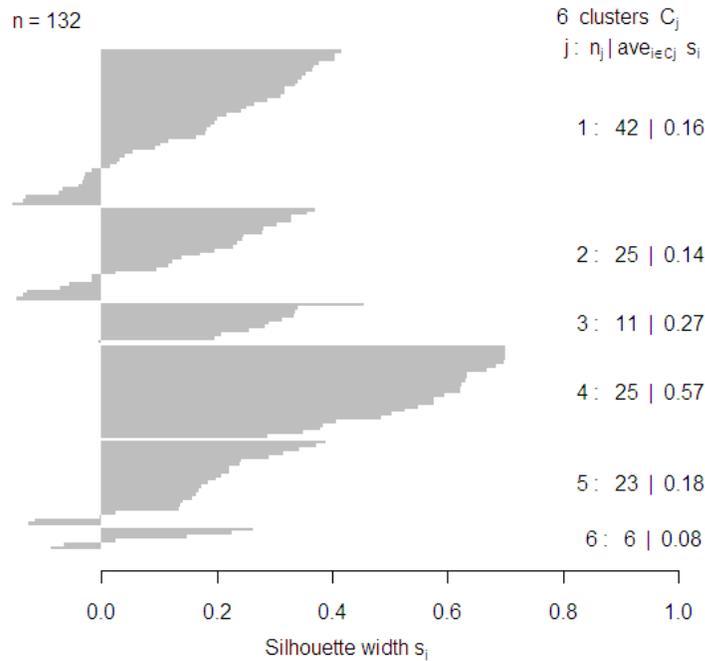
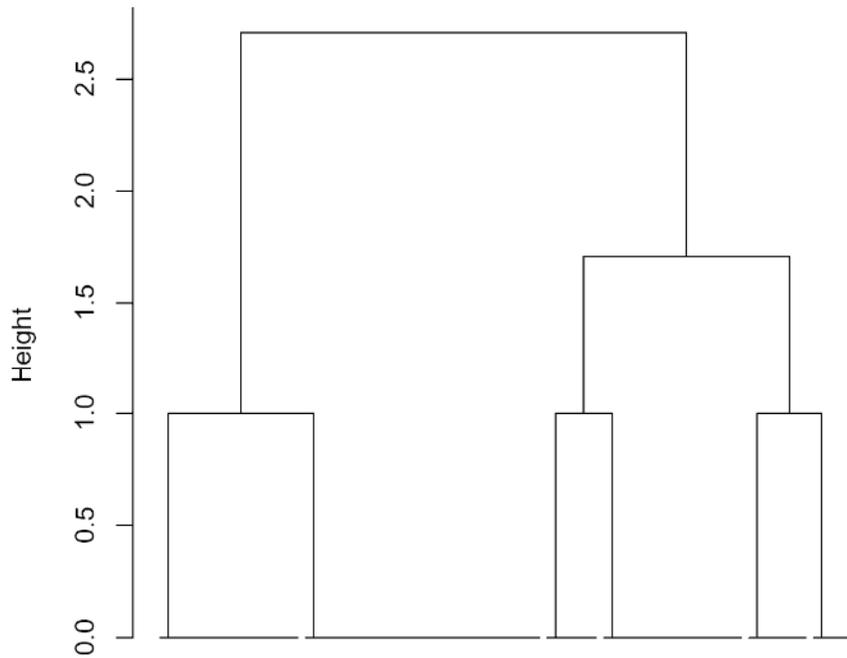
## Tablas y Figuras

**Tabla 3.** Porcentaje de estaciones concordantes en los diferentes cluster obtenidos por clasificación de cluster jerarquizado.

Cluster	Porcentaje
1	83.3
2	96
3	100
4	92
5	95.7
6	100
<b>Total</b>	<b>91.7</b>

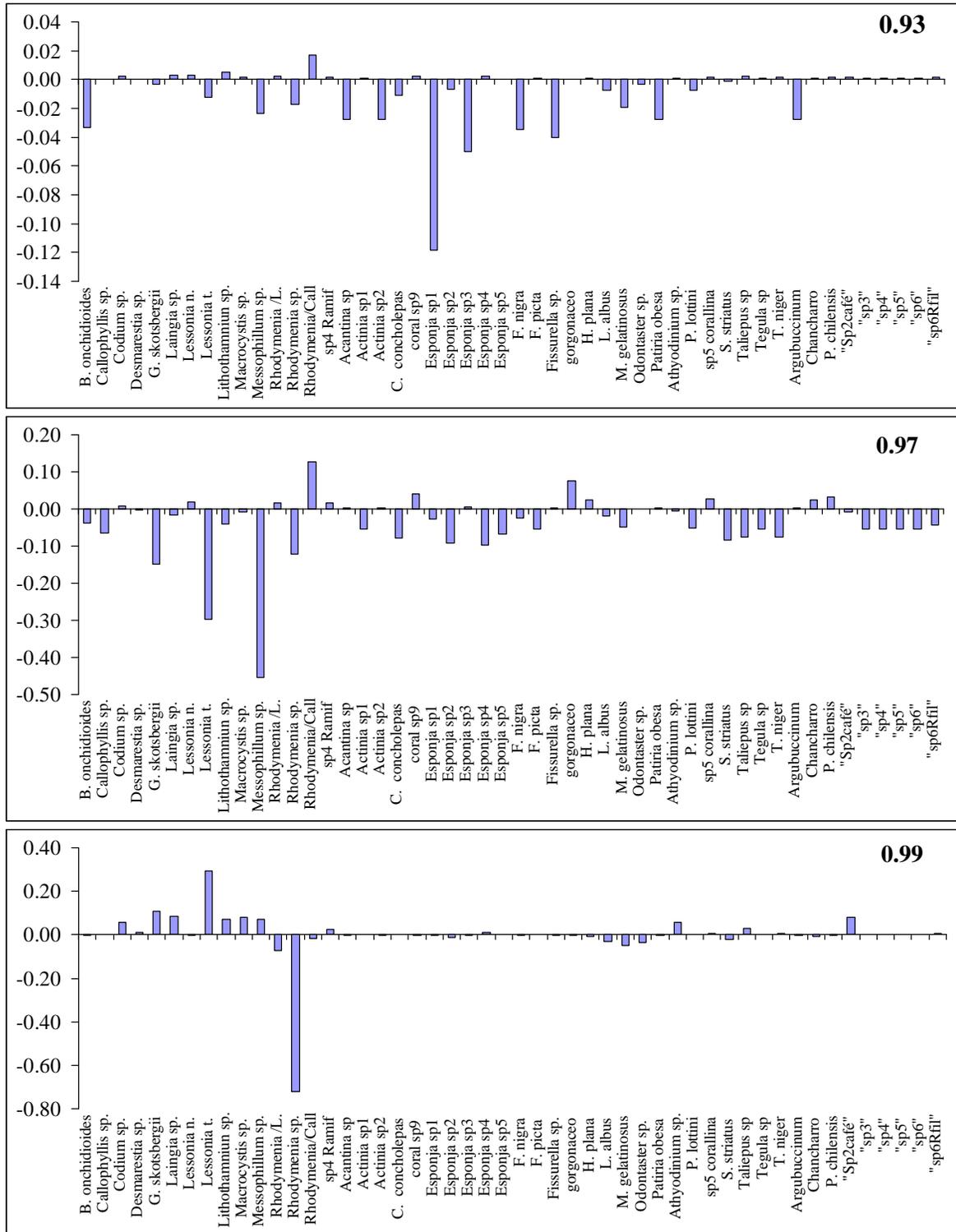


**Figura 10.** Clasificación general de estaciones en función de la cobertura de especies encontrada en cada una.

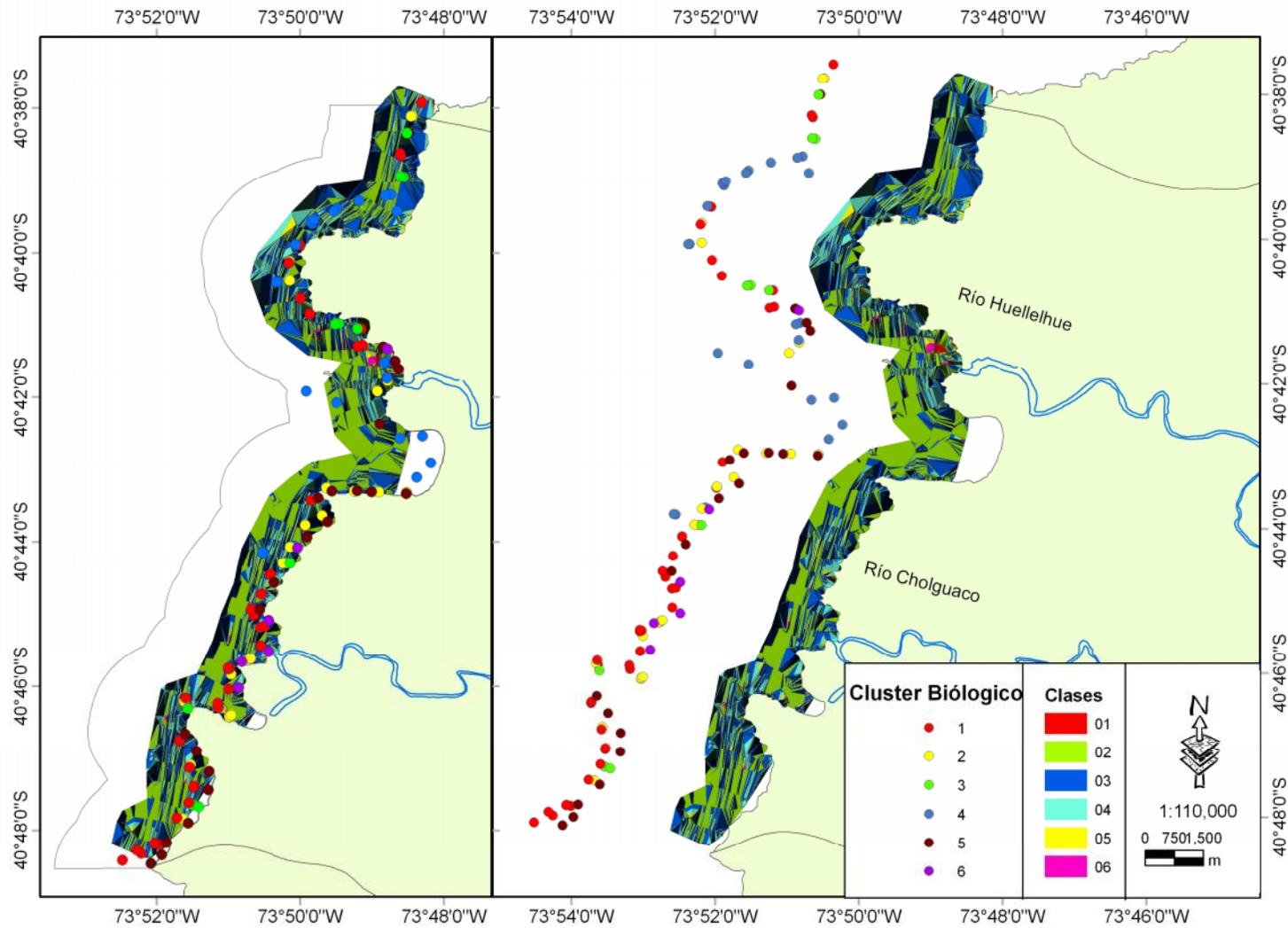


Ancho promedio de silhoutte= 0.24

**Figura 11.** A) Resultado de la clasificación de 6 conglomerados de estaciones de muestreo en función de las especies encontradas. B) Resultado de la validación de los 6 cluster a través del ancho de Silhouette el número de la clasificación (j), el número de estaciones clasificadas ( $n_j$ ) y ancho promedio de silhoutte ( $\text{ave}_{i \in C_j} s_i$ ).



**Figura 12.** Correlación de las variables utilizadas para los tres primeros ejes canónicos para la clasificación de unidades biológicas: A) 1ª raíz , B) 2ª raíz, C) 3ª raíz. El número en cada cuadro indica la varianza acumulada explicada al agregar cada eje. Todos ellos fueron significativos.



**Figura 13.** Distribución de las unidades biológicas y su relación con el tipo de sustrato clasificado. A la derecha se muestran las unidades biológicas desplazadas para una mejor visualización.

### 3.3. Objetivos específicos nº 3

*“Determinar riqueza, abundancia relativa y distribución de las especies bentónicas en términos de densidad, cobertura o biomasa, dependiendo del tipo de organismos a ser cuantificado, por tipo de hábitat en el AMCP LML”*

#### **Introducción**

La gran extensión y poca accesibilidad del litoral chileno a provocado que el estudio de los ecosistemas marinos sea un importante y permanente desafío científico (Vásquez and Vega, 2004). La biodiversidad de los ecosistemas marinos en sus distintas escalas jerárquicas, es 20 veces mayor que en ambientes terrestres (Vásquez, 2001). La mayor parte de esta alta biodiversidad reside en los ecosistemas costeros ubicados en la franja litoral (Ray, 1991).

En general el ecosistema bentónico submareal somero del Pacífico Sudeste se caracterizan por la presencia de una alta diversidad y abundancia de macroinvertebrados (Fernández et al., 2000; Lancelloti and Vásquez, 2000; Ojeda et al., 2000; Vásquez and Vega, 2004; Häussermann, 2006). En este sistema la presencia de macroalgas del género *Lessonia* y *Macrocystis* determina la diversidad, complejidad, estructura y funcionamiento de las comunidades bentónicas asociadas (Moreno and Jara, 1984; Ojeda and Santelices, 1984; Vega et al., 2005; Vasquez et al., 2006; Graham et al., 2007). Fernández *et al* (2000) analizó la información biogeográfica de las comunidades bentónicas litorales a lo largo de la costa chilena encontrando la existencia de 2 grandes provincias biogeográficas: a) la provincia Perú-Chile (desde Paita en Perú a Valparaíso en Chile) y b) la provincial Magallánica (desde Chiloé a Cabo de Hornos). La latitud exacta de cada provincia varía en 2 o 3 grados entre los autores y todos reconocen una zona difusa o de transición entre Valparaíso y Chiloé (Viviani, 1979; Brattström and Johanssen, 1983; Lancelloti and Vásquez, 2000; Camus, 2001).

El AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual* se encuentra inserto en la zona de transición entre las 2 principales regiones biogeográficas de la costa de Chile (Fernández et al., 2000). Esta zona a sido denomina también como Ecorregión Marina Araucana. La diversidad de esta zona fue caracterizada previamente por Jara (2002), quien describe una zona intermareal rocosa con presencia de especies como cirripedios, *Nothochthamalus scabrosus* y *Jehlius cirratus*. Algas estacionales como *Porphyra columbina*, *Rhizoclonium sp.* *Mazzaela laminaroides* y

*Ulva* también son observadas, además del mitílido *Perumytilus purpuratus*. En las zonas intermareales de playas de arena asociadas a los ríos existe poca infauna. En el submareal se presentan parches de hábitats de fondos blandos compuestos por arena y conchillas ubicados en la base de rocas elevadas y canales. Las especies dominantes en estos hábitat son poliquetos (*Chaetopterus variopedatus*) y pepinos de mar (*Athyonidium chilensis*). También se observan crustáceos entre los que se encuentran *Cancer spp.*, *Homalaspis plana*, *Paraxanthus barbiger*. Las especies más abundantes en fondos rocosos submareales corresponden a esponjas, hidrozooos y ascidias. Por su parte, los bosques de *Lessonia trabeculata* entre los 7 y 10 m, son un componente importante de este sistema. El objetivo de este capítulo es caracterizar en términos de riqueza, abundancia relativa y distribución las principales especies bentónicas presentes en el AMCP MU *Lafken Mapu Lahual*.

## **Metodología**

### ***Análisis de datos***

La recolección de datos y análisis de imágenes se describen en los objetivo 1 y 2, respectivamente. A partir de esta información se realizó un análisis de cobertura promedio de las especies por estación. La abundancia relativa se evaluó para los distintos grupos de invertebrados encontrados. Se realizó una lista de especies, la que incorpora información de frecuencia de aparición y profundidad promedio. La riqueza fue obtenida como el número de especies por estación. Posteriormente, se llevo a cabo un análisis de la estructura comunitaria a partir del índice de diversidad de Shannon - Wiener ( $H'$ ) y el índice de Simpson (D). Estos índices fueron estimados por estaciones, de acuerdo a las siguientes relaciones:

$$H = \sum_{i=1}^S (p_i)^2 (\log_2 p_i)$$

donde,

$H$  = contenido de información de la muestra

$S$  = número de especies

$p_i$  = proporción del total de la muestra que corresponde a la especie  $i$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (p_i)^2$$

donde,

$D$  = índice de diversidad de Simpson

$p_i$  = proporción de la especie  $i$  en la comunidad.

La densidad fue obtenida del muestreo con cuadrantes de la segunda campaña y se realizaron estimaciones por estación. Las frecuencias de tallas se obtuvieron para invertebrados, de la misma manera se obtuvieron valores de biomasa para algas y esponjas. Los índices comunitarios de diversidad fueron igualmente estimados por estación. Adicionalmente se presentan los valores de las áreas de manejo que fueron visitadas (Anexo 1).

Finalmente, con el objetivo de poder evaluar la existencia de gradientes verticales en la distribución de especies, la información fue agrupada en cinco estratos de profundidad : a) 0-10 m, b) 11-20 m, c) 21-30 m, d) 31-40 m y e) 41-60 m. Los análisis fueron realizados entre estaciones de muestreo con el objeto de agruparlas en función de su composición de especies. Los análisis efectuados contemplaron Análisis de Conglomerados (CLUSTER), Escalamiento Multidimensional no Métrico (nMDS) y análisis de similitud (ANOSIM) de una vía, todos efectuados a partir de una matriz de similitud de Bray Curtis y utilizando como factor el estrato de profundidad. El ANOSIM evalúa las similitudes en y entre los grupos creados al introducir el factor estrato. Este análisis se basa en el ranking de disimilitud ( $R$ ) que oscila entre -1 y 1. Sin embargo en análisis comunitarios rara vez se encuentra un  $R$  menor a 0. Si el valor de  $R$  es cercano a 0 no existen diferencias entre los grupos. Mientras si el valor de  $R$  es cercano a 1 existen diferencias en la composición comunitaria de los grupos. Por último, se utilizó el porcentaje de similitud (SIMPER) para obtener la contribución de las especies a la similitud encontrada al interior del grupo y entre los grupos discriminados en el ANOSIM.

### ***Creación de mapas temáticos***

La información de los puntos anteriores fue llevada a formato Shape en Arc Gis 9.3 y se crearon cartas temáticas.

### **Resultados**

Se encontraron un total de 54 especies distintas, de las cuales 23 corresponden a algas (*Rhodophyta*, *Phaeophyta*), 10 a Mollusca, 6 a Cnidaria, 5 a Porifera, 3 a Crustacea y 7 a Equinodermata. De las especies encontradas las más frecuentes correspondieron a las algas *Lessonia trabeculata* que se encontró sobre fondos duros o mixtos entre 11 y 32 m de profundidad (Fig. 14), el alga roja crustosa *Messophilum sp.* encontrada sobre sustrato duro entre 10 y 37 m de profundidad y el alga roja *Rhodymenia sp.* encontrada sobre sustrato duro entre 18 y 30 m de profundidad. Estas 3 especies se distribuyen a lo largo de todo el gradiente latitudinal del área (Fig. 15).

Entre los invertebrados, el más abundante fue la estrella de mar *Stichaster striatus* seguida por otra estrella, *Meyenaster gelatinosus*. Ambas especies se distribuyen a lo largo de toda el área. Se observa escasa presencia de invertebrados de importancia comercial como *Concholepas concholepas*, *Fissurella sp.* y *Loxechinus albus*. (Fig. 16; Tabla 4).

La riqueza oscila entre 1 y 13 especies por estación con un promedio de 6 especies. La diversidad se evaluó con el índice de Shannon -Wiener ( $H'$ ) y el índice de Simpson (D). El Índice de Shannon por estación oscila entre 0,43 y 5,19 con un promedio de 2,72 mientras que el Índice de Simpson oscila entre 1 y 17 con un promedio de 6,42 (Tabla 5).

La biomasa total promedio de individuos por cuadrante ( $0.25 \text{ m}^2$ ) para las 31 estaciones visitadas durante la segunda campaña osciló entre 0 y 3.120 g, registrándose las mayores biomásas en el sector de sur de Playa Rano (Fig. 17).

Los análisis multivariados permitieron diferenciar diferentes grupos en función de la composición de especies y su patrón de distribución latitudinal y vertical. El análisis de conglomerados mostró 5 grupos aparentes (Fig. 18). El análisis muestra que el estrato más somero (11-20 m) es significativamente distinto de los estratos 31-40 m y 41-60 m, pero no del estrato 21-30 m ( $R: -0,023$ ,  $SL: 64,2\%$ ). Por otro lado, el estrato 21-30 m es significativamente distinto de los estratos 31-40 m y 41-60 m. Por último al comparar los

estratos 31-40 m y 41-60 m se obtuvo que no son significativamente distintos (R: 0,041 , SL: 32,2%) (Tabla 6).

El nMDS agrupó las estaciones del estrato 41-60 m. Las demás estaciones no muestran un patrón claro en relación al estrato de profundidad (Fig. 19). El análisis de similitud porcentual SIMPER mostró que la similitud al interior de los estratos 11-20 m y 21-30 m esta dado por alga roja crustosa *Messophillum sp*, el alga roja *Rhodymenia sp*, y el alga parda *Lessonia trabeculata*. En el estrato 31-40 m la similitud esta dada por la presencia de sustrato baja diversidad de especies y por *Messophillum sp*. Finalmente, en el estrato 41-60 m el alto valor de similitud (58,5 %) esta dado mayoritariamente por la baja diversidad de especies (Tabla 7). La disimilitud esta dada principalmente por la variación en la cobertura de algas, principalmente *Lessonia trabeculata* y *Rodhymenia sp*.

## **Discusión**

En términos generales, los resultados muestran que el área presenta una baja diversidad de especies de macroinvertebrados. Se observó, una clara dominancia de distintas especies algales del tipo algas rojas y pardas (Fig. 20). En este sentido, destaca la presencia de *Lessonia trabeculata* a lo largo de todo el gradiente latitudinal, sobre los 10 m de profundidad. Sin embargo, a pesar de la existencia de grandes bosques de *Lessonia* a lo largo de toda el área, no se observó la presencia de forma abundante de consumidores herbívoros, como es el caso del erizo comercial *L. albus*. Esto da cuenta, de la existencia de un desbalance comunitario, dado probablemente por la sobreexplotación de este recurso.

Los índices de diversidad de especies de Shanon -Wiener y Simpson mostraron la presencia de ciertos patrones, dados principalmente por la existencia de un gradiente vertical a lo largo de toda el área, el cual esta caracterizado por una mayor riqueza de especies sobre 3 0 m de profundidad. Esto fue confirmado con a través de la estimación de la biomasa promedio por cuadrante, lo cual mostró valores superiores en los estratos superiores y asociado a los bosques de *Lessonia*. A mayor profundidad se observó que tanto la diversidad como la abundancia de organismos fueron muy bajas.

## Tablas y Figuras

**Tabla 4.** Lista de especies encontradas por grupo, frecuencia de aparición y cobertura promedio para algas. \* En identificación.

Especie	Nombre común	Frecuencia aparición	Cobertura promedio
<b>Alga (Rhodophyta, Phaeophyta)</b>			
<i>Callophyllis sp.</i>		3	13.3
<i>Codium sp.</i>		9	19.1
<i>Desmarestia sp.</i>		16	5.4
<i>Gigartina skotbergii</i>	Luga roja	60	20.6
<i>Laingia sp.</i>		47	11.7
<i>Lessonia Nigrescens</i>	huido palo	15	15.3
<i>Lessonia trabeculata</i>	huido palo	350	39.2
<i>Lithothamnium sp.</i>		62	5
<i>Macrocystis sp.</i>	Huido	2	46
<i>Messophillum sp.</i>		481	22.1
<i>Rhodymenia /Langia sp.</i>		5	23.2
<i>Rhodymenia sp.</i>		168	27.4
<i>Callophyllis sp.</i>		34	11
<i>Sp2 café*</i>		6	13.3
<i>sp3*</i>		3	6
<i>sp4*</i>		1	4.5
<i>sp4 Ramif*</i>		13	64
<i>sp5*</i>		1	3.3
<i>sp5 corallina*</i>		3	2
<i>sp6*</i>		1	6.5
<i>sp6 Rfil*</i>		17	
<i>Durvillaea antarctica</i>	Cochayuyo	8	
<i>Phorphyra sp.</i>	Luche	3	
<b>Mollusca</b>			
<i>Concholepas concholepas</i>	Loco	8	
<i>Fissurella nigra</i>	Lapa	4	
<i>Fissurella picta</i>	Lapa	1	
<i>Fissurella sp.</i>	Lapa	2	
<i>Acantina sp.</i>	caracol con diente	1	
<i>Buchanania onchidioides</i>	Lapa sin concha	5	
<i>Tegula atra</i>	caracol negro	12	
<i>Argubucinum pustulosum</i>	Palo palo	1	
<i>Chorus giganteus</i>	Trumulco	1	
<i>Phidiana lottini</i>	Nudibranquio	2	
<b>Cnidaria</b>			
<i>Gorgonaceo sp 1*</i>	antena	16	
<i>Gorgonaceo sp 2*</i>	antena	1	
<i>Coral sp9*</i>		6	
<i>Actinia sp1*</i>	poto de mar	1	
<i>Actinia sp2*</i>	poto de mar	1	
<i>Hidrozoa sp*</i>		6	

<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Frecuencia aparición</b>	<b>Cobertura promedio</b>
<b>Porifera</b>			
<i>Esponja sp1*</i>	Esponja	27	25.7
<i>Esponja sp2*</i>	Esponja	16	12.9
<i>Esponja sp3*</i>	Esponja	6	28.8
<i>Esponja sp4*</i>	Esponja	6	18.5
<i>Esponja sp5*</i>	Esponja	6	18.3
<b>Crustacea</b>			
<i>Taliepus sp</i>	Panchote	5	
<i>Ovalipes trimaculatus</i>	Jaiba remadora	3	
<i>Homalapsis plana</i>	Jaiba mora	2	
<b>Equinodermata</b>			
<i>Stichaster striatus</i>	estrella	151	
<i>Tetrapigus niger</i>	erizo negro	2	
<i>Meyenaster gelatinosus</i>	Estrella gigante	17	
<i>Odontaster sp.</i>	Estrella	13	
<i>Patiria obesa</i>	Estrella	1	
<i>Athyonidium chilensis</i>	pepino de mar	1	
<i>Loxechinus albus</i>	erizo rojo	5	

**Tabla 5.** Profundidad promedio, sustrato predominante, riqueza y índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson para cada estación.

<b>Estación</b>	<b>Prof. Promedio</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Riqueza</b>	<b>Shannon-Wiener</b>	<b>Simpson</b>
1	33.51	duro	5	1.78	10.68
2	40.23	blando	2	0.43	2.5
3	29.26	duro	6	3.04	4.3
4	26.22	duro	6	2.9	5
5	20.8	duro	7	4	11.6
6	26.22	duro	4	5.18	13.56
7	18.87	duro	7	3	10.33
8	28.88	duro	9	3	9.98
9	24.51	duro	9	5.19	7.93
10	30.79	mixto	7	4	17.48
11	17.4	duro	12	4	12.21
12	26.69	mixto	2	0.47	5.29
13	22.18	duro	5	1.76	5.29
14	16.49	duro	5	1.97	4
15	12.45	duro	5	3.63	6.36
16	20.65	duro	5	3.76	7.77
17	24.32	duro	3	2.68	7.44
18	30.68	mixto	3	1.65	4.64
19	27.05	duro	7	2.84	5.29
20	12.19	duro	7	3.75	6.57
21	39.85	duro	3	0.48	1
22	19.8	duro	4	1.17	14
23	18.38	duro	7	4.06	7.62
24	16.93	mixto	5	2.14	3.67
25	22.14	duro	4	2.19	5.8
26	6.33	duro	4	2.63	6

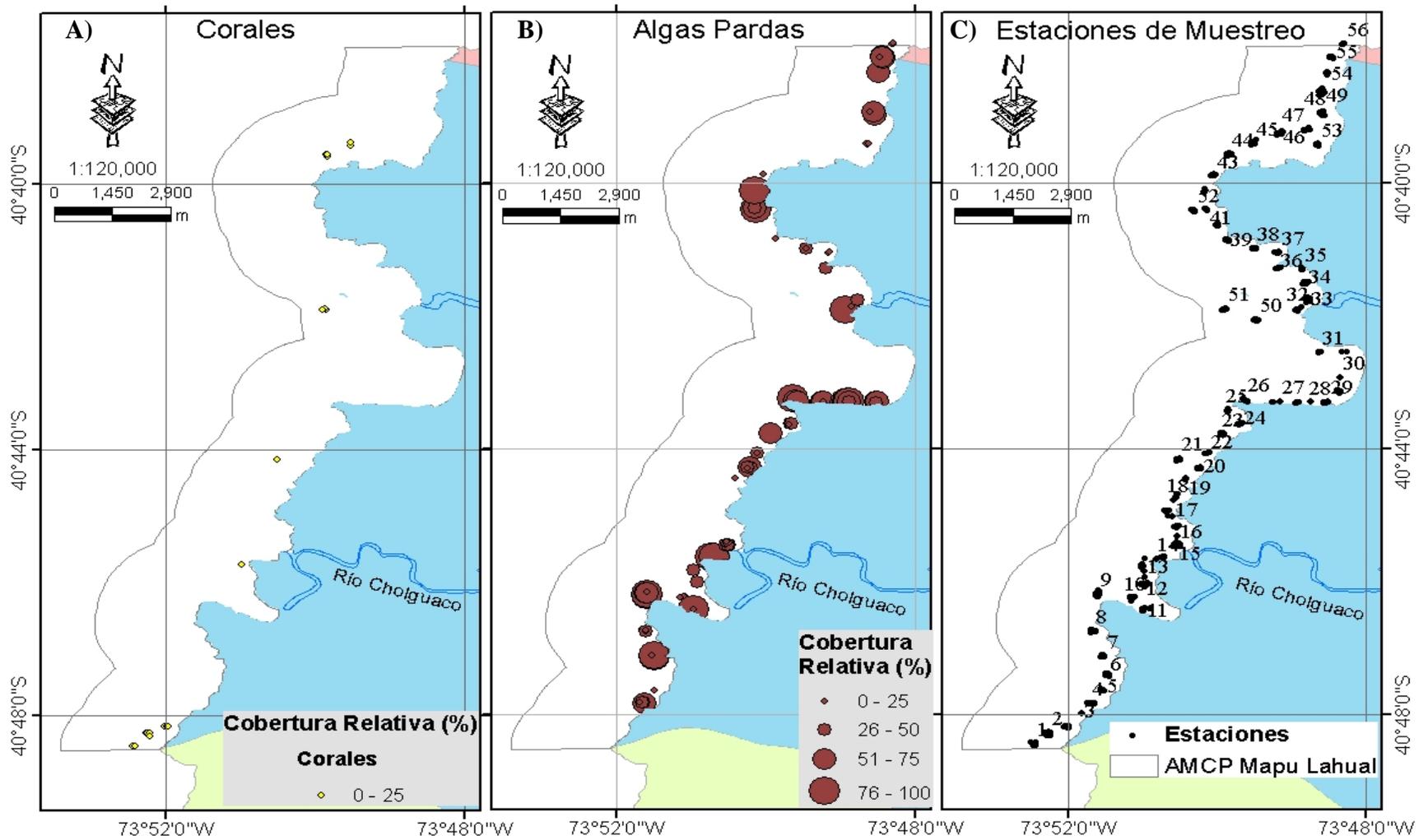
<b>Estación</b>	<b>Prof. Promedio</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Riqueza</b>	<b>Shannon-Wiener</b>	<b>Simpson</b>
27	5.15	duro	6	2.38	4.89
28	6.27	duro	5	4.62	8.03
29	4.83	duro	6	2.03	3.4
32	8	duro	7	4.28	6.33
33	8.87	blando	3	0.99	3
35	8.97	mixto	6	1.91	3.43
36	13.91	duro	5	3.51	7.5
37	11.45	duro	5	2.11	4.07
38	11.07	duro	8	4.51	7.88
39	14.83	duro	7	4.38	9.44
40	25.18	duro	4	2.65	6.56
41	15.49	duro	5	3.05	5.48
42	19.06	duro	4	2.87	6.05
43	26.36	bolon	9	2.77	4.13
44	35.69	mixto	3	0.9	2.33
45	42.05	mixto	3	0.71	2.33
48	20.28	duro	10	4.06	5.4
49	26.28	duro	6	3.49	7.64
51	46.02	mixto	4	0.84	2
52	37.59	duro	3	0.73	3
53	22.83	mixto	3	1.07	2.71
54	22.29	duro	6	3.71	6.26
55	19.74	duro	7	4.09	7.34
56	26.39	duro	4	2.82	5.84

**Tabla 6.** Resumen del análisis de similitud (ANOSIM).

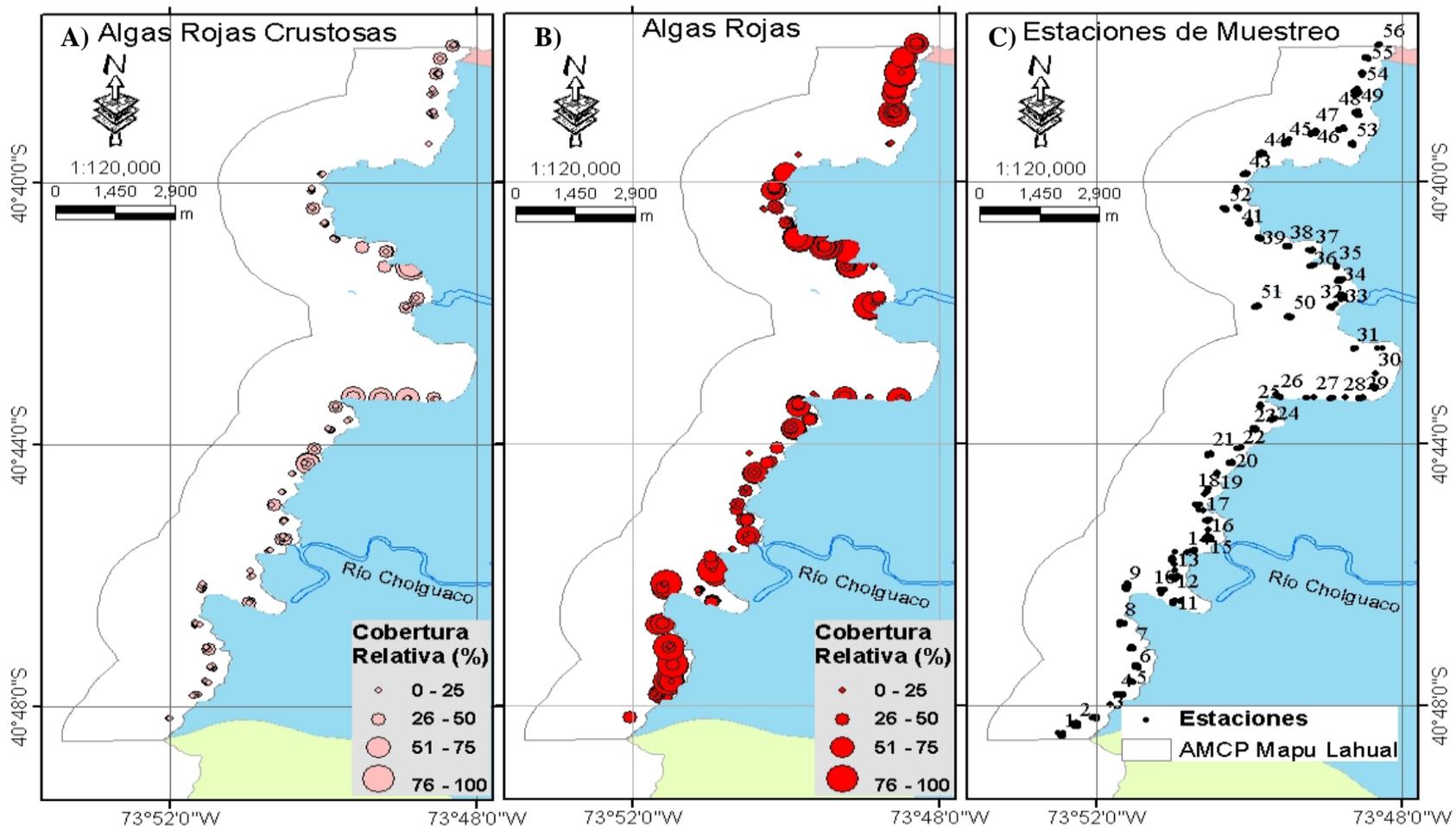
<b>Grupos</b>	<b>Estadístico R</b>	<b>Nivel de Significancia % (SL)</b>
11-20, 21-30 m	-0.023	64.2
11-20, 31-40 m	0.291	0.2
11-20, 40-60 m	0.964	0.1
21-30, 31-40 m	0.305	0.1
21-30, 41-60 m	0.77	0.1
31-40, 41-60 m	0.041	32.2

**Tabla 7.** Resumen del análisis de similitud porcentual SIMPER .

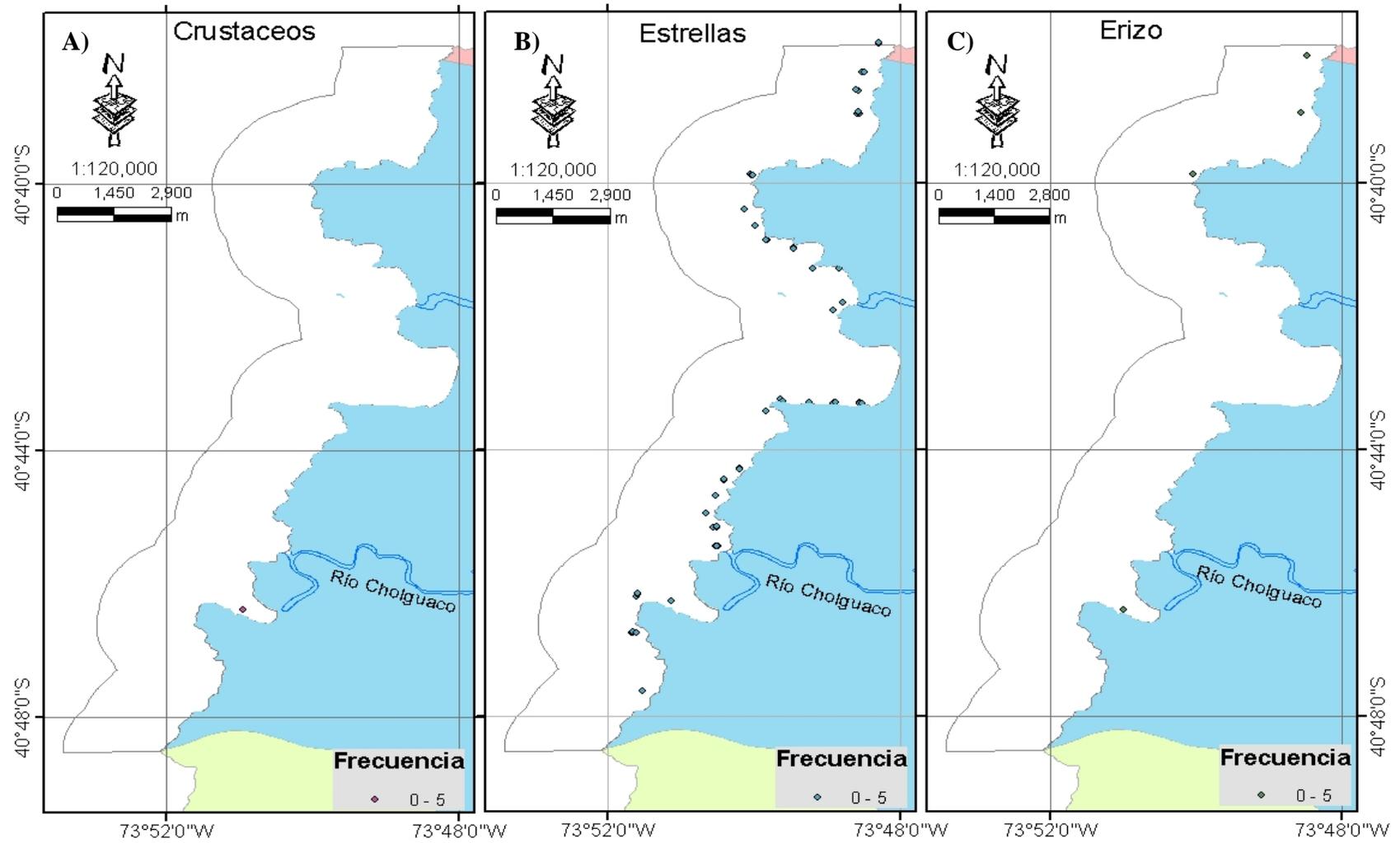
<b>Estrato</b>	<b>Especie</b>	<b>Aporte a la Similitud Promedio (%)</b>	<b>Similitud promedio (%)</b>
11-20 m	<i>Messophillum sp.</i>	9.5	57,2
	<i>Rhodymenia</i>	6.8	
	<i>Lessonia trabeculata</i>	5	
21-30 m	<i>Lessonia trabeculata</i>	13.65	48,5
	<i>Messophillum sp.</i>	7.1	
	<i>Rhodymenia</i>	2.35	
31-40 m	<i>Nada</i>	8.31	32,2
	<i>Messophillum sp.</i>	2	
40-60 m	<i>Nada</i>	12.2	58,5
	<i>Gorgonaceo sp.</i>	1.8	



**Figura 14.** Distribución latitudinal de: A) Algas pardas (*Phaeophyta*); B) Corales (Cnidaria) y C) Estaciones de muestreo.

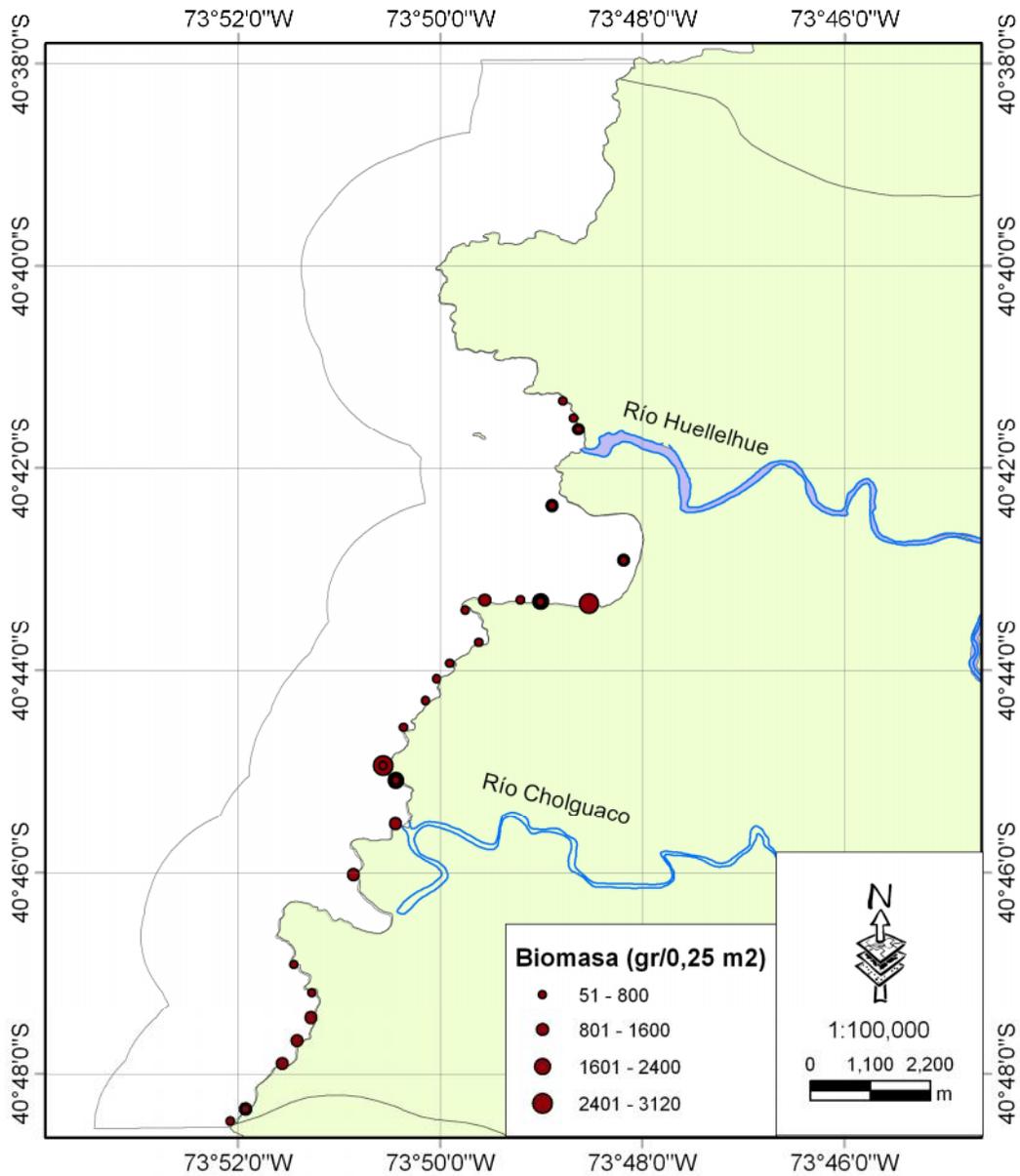


**Figura 15.** A) Distribución latitudinal de cobertura algas rojas crustosas (*Mesophyllum sp.* y *Lithothamnium sp.*); B) Distribución latitudinal de cobertura algas rojas y C) Ubicación de estaciones de muestreo.

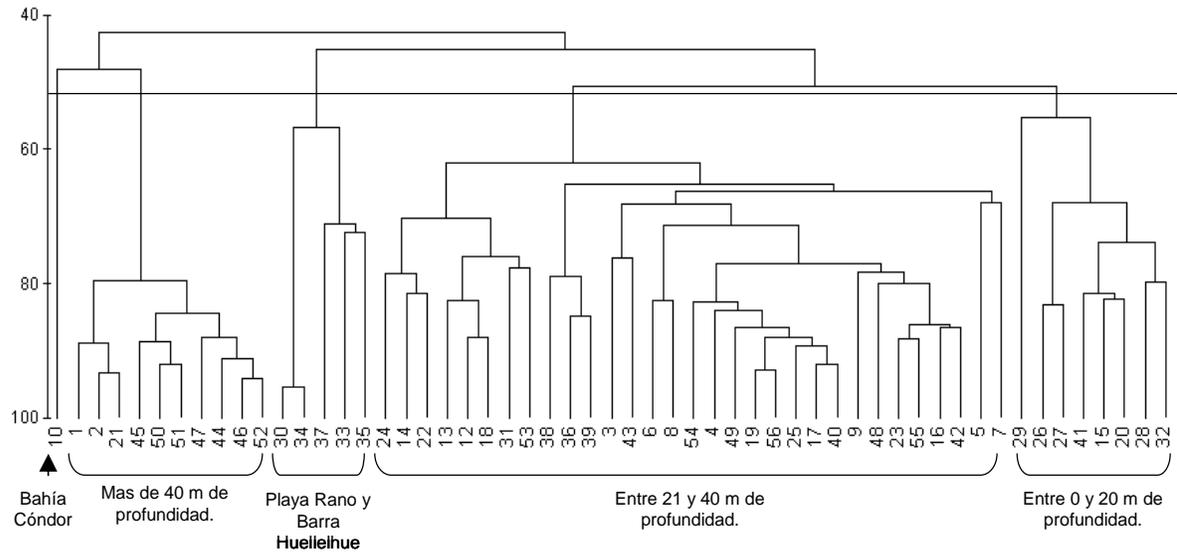


**Figura 16.** Distribución latitudinal de invertebrados. A) Erizos (*L. albus*, *T. niger*); B) estrellas (*S. striatus*, *M. gelatinosus*) y C) crustáceos.

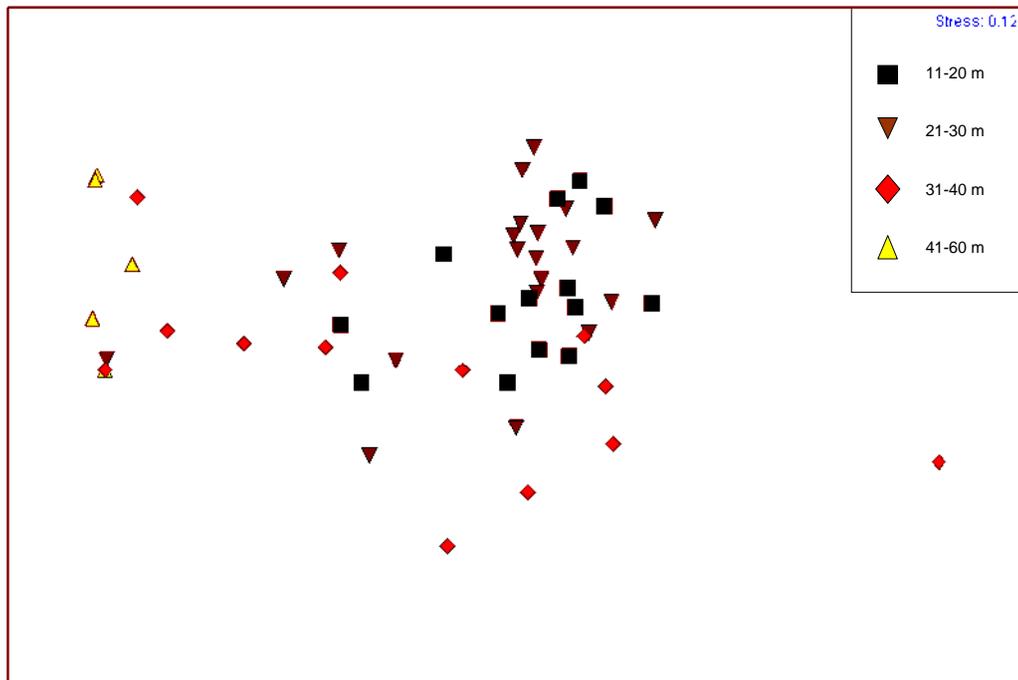
## Biomasa promedio por cuadrantes AMCP MU Lafken Mapu Lahual



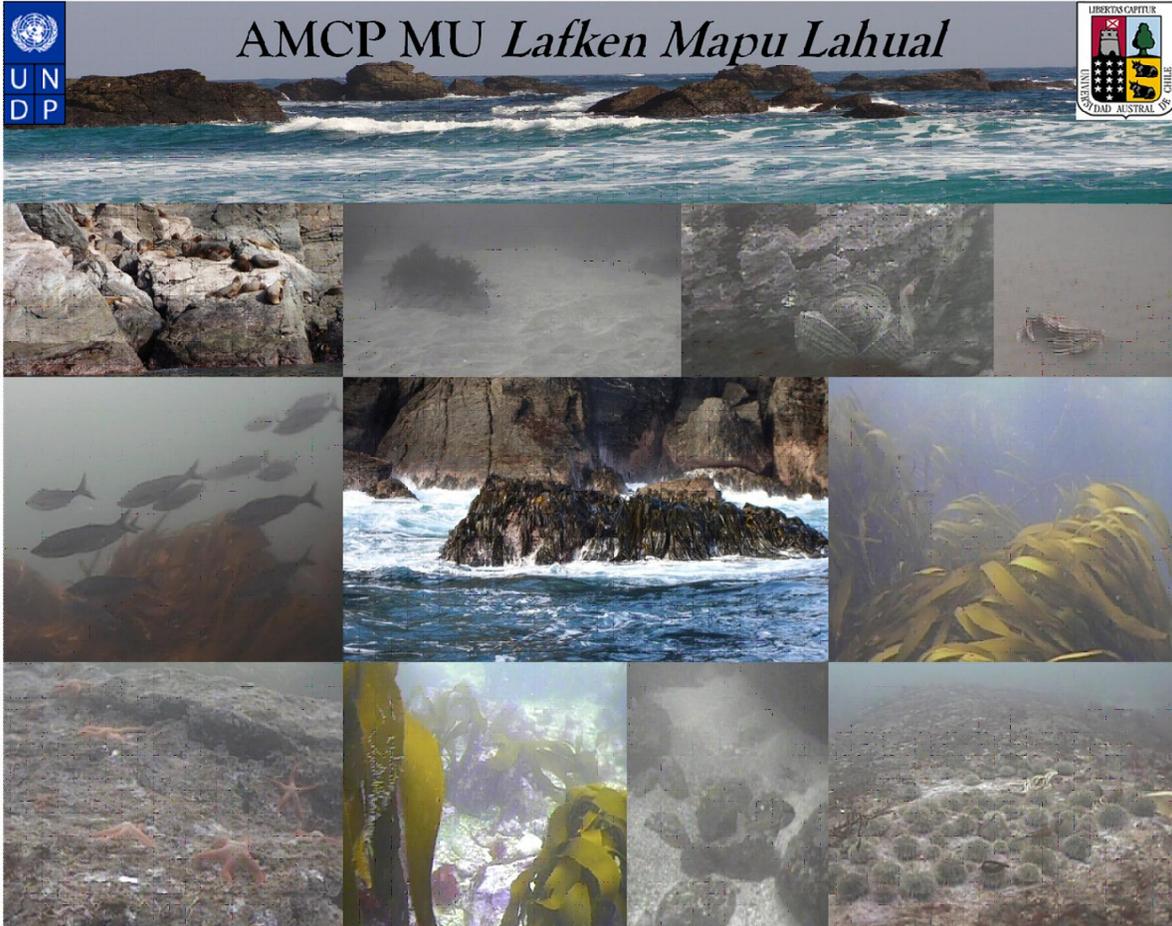
**Figura 17.** Biomasa promedio por cuadrante (gramos en 0.25 m<sup>2</sup>) determinada para las 31 estaciones visitadas durante la segunda campaña.



**Figura 18.** Análisis de conglomerados de estaciones en función de la presencia y ausencia de especies (Group average, Similitud %). La separación se hizo a un nivel de 50 % de similitud obteniéndose 5 grupos aparentes.



**Figura 19.** Escalamiento Multidimensional no Métrico (nMDS) para la cobertura promedio de especies por estación. Las estaciones se presentan en función del factor estrato de profundidad.



**Figura 20.** Diversidad observada al interior del AMCP -MU *Lafquen Mapu Lahual*.

### 3.4. Objetivos específicos n° 4

*“Determinar riqueza y abundancia relativa de la ictiofauna del intermareal y submareal en el AMCP LM”*

#### **Introducción**

La ictiofauna litoral de Chile continental presenta un patrón similar caracterizado por 2 importantes regiones biogeográficas, la primera entre los 18° y 40° S y la segunda entre los 40° y los 56° S. Además las especies someras son mayoritariamente de origen subtropical mientras que las profundas son principalmente de origen antártico o subantártico (Nuñez and Vázquez, 1987; Ojeda et al., 2000; Pequeño, 2000).

Estudios previos realizados Jara (2002) en el AMCP-MU reportó que la especie íctica más común en el submareal es el rollizo (*Pinguipes chilensis*) sobre fondos rocosos y la corvina (*Cilus Gilberto*) sobre fondos blandos.

El objetivo de este capítulo es caracterizar en términos de riqueza y abundancia relativa la ictiofauna presente en el AMCP MU *Lafken Mapu Lahual*.

#### **Metodología**

A partir del análisis de imágenes realizadas en las dos primeras campañas de recolección de datos descrito en el objetivo n°1 se realizó una evaluación de la ictiofauna presente en el área. La metodología consistió en estimar la abundancia relativa de peces a lo largo de un transecto de filmación según la metodología propuesta por Ferreira et al. (2001) y Ribeiro et al. (2005). Esta metodología consiste en cuantificar los avistamientos de peces efectuados a lo largo de un transecto de filmación de longitud conocida y estimar la abundancia relativa como número de peces por 100 m lineales de transecto. Los peces encontrados fueron identificados al menor nivel taxonómico posible. Se realizaron estimaciones de abundancia relativa por estrato de profundidad y zona dentro del AMC MU.

La información de avistamientos fue llevada a formato Shape en Arc Gis 9.3 y se crearon cartas temáticas.

## Resultados

El número de avistamientos de peces en las 56 estaciones realizadas fue 410. De estos, 336 pudieron ser identificados y 74 se presentan como “peces in determinados”. Los peces identificados se correspondieron a cinco especies: *Helicolenus langeerichi* (Chancharro), *Pinguipes chilensis* (Rollizo), *Sebastes capensis* (Cabrilla) *Isacia conceptionis* (Cabinza) y *Mola ramsayi* (Pez luna).

Las especies mas abundantes son *H. langeerichi* y *P. chilensis*. *Helicolenus langerichi* se avistó en promedio 11.3 veces por cada 100 m lineales de transecto, mientras que *P. chilensis* se avisto 9,8 veces por cada 100 m. Ambas especies se encontraron siempre asociadas a sustrato duro o mixto y en un rango de profundidad de 15 a 52 m para *H. conceptionis* y 11 a 43 m para *P. chilensis*. Solo se encontró un cardumen de aproximadamente 25 individuos que correspondió a *I. conceptionis*. La especie menos abundante fue *Mola ramsayi* con solo un avistamiento (Figura 21; Tabla 7).

## Discusión

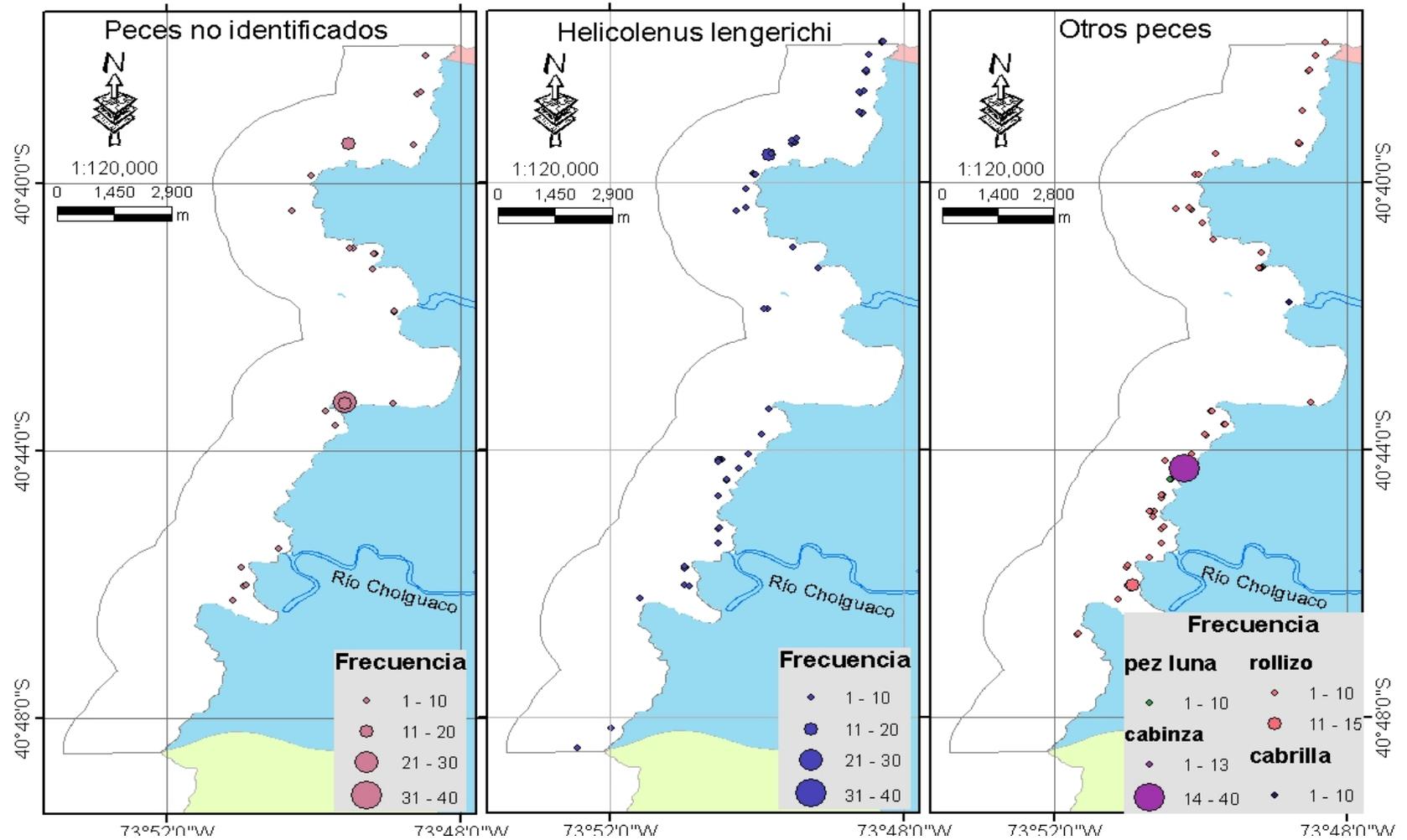
Los resultados de la caracterización en términos de riqueza y abundancia relativa la íctiofauna presente en el AMCP MU *Lafken Mapu Lahual* y determinada mediante avistamientos, mostró que el sector presenta una muy baja diversidad de peces con solo cinco especies observadas. Estas fueron observadas siempre sobre sustrato duro, por lo cual, su distribución debe estar asociado a factores como disponibilidad de alimento, refugio u otros. Por otro lado, dado la metodología empleada en las filmaciones y las condiciones meteorológicas del sector no fue posible registrar la presencia de peces típicos de piscinas intermareales. Sin embargo, dado la configuración de la costa es poco probable que se generen este tipo de hábitat. La baja diversidad de peces registrada, es coincidente con la baja diversidad de macroinvertebrados registrados a lo largo de todo gradiente latitudinal del AMCP-MU.

## Tablas y Figuras

Tabla 7. Valores promedio de avistamiento de peces en 100 m lineales de transecto.

Peces	Promedio de avistamientos en 100 m lineales de transecto.
<i>Helicolenus lengerichi</i>	11,3
<i>Isacia conceptionis</i> *	7.0
<i>Mola ramsayi</i>	0,01
<i>Peces indeterminados</i>	4,2
<i>Pinguipes chilensis</i>	9.8
<i>Sebastes capensis</i>	0,9

\*valores correspondientes a 1 cardumen encontrado.



**Figura 21.** Distribución latitudinal de la fauna íctica al interior del AMCP-MU.

### 3.5. Objetivo específico n° 5

*“Identificar y caracterizar las amenazas actuales y futuras que afecten a especies emblemáticas contenidas en el estudio”*

#### **Antecedentes**

La reducción en la escala espacial de manejo, desde el nivel nacional o zonal al nivel local, tiende a incrementar la precisión y el conocimiento de las variables biológico consideradas y permite incorporar mas directamente a los agentes beneficiados o perjudicados por las medidas aplicadas de manejo. De esta manera, es posible establecer estrategias más flexibles y procesos más dinámicos de manejo adaptativo (Hilborn and Walters, 1992).

Aun cuando las ventajas potenciales de los derechos de uso territorial han sido reconocidas con especial énfasis sólo en la última década, estrategias de esta naturaleza han sido eficientes empleadas para el manejo tradicional de recursos por muchas comunidades. Ejemplos de este hecho pueden ser observados en la Polinesia pre -Europea (Schug, 1996), India (Mathew, 1991), España (Arzel, 1984), Filipinas (Smith and Panayotou, 1984) y Japón (Yamamoto, 1995).

En Chile existen evidencias de gran variabilidad en las abundancias de las poblaciones de moluscos al permanecer por largos períodos sin explotación humana en las Reservas Marinas existentes en Chile (Duarte et al., 1995). Junto a esto, algunos investigadores plantean que en forma natural, sin implicar aplicación de ley alguna, existen áreas de difícil acceso se han transformado en “áreas buffer” y han permitido la recuperación de las poblaciones de invertebrados en áreas vecinas sobreexplotadas (Castilla and Schmiede, 1979), todas ideas que han apoyado la decisión de las autoridades al incorporar las Áreas de Manejo en la legislación de los recursos marinos chilenos y pueden ser utilizadas en el contexto de las Áreas Marinas Protegidas .

En este contexto, la identificación y caracterización de las amenazas actuales y futuras que afecten a especies emblemáticas contenidas en el estudio , serán evaluadas a través de un taller de trabajo, que se llevara a cabo durante el mes de septiembre.

#### 4. REFERENCIAS

- Anderson, J.T., Gregory, R.S., Collins, W.T., 2002. Acoustic classification of marine habitats in coastal Newfoundland. *ICES Journal of Marine Science* 59, 156 -167.
- Anderson, R., Lew, D., Peterson, T., 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162, 211 - 232.
- Andrew, N.L., O'Neill, O.L., 2000. Large-scale patterns in habitat structure on subtidal rocky reefs in New South Wales. *Marine and Freshwater Research* 51, 255 -263.
- Arzel, P., 1984. Traditional management of seaweeds in the district of Leon, FAO Fish. Tech Pap. 249, pp. 49.
- Basford, D., Eleftheriou, A., 1988. The benthic environment of the North Sea (56° to 61°N). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 68, 125-141.
- Basford, D.J., Eleftheriou, A., Davies, I.M., Irion, G., Soltwedel, T., 1993. The ICES North Sea benthos survey: the sedimentary environment. *ICES Journal of Marine Science* 50, 71-80.
- Brattström, H., Johanssen, A., 1983. Ecological and regional zoogeography of the marine benthic fauna of Chile. *Sarsia* 68, 289-339
- Brower, J., Zar, J., Von Ende, C., 1990. Field and laboratory methods for general ecology. 3rd edition Wn. C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa.
- Camus, P., 2001. Biogeografía marina de Chile continental. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 74, 587 - 617.
- Castilla, J.C., Schmiede, P., 1979. Hipótesis de trabajo sobre la existencia de zonas marítimas tampones en relación a recursos marinos bentónicos (Mariscos y algas) en la costa de Chile Continental. In: Gallardo, V. (Ed.), Seminario/Taller sobre desarrollo e investigación de los recursos marinos de la Octava Región, Chile, Concepción.
- Clarke, A., Lidgard, S., 2000. Spatial patterns of diversity in the sea: bryozoan species richness in the North Atlantic. *Journal of Animal Ecology* 69, 799 -814.
- Collins, W., Gregory, R., Anderson, J., 1996. A digital approach to seabed classification. *Sea Technology* 37, 83-87.

- Collins, W.T., McConnaughey, R.A., 1998. Acoustic classification of the sea floor to address essential fish habitat and marine protected area requirements, Proceedings of the Canadian Hydrographic Conference, Victoria, B.C., Canada, pp. 369 -377.
- Crawley, J.M., 2007. The R book. John Wiley & Sons Ltd., London.
- Chapman, M.G., 2000. A comparative study of differences among species and patches of habitat on movements of three species of intertidal gastropods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 244, 181–201.
- de Boer, P., 1968. Spreading of risk and stabilization of animal number. *Acta Biotheoretical* 18, 165-194.
- Duarte, W., Asencio, G., Moreno, C.A., 1995. Long -term changes in population density of *Fissurella picta* and *Fissurella limbata* (Gastropoda) in the Marine Reserve of Mehuin, Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 69, 45 -56.
- Ellingsen, K.E., Gray, J.S., Bjørnbom, E., 2002. Acoustic classification of seabed habitats using the QTC VIEW system. *ICES Journal of Marine Science* 59, 825 -835.
- Fernández, M., Jaramillo, E., Marquet, P., Moreno, C., Navarrete, S.A., Ojeda, F., Vásquez, J.A., Valdovinos, C., 2000. Diversity, dynamics and biogeography of Chilean benthic nearshore ecosystems: an overview and guidelines for conservation. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 73, 797-830.
- Ferreira, C.E., Concalves, J.E., Coutinho, R., 2001. Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. *Environmental Biology of Fish* 61, 353-369.
- Fortin, M., 1994. Edge detection algorithms for two -dimensional ecological data. *Ecology* 75, 956-965.
- Freitas, R., Silva, S., Quintino, V., Rodrigues, A.M., Rhynas, K., Collins, W.T., 2003. Acoustic seabed classification of marine habitats: studies in the western coastal - shelf area of Portugal. *ICES Journal of Marine Science* 60, 599 -608.
- González, M.D., 2005. A comparison in cluster validation techniques. *Mathematics (Statistics)*. University of Puerto Rico, Puerto Rico.
- Graham, M.H., Vasquez, J., Buschmann, A., 2007. Global Ecology of the giant kelp *Macrocystis*: from ecotypes to ecosystems. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. 110 pp.

- Hamilton, L.J., Mulhearn, P.J., Poeckert, R., 1999. Comparison of RoxAnn and QTC -View acoustic bottom classification system performance for the Cairns area, Great Barrier Reef, Australia. *Cont. Shelf. Res.* 19, 1577-1597.
- Hannson, L., 1991. Dispersal and connectivity in metapopulations. *Journal of the Linnean Society* 42.
- Harrison, S., 1991. Local extinction in metapopulation context: an empirical evaluation. In: Gilpin, M., Hanski, I. (Eds.), *Metapopulation dynamics: empirical and theoretical investigations*. Academic Press, London, UK, pp. 73 -88.
- Häussermann, V., 2006. Biodiversity of Chilean sea anemones (Cnidaria: Anthoypoa): distribution patterns and biogeographic implications; including new records for the fjord region. *Investigaciones Marinas*.
- Heip, C., Basford, D., Craeymeersch, J.A., Dewarumez, J.M., Dörjes, J., de Wilde, P., Duineveld, G., Eleftheriou, A., Herman, P.M., Niermann, U., Kingston, P., Künitzer, A., Rachor, R., Rumohr, H., Soetaert, K., Soltwe del, T., 1992. Trends in biomass, density and diversity of North Sea macrofauna. *ICES Journal of Marine Science* 49, 13-22.
- Hilborn, R., Walters, C.J., 1992. Quantitative fisheries stocks assessment. In: Chapman, D., Hall, J. (Eds.), *Choice, dynamics and un certainty*, New York, NY (USA), pp. 570.
- Hirzel, A., Hausser, J., Chessel, D., Perrin, N., 2002. Ecological -niche factor analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology* 83, 2027 -2036.
- Jara, F., 2002. Protection of marine area in the coast of Osorno, Southern Chile: its relevance for southeastern pacific biodiversity conservation. FINAL REPORT. CONAMA/ PNUD, Puerto Montt, pp. 77 pp.
- Lancelloti, D., Vázquez, J., 2000. Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 73.
- Legendre, P., Legendre, L., 1998. *Numerical ecology*. 2nd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam.
- Locker, S., Wright, A., 2003. Benthic habitat mapping for habitat suitability modeling in Rookery Bay National Estuarine Research Reserve. Final Report submitted by the University of South Florida, College of Marine Science to the Florida Fish and Wildlife Conservation Commission. In: POS7701617863, F.M.R.I.u.c.N. (Ed.).

- Marchal, P., 2008. A comparative analysis of métiers and catch profiles for some French demersal and pelagic fleets. *Ices Journal of Marine Science* 65, 674 -686.
- Mathew, S., 1991. Study of territorial use rights in small - scale fisheries: Traditional systems of fisheries management in Pulicat Lake, Tamil, Nadu. India, FAO Fish. Circ 839. , pp. 27.
- McQuaid, C., 1981. The establishment and vertical size gradients in populations of *Littorina Africana knysnaensis* (Philippi) on an exposed rocky shore. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 59, 207-217.
- Milligan, G., 1981. A monte carlo study of thirty internal criterion measures for cluster analysis. *Psychometrika* 46, 187-199.
- Moreno, C., Jara, F., 1984. Ecological studies on fish fauna associated with *Macrocystis pyrifera* belts in the south of Fuegian Islands, Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 15, 99 - 107.
- Moreno, C.A., 2001. Community patterns generated by human harvesting on Chilean shores: a review. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 11, 19 - 30.
- Núñez, L., Vázquez, J., 1987. Observaciones tróficas y de distribución espacial de peces asociados a un bosque submareal de *Lessonia trabaculata*. *Estudios Oceanológicos* 6, 79-85.
- Ojeda, F.P., Labra, F.A., Muñoz, M., 2000. Patrones biogeográficos de los peces de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 73, 625-641.
- Ojeda, F.P., Santelices, B., 1984. Invertebrate communities in holdfasts of the kelp *Macrocystis pyrifera* from southern Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 16, 65-73.
- Pequeño, G., 2000. Delimitaciones y relaciones biogeográficas de los peces del pacífico suroriental. *Estudios Oceanológicos* 19, 53-76.
- Preston, J., 2001. Shallow-water bottom classification. High speed echo -sampling captures detail for precise sediment. *Hydro International* 5, 30 -33.
- Preston, J., Inouchi, Y., Shioya, F., 2006. Acoustic classification of submerged aquatic vegetation. In: Jesus, S.M., Rodríguez, O.C. (Eds.), *Proceedings of the Eighth European Conference on Underwater Acoustics, ECUA 2006, Carvoeiro, Portugal.*

- QTC-IMPACT, 2004. Acoustic Seabed Classification. User Manual (Version 3.40). Quester Tangent Corporation, Marine Technology Centre, Sidney, B.C., Canada, pp. 153.
- Ray, G.C., 1991. Coastal zone biodiversity patterns. *BioScience* 41, 490 -498.
- Rees, H.L., Pendle, M.A., Waldock, R., Limpenny, D.S., Boyd, S.E., 1999. A comparison of benthic biodiversity in the North Sea, English Channel, and Celtic Seas. *ICES Journal of Marine Science* 56, 228-246.
- Rousseeuw, P., 1987. *Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis*. Elsevier Science Publishers B. V.
- Schug, D.M., 1996. The revival territorial use rights in pacific island inshore fisheries. *Ocean yearbook* 12, 235-246
- Smith, I.R., Panayotou, T., 1984. Territorial use rights and economy efficiency. The case of the Phillipine fishing concessions. In: 245, F.F.T.P. (Ed.), pp. 17.
- Smith, R.L., Smith, T.M., 2001. *Ecología*. Editorial Addison-Wesley, Madrid.
- Stevens, T., Connolly, R.M., 2005. Local-scale mapping of benthic habitats to asses representation in a marine protected area. *Marine and Freshwater Research* 56, 111 - 123.
- Tzanatos, E., Somarakis, S., Tserpes, G., Koutsikopoulos, C., 2006. Identifying and classifying small-scale fisheries metiers in the Mediterranean: A case study in the Patraikos Gulf, Greece. *Fisheries Research* 81, 158-168.
- Underwood, A.J., 2004. Landing on one's foot: small -scale topographic features of habitat and the dispersion of juvenile intertidal gastropods. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 268, 173 - 182.
- Vásquez, J.A., 2001. Ecology of *Loxechinus albus*. In: J.M.Lawrence (Ed.), *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology*. Elsevier Science Publications, pp. 161 -175.
- Vásquez, J.A., Vega, J.M.A., 2004. El Niño 1997-1998 en el norte de Chile: efectos en la estructura y en la organización de comunidades submareales dominadas por algas pardas. In: Avaria, S., Carrasco, J., Rutland, J., Yañez, E. (Eds.), *El Niño -La Niña 1997-2000 sus efectos en Chile*. CONA, Valparaíso, pp. 119 -135.

- Vasquez, J.A., Vega, J.M.A., Buschmann, A.H., 2006. Long term variability in the structure of kelp communities in northern Chile and the 1997–98 ENSO. *J. Appl. Physiol.* 18, 505-519.
- Vega, J.M., Vázquez, J., Buschmann, A., 2005. Population biology of the subtidal kelps *Macrocystis integrifolia* and *Lessonia trabeculata* (Laminariales, Phaeophyceae) in an upwelling ecosystem of northern Chile: interannual variability and El Niño 1997 - 1998. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 78, 33-50.
- Viviani, C.A., 1979. Ecogeografía del litoral Chileno. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 14, 65-123.
- Von Szalay, P.G., McConnaughey, R.A., 2002. The effect of slope and vessel speed on the performance of a single beam acoustic seabed classification system. *Fisheries Research* 54, 181-194.
- Yamamoto, T., 1995. Development of a community-based fishery management system in Japan. *Marine Resource Economics* 1, 21-34.