



**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
SEDE PUERTO MONTT  
ESCUELA DE ACUICULTURA Y PESQUERÍAS**

**DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES BENTÓNICAS  
POR TIPOS DE HÁBITATS PRESENTES EN EL ECOSISTEMA  
DEL ÁREA MARINA COSTERA PROTEGIDA DE MÚLTIPLES  
USOS *LAFKEN MAPU LAHUAL*, EN LA COMUNA DE RÍO  
NEGRO, REGIÓN DE LOS LAGOS.**

**Tesis para optar al Título de Ingeniero en Acuicultura**

**Profesor Patrocinante: Dr. Carlos Molinet Flores**

**RICARDO ALBERTO RIVAS GAVILÁN**

**PUERTO MONTT - CHILE**

**2010**

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. RESUMEN</b> .....	4
<b>2. ABSTRACT</b> .....	6
<b>3. INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>4. HIPOTESIS</b> .....	16
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	16
5.1 Objetivo general: .....	16
5.2 Objetivos específicos:.....	16
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	17
6.1 Área de estudio.....	17
6.2 Recolección de datos .....	19
6.3 Análisis de datos .....	22
<b>7. RESULTADOS</b> .....	26
7.1 Objetivo 1: .....	26
7.2 Objetivo 2: .....	28
7.3 Objetivo 3: .....	40
<b>8. DISCUSIÓN</b> .....	42
<b>9. CONCLUSIÓN</b> .....	49
<b>10. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	52
<b>11. ANEXO</b> .....	58

## ÍNDICE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs), existentes en el Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU) <i>Lafken Mapu Lahual</i> , Comuna de Río Negro, Región de los Lagos.....	18
<b>Figura 2:</b> Campañas de recolección de información en el AMCP-MU <i>Lafken Mapu Lahual</i> .....	21
<b>Figura 3:</b> Escalamiento Multidimensional no Métrico (nMDS) para la cobertura promedio de especies por estación. Las estaciones se presentan en función del factor estrato de profundidad.	28
<b>Figura 4:</b> Coordenadas de los tres primeros ejes del PCA (Q1, Q2, Q3). Clases de sustratos definidos por el Análisis de Auto-Cluster, a través de los registros obtenidos por el QTC.....	30
<b>Figura 5:</b> Distribución de las clases de sustratos existentes al interior del AMCP –MU <i>Lafken Mapu Lahual</i> identificadas a través de señales acústicas con el QTC VIEW 5.5.....	31
<b>Figura 6:</b> Clasificación general de estaciones en función de la cobertura de especies. Conglomerados obtenidos (12) a través del análisis de cluster jerárquico (—).....	34
<b>Figura 7:</b> A) Resultado de la clasificación de 5 conglomerados de estaciones de muestreo en función de las especies encontradas. B) Resultado de la validación de los 5 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 cj si).....	35
<b>Figura 8:</b> Distribución de las unidades biológicas y su relación con el tipo de sustrato clasificado en el AMCP-MU.....	36
<b>Figura 9:</b> Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM), para el Índice de Shannon Wiener. ...	38
<b>Figura 10:</b> Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM), para el Índice de Simpson.....	39
<b>Figura 11:</b> Distribución de hábitats definidos en el AMCP-MU <i>Lafken Mapu Lahual</i> .....	40

## ÍNDICE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Resumen del análisis de similitud (ANOSIM) para los diferentes estratos. ....	27
<b>Tabla 2:</b> Resumen del análisis de similitud porcentual (SIMPER). ....	28
<b>Tabla 3:</b> Tipo de sustrato predominante por estrato de profundidad, determinados a través del análisis de filmaciones. Valores se entregan en porcentaje de cuadros analizados. ....	29
<b>Tabla 4:</b> 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. ....	30
<b>Tabla 5:</b> Hábitat definidos en el AMCP-MU <i>Lafken Mapu Lahual</i> . ....	39
<b>Tabla 6:</b> Tipo de sustrato, estrato, invertebrados totales e índices de Shannon Wiener y Simpson por estaciones. ....	58
<b>Tabla 7:</b> Lista de especies presentes en el AMCP-MU <i>Lafken Mapu Lahual</i> . ....	61

## 1. RESUMEN

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. 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 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 Huellehue y el Cholguaco. El levantamiento batimétrico y la caracterización del tipo de sustrato presente al interior del AMCP-MU mostraron la existencia de algunos patrones latitudinales y verticales.

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 y muestran la existencia de 6 clases de sustrato.

La clasificación realizada por el análisis de cluster jerarquizado entregó 3 unidades biológicas definidas. Las macroalgas *Lessonia trabeculata*, *Callophyllis sp*, *Rhodomenia sp* y

*Messophyllum sp* mostraron las mayores coberturas en todos los cluster, lo que implicaría que estas especies son claves para la definición de hábitat.

En el área de estudio se definieron 3 hábitats, a través de las variables físicas (estrato y tipo de sustrato), con el grupo de algas predominante (pardas, rojas y roja crustosa) en función del índice de diversidad de Shannon Wiener. Esta asociación se representó en el análisis de correspondencia múltiple. El hábitat 1 agrupo a la Algas pardas y roja crustosa con el estrato 1 (0-10 m) y el sustrato duro. El hábitat 2 agrupo a las algas rojas con el estrato 3 (21-30 m) y el sustrato bolón. Y finalmente el hábitat 3 presentó el grupo que no poseía algas con el estrato 5 (> a 40 m) y el sustrato mixto.

Con respecto a las comunidades presentes en el área, estas fueron estructuradas por especies constructoras de hábitat, que en este caso fueron los grupos algales (pardas, rojas y roja crustosa).

El área presenta una baja diversidad de especies de macroinvertebrados. Se observó, una clara dominancia de distintas especies algales del tipo 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 (*Loxechinus albus*).

En general, los resultados de este estudio muestran una distribución batimétrica de la riqueza de especies, en donde la mayor diversidad estuvo en los estratos superficiales, con valores máximos en aguas someras del área.

## 2. ABSTRACT

Marine and Coastal Protected Areas (MCPA) are defined as specific geographic areas, which have been designated to improve natural coastal marine resources conservation. The MCPA *Lafken Mapu Lahual*, is located on the edge of Río Negro coastal commune of Osorno Province (40 ° 40'S), with a coastline length of 32 km approximately, between Punta Tiburon and Punta Lobería.

The geomorphology of the study area is highlighted by abrupt coast, almost vertical with a narrow intertidal zone that reaches 15 to 20 m en depth within 20 or 30 m from the intertidal line. This coastal configuration is only altered by the presence of 2 most important rivers in the area, Huellehue and Cholguaco Rivers. The bathymetric survey and substrata type characterization in MCPA showed some latitudinal and vertical patterns.

The substrata characterization obtained from films image analysis and acoustic signals methodologies, showed differences in the composition of substrata type in the area. Images from submarine films showed that "hard" substrata, composed by different type of rock are predominant (85 %), while the analysis performed by acoustic signals showed that the predominant type of substrata was characterized as "soft" (63%), composed primary by sand. Found differences are mainly attributed to used methodologies. However, both are complementary and show the existence of 6 substrate types.

The classification from hierarchical cluster analysis provided 3 biological units defined. Seaweeds such as *Lessonia trabeculata*, *Callophyllis sp*, *Rhodymenia sp* and *Messophyllum sp* showed highest coverage in all clusters, suggesting that these seaweeds are key species for habitat definition.

In the studied area, 3 habitats were defined based on Shannon Wiener diversity index, through physical variables (stratum and substrata type) and seaweed group dominance (brown, red and crust red). This association was represented in a multiple correspondence analysis. Habitat 1, groups brown and crust red algae as with stratum 1 (0-10 m) and hard substrata. Habitat 2, red algae with stratum 3 (21-30 m) and cobbles substrata. Finally, the habitat 3 does not have algae in stratum 5 (> 40 m) and mixed substrata.

In term of presence of communities in the area, these were structured by habitat building species, which in this case of different seaweed (brown, red and red crustose).

The studied area presents a low diversity of macroinvertebrates species, also a clear dominance of different red and brown seaweed species. Under this scenario, the presence of *Lessonia trabeculata* along the entire latitudinal gradient up to 10 m depth was recorded. However, even presence of large *Lessonia* forests along the whole area, presence of herbivore consumers, was not observed such sea urchin (*Loxechinus albus*).

In general, results showed a bathymetric distribution of species richness, where high diversity was observed on surface stratum, with maximum values in shallows waters.



### 3. INTRODUCCIÓN

Comunidad es un conjunto de poblaciones que habitan un ambiente común y que se encuentran en interacción recíproca. Esta interacción regula el número de individuos de cada población, el número y tipo de especies existentes en la comunidad (Krebs, 1985).

Las comunidades se caracterizan por la suma de interacciones entre especies en un determinado hábitat. La diversidad de las comunidades naturales es un atributo altamente complejo, resultante de la interacción entre múltiples factores físicos y biológicos que pueden estar organizados jerárquicamente tanto en espacio como el tiempo (Ray, 1991; Ricklefs & Schluter, 1993). Se entiende por hábitat como el ambiente que ocupa un organismo o un grupo de organismos y que está descrito por sus características geográficas, físicas, químicas y biológicas (Brower, 1997). Los organismos reaccionan ante una variedad de factores ambientales y sólo pueden ocupar un cierto hábitat cuando los valores de esos factores caen dentro del rango de tolerancia de la especie (Smith and Smith, 2001).

El hábitat total de una comunidad de organismos es el macrohábitat que puede dividirse en unidades más pequeñas denominadas microhábitats, cada una es una parte del hábitat sobre la que se encuentra directamente una población de una especie determinada (Brower, 1997).

La composición de especies, que incluye tanto su número como abundancia relativa, define la estructura biológica de una comunidad. El conjunto de especies que componen la comunidad, se puede determinar cuantificando los individuos de cada especie en una serie de parcelas de muestreo dentro de una comunidad y determinando en que porcentaje contribuye cada uno al conjunto de la comunidad (Nebel, 1999).

La distribución y abundancia pueden ser analizados en los distintos niveles de una población de una sola especie o una comunidad que incluya a muchas especies (Krebs, 1985). La diversidad de especies hace referencia tanto al número de especies (riqueza), como a la abundancia relativa de individuos entre las especies (equitatividad). Estos dos componentes son útiles para determinar la diversidad de especies en una comunidad (Smith and Smith, 2001).

El índice de diversidad de Shannon Wiener (Shannon, 1948), es un indicador ampliamente utilizado para establecer la diversidad de una comunidad. Este índice considera la cantidad de especies presentes en un área determinada (riqueza) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Otro indicador utilizado habitualmente es el índice de dominancia de Simpson (Simpson, 1949), el cual representa la probabilidad de que dos individuos dentro de un hábitat seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie (Underwood, 1998).

La estructura física y biológica de las poblaciones que componen una comunidad, pueden cambiar bruscamente a medida que nos desplazamos por una determinada área, proceso denominado zonación. Los patrones de variación espacial en la estructura de las comunidades o de zonación son comunes en todos los ambientes acuáticos y terrestres (Smith and Smith, 2001). Las condiciones del medio (luz, temperatura, presión, salinidad, etc) y el tipo de sustrato, van cambiando gradualmente con la profundidad y la distancia desde la costa, produciendo modificaciones en la distribución de los organismos bentónicos.

La mayor parte de la biodiversidad marina es residente de los ecosistemas costeros ubicados en la franja litoral entre los 0 y 30 m de profundidad (Fernández., *et al*, 2000). Ambientes intermareales y submareales someros de fondos duros en mares templados y fríos de ambos hemisferios, están dominados por asociaciones de grandes algas pardas de los ordenes

*Laminariales, Durvillaeales y Fucales* (Vásquez, 1992). Por su condición de autótrofos, las algas marinas bentónicas cumplen un rol ecológico fundamental como productores primarios y constituyen la base de las cadenas tróficas en los ecosistemas que habitan. Cumplen además una serie de otras funciones ecológicas no productivas como sustrato, lugar de desove y refugio a muchos peces e invertebrados marinos (Ramírez, 1995). Según Vásquez., *et al*, (2005), se ha registrado un total de 153 taxas de macroinvertebrados asociados a los discos de fijación de *Lessonia trabeculata* provenientes del submareal rocoso del norte de Chile. Las macroalgas bentónicas proveen un hábitat para una gran diversidad de invertebrados marinos (Moreno & Jara, 1984; Dayton, 1985; Nuñez & Vásquez, 1987; Vásquez, 1993; Vásquez & Buschmann, 1997; Vásquez, 2001; Vega, 2005).

Generalmente, los organismos ocupan hábitat o parches dispersos en una matriz de diferentes hábitats. Las densidades de estos hábitat fluctúan debido a procesos aleatorios locales o demográficos y a la dispersión entre hábitat (Hansson, 1991; Harrison, 1991). El entendimiento de los factores que influyen la dispersión entre hábitat es importante para entender de qué modo interactúan las poblaciones locales (Chapman, 2000). Los movimientos a través de los parches determinan los patrones de distribución espacial de diferentes especies y los patrones locales de biodiversidad (Underwood & Chapman 1998).

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. Estudios experimentales han identificado como los individuos se distribuyen con respecto a una amplia gama de factores ambientales como altura de la costa intermareal (Benedetti-Cecchi, 1997; Ríos, 2003; Oyanedel, 2008; Konar, 2009). Así como también organismos de la misma especie moviéndose entre hábitat de estructuras muy diferentes o bien organismos de diferentes especies

moviéndose a través del mismo hábitat (McQuaid, 1981). En este contexto, 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 grupos de organismos. Estos hábitat contienen especies estrechamente relacionadas, las cuales pueden alimentarse de diferentes fuentes de alimento o compartir un mismo recurso. De esta manera, se han desarrollado una amplia variedad de metodologías para la determinación de hábitat (Chapman, 2000). El tipo de sustrato, el gradiente batimétrico y las comunidades asociadas a estas variables, son los principales elementos que se han utilizado para caracterizar el hábitat, particularmente en ambientes costeros marinos (McQuaid, 1981; Underwood, 2004).

Entre los tipos de hábitats, la distinción puede hacerse de acuerdo al tipo de sustrato y comunidades biológicas presentes, del mismo modo las características e influencia del agua permiten una gran variedad de condiciones, que van desde hábitat marinos a estuarinos con sus correspondientes comunidades. A lo largo del gradiente de profundidad, las distintas comunidades caracterizan los hábitats bentónicos de los niveles supramareal, intermareal y submareal; estos a su vez, pueden distinguirse con respecto a su posición en la columna de agua (Jara, 2002).

Se han desarrollado una amplia variedad de metodologías para la determinación de hábitat. Existen métodos basados en el uso de imágenes como por ejemplo el uso de fotografías en áreas de arrecifes de coral para la digitalización de la información y creación de mapas temáticos (Andrew and O'Neill, 2000). También a través de herramientas acústicas para diferentes profundidades y escalas, lo que posibilita detectar diferentes tipos de clase de sustrato (Locker and Wright, 2003).

En los sistemas marinos costeros en particular, tanto en Chile como en otras áreas del mundo, investigar la diversidad ha supuesto un importante desafío científico por la gran extensión y muchas veces poca accesibilidad de algunas áreas litorales (Vasquez, *et al*, 1998).

El mar territorial Chileno y su costa de 6.435 km. reciben la influencia de corrientes marinas de variadas características de temperatura, profundidad y dirección, como también de surgencias, aguas provenientes de profundidades que emergen cuando las aguas superficiales son transportadas, en gran medida, por efecto de la dirección y fuerza de los vientos. Esto, junto a la variada topografía y morfología de nuestro litoral, ha dado origen a diversos ecosistemas y numerosos hábitats que alojan una gran cantidad de especies vegetales y animales, que constituyen la biodiversidad marina y costera (Leiva & Smith 2009).

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 & Johanssen, 1983; Lancelloti & Vázquez, 2000; Camus, 2001).

Para la conservación de los recursos marinos y costeros, Chile ha acordado implementar un modelo de gestión integrador, que responda a las necesidades de todos los sectores de la sociedad, tanto en su participación en el desarrollo, como en el incremento de la calidad de vida de estos. Actualmente en Chile existen Áreas Marinas y Costeras Protegidas (AMCP) 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. La Comisión

Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) incorporó la figura de Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU) en Chile. Entre los años 2003 y 2005 tres AMCP-MU fueron declaradas por el Gobierno mediante Decretos Supremos del Ministerios de Defensa Nacional: a) *Francisco Coloane* en la Región de Magallanes, b) *Lafken Mapu Lahual* en la Región de los Lagos y c) *Isla Grande de Atacama* en la Región de Atacama (Badal, 2007). Las AMCP-MU son enunciadas en el Protocolo para la Conservación y Administración de las AMCP del Pacífico Sudeste (1989) de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) de la cual Chile es parte.

A modo de comparación se describe la biodiversidad presente en cada una de estas áreas, donde el AMCP-MU *Isla Grande de Atacama* (27° 10`S) se ubica al Sur de la Bahía Inglesa, Región de Atacama. En el área se pueden distinguir numerosas comunidades o asociaciones bentónicas. Para el intermareal se observaron 5 comunidades/asociaciones: *Porphyra columbina-Nodilittorina peruviana*, *Hidenbrandtia sp- N. peruviana*, *Ulva sp- Gelidium sp, N. peruviana-Jehlius cirratus* y comunidad de *Lessonia nigrescens*. Para el submareal rocoso se distinguieron 7 comunidades/asociaciones principales: Fondos blanqueados someros, Fondos blanqueados profundos, Comunidad de *Lessonia*, Algas erectas, *Phragmatopoma*, Cirripedios y Piures (Vásquez, 2002; Gaymer, *et al*, 2007; Rojas, 2007). La parte marina incluye variados ecosistemas costeros, intermareales y submareales representativos de la región de transición templada del sistema de la Corriente de Humboldt.

Por su parte el AMCP-MU *Francisco Coloane* (72°09'36''S, 53° 40'24''W), se encuentra al Sudoeste de Punta Arenas, comprende la Isla Carlos III y los fiordos y canales contiguos entre el Paso Tortuoso y el Este de las Islas Charles. Dentro del Área las comunidades bentónicas submareales de los sectores más protegidos asociados a fondos duros están estructuradas por exuberantes bosques de huiro (*Macrocystis pyrifera*), mientras que en los sectores más expuestos

las comunidades bentónicas están estructuradas por praderas de cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) y *Lessonia nigrescens* en la zona intermareal y por *Lessonia flavicans* en la zona submareal. También se encuentran más de veinte especies de peces, entre los que se pueden destacar, el puye (*Galaxias maculatus*), róbalo (*Eleginops maclovinus*), sardina (*Sprattus fueguensis*), merluza austral (*Merluccius australis*), congrio dorado (*Genypterus blacodes*); y algunos crustáceos como centolla (*Lithodes santolla*) y langostino de los canales (*Munida sp*) (Cornejo & Kusch 2009). Una situación particular, constituye la presencia de la ballena jorobada en el Área Protegida entre noviembre y mayo, durante su período de alimentación. En el área, se reconoce actividades extractivas de erizo (*Loxechinus albus*) y de centolla (*Lithodes santolla*), aunque es probable que la presencia de fenómenos de floraciones algales nocivas no incentiven el desarrollo de actividades extractivas en el área (Guzmán, *et al*, 2007).

El área analizada fue el AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual* (40° 40'S). Esta se localiza en el borde costero de la Comuna de Río Negro, Provincia de Osorno y está inserta en la zona de transición entre las 2 principales regiones biogeográficas de la costa de Chile (Fernández, *et al*, 2000). La diversidad de esta zona fue caracterizada antes de este estudio 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, hidrozoos y ascidias. Por su parte, los bosques de *Lessonia trabeculata* entre los 7 y 10 m, son un componente importante de este sistema.

Esta tesis esta enmarcada dentro del proyecto “Conservación de la biodiversidad de importancia mundial a lo largo de la costa de Chile” y tiene como objetivo identificar comunidades y la asociación de estas con los hábitat presentes en el ecosistema del AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual*. La determinación de los posibles hábitat, será abordado a través de la caracterización física del sector (estrato y tipo de sustrato), la distribución y cobertura de los grupos de algas presentes (pardas, rojas y roja crustosa), en función de los índices de diversidad y dominancia de invertebrados, de Shannon Wiener y Simpson respectivamente.



## **4. HIPOTESIS**

La riqueza y abundancia de especies bentónicas es similar en los distintos hábitats que se presentan en el Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU), *Lafken Mapu Lahual*.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general:**

Determinar riqueza, abundancia relativa y distribución de las especies bentónicas en los diferentes hábitats en el AMCP-MU, *Lafken Mapu Lahual* en la Región de los Lagos.

### **5.2 Objetivos específicos:**

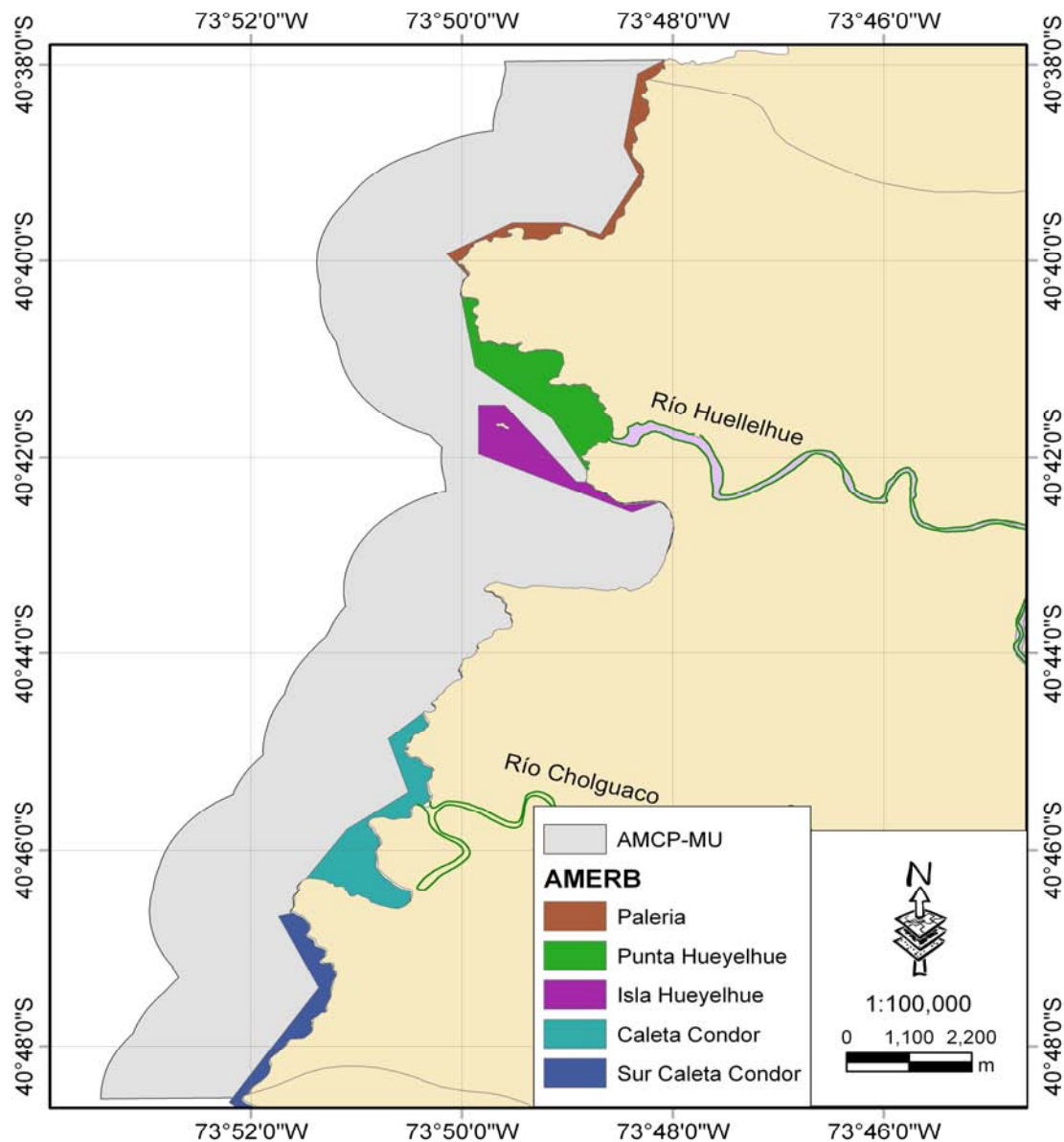
- 1- Determinar la abundancia, riqueza y distribución de las especies bentónicas presentes en el AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual*.
- 2- Identificar los distintos tipos de hábitat presentes en el AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual*.
- 3- Caracterizar las comunidades asociadas a cada uno de los hábitats identificados en el AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual*.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Área de estudio

El Área Marina Costera 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. Se extiende por 32 km de costa entre Punta Tiburón ( $40^{\circ}37'41.31''S$ ) y Punta Lobería ( $40^{\circ}48'15.41''S$ ), y a 4 millas náuticas al sur de la Caleta y puerto de desembarque artesanal de Bahía Mansa. La porción marina del AMCP-MU se extiende una milla náutica mar adentro desde la línea de más alta marea (Fig. 1). Al interior del AMCP-MU existen cinco Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs) (Palería, Punta Hueyelhue, Isla Hueyelhue, Caleta Cóndor, Sur Caleta Cóndor) (Fig. 1). Al interior del AMCP-MU desembocan el Río Huellehue y el Río Cholguaco configurando dos ambientes estuarino dentro del área. 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 de una termoclina en los primeros metros de profundidad. La concentración de oxígeno, presenta valores cercanos a 10 mg/L en superficie, con una disminución gradual a mayor profundidad (CENDHOC, SHOA). Además el área presenta un rango mareal cercano a los 2 m.

## Áreas de Manejo AMERB AMCP MU Lafken Mapu Lahual



**Figura 1:** Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs), existentes en el Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU) *Lafken Mapu Lahual*, Comuna de Río Negro, Región de los Lagos.

## 6.2 Recolección de datos

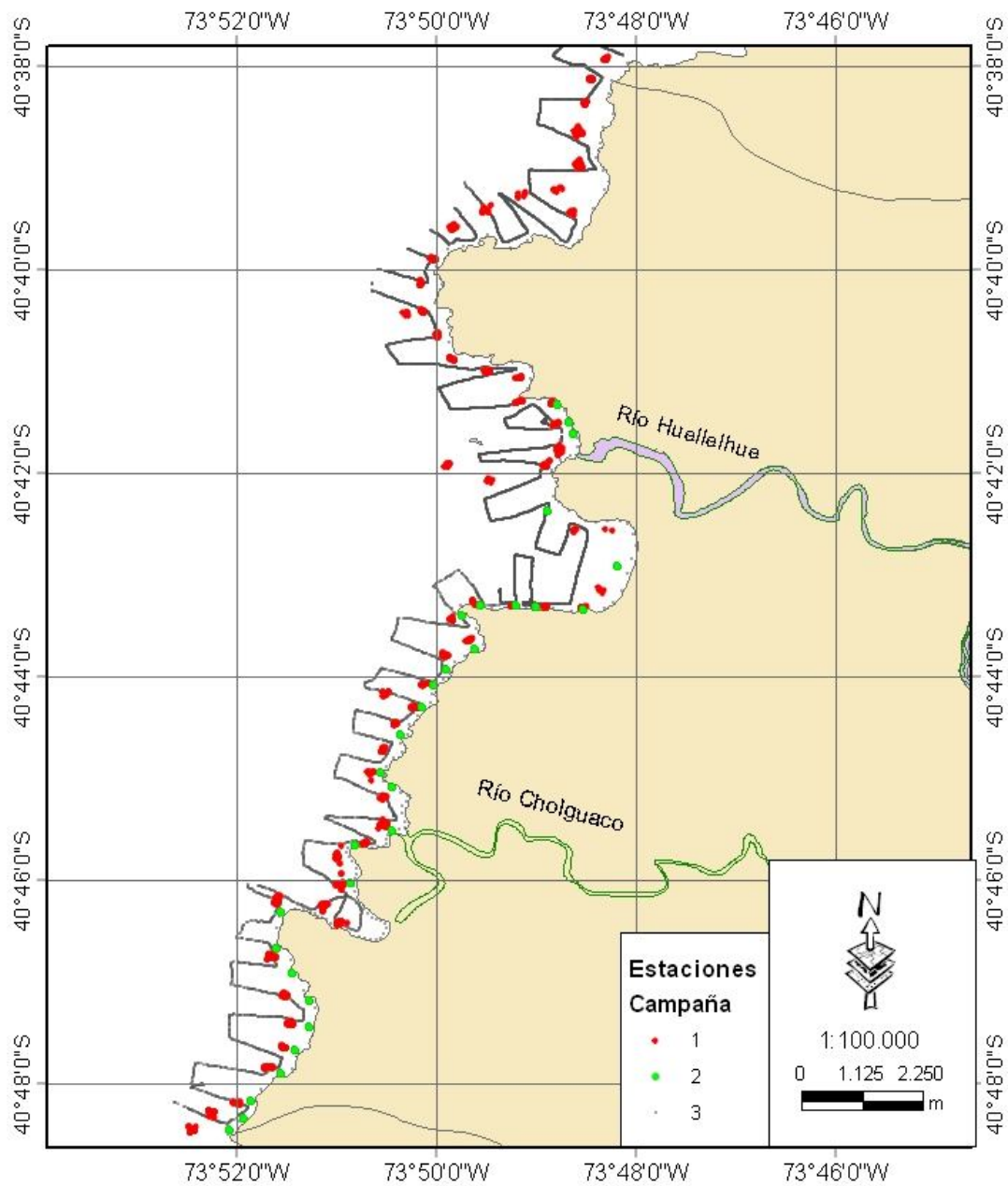
La recolección de información al interior del AMCP-MU fue realizada a través de 3 campañas. La primera campaña de recolección de datos se realizó entre el 30 de Noviembre y 5 de Diciembre de 2008. Se realizaron 56 estaciones de muestreo separadas cada 400 m y distribuidas de Sur a Norte a lo largo de toda el área. Cada estación de muestreo consistió en el registro de filmaciones (formato mpej) 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 una 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, 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.

Una segunda campaña de recolección de datos al interior del AMCP-MU fue realizada entre el 27 y 30 de Mayo de 2009. Se recolecto información en 3 de las 5 AMERBs existentes en el área (Sur Caleta Cóndor, Caleta Cóndor, Punta Huellelhue) (Fig. 1). Las 2 organizaciones restantes (Isla Huellelhue y Palería) no estuvieron de acuerdo en el ingreso a sus áreas de trabajo. Se realizaron 31 estaciones de muestreo, distribuidas entre Punta Lobería (Sur) y Punta Palería (Norte). El muestreo se realizó con apoyo de un equipo de buceo semiautonomo liviano. El buzo realizó una filmación con una cámara submarina Sea Viewer modelo Sea Drop 950 en tres transectos con una longitud de 50 m cada una. Los 3 transectos 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 transecto y se obtuvo un estimado del área recorrida por observación de las burbujas dejadas por el buzo.

Finalmente una tercera campaña de recolección de datos se realizó entre el 24 y 27 de Julio de 2009, la cual consistió en 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). Los datos se obtuvieron recorriendo transectos de 800 m de largo perpendiculares a la línea de costa, las que fueron complementadas por transectos de 400 m paralelos a la línea de costa a una velocidad no superior a 5 nudos. Los transectos se dispusieron sobre las estaciones de muestreo realizadas en las dos primeras campañas, con el objetivo de comparar el resultado de la señal acústica entregada por el QTC con las imágenes del fondo marino obtenidas en las campañas anteriores (Fig. 2).

## Campañas Recolección de Información AMCP MU Lafken Mapu Lahual



**Figura 2:** Campañas de recolección de información en el AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual*.

### 6.3 Análisis de datos

A partir de las imágenes obtenidas en las filmaciones se realizó un análisis de cobertura promedio de las especies por estación. La abundancia relativa se evaluó para los distintos grupos de invertebrados encontrados. El índice de diversidad utilizado fue el de Shannon Wiener y el Índice de dominancia de Simpson. Estos índices fueron estimados por estaciones (Anexo, tabla 6), de acuerdo a las siguientes relaciones:

Índice de Shannon Wiener

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

$H'$  = Índice de Shannon Wiener

$S$  = número de especies

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

Índice de Simpson

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

$D$  = índice de dominancia de Simpson

$S$  = número de especies

$N$  = total de organismos presentes

$n$  = número de ejemplares por especie

Para la evaluación del gradiente vertical en la distribución de especies, la información fue agrupada en cinco estratos de profundidad: 1) 0-10 m, 2) 11-20 m, 3) 21-30 m, 4) 31-40 m y 5) mayor a 40 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 ultimo, se utilizó el porcentaje de similitud (SIMPER) para obtener la contribución de las especies a la similitud encontrada al interior del grupo y la disimilaridad entre los grupos. Para esto se utilizó el Software *PRIMER-E 5*.

La caracterización física del fondo marino fue evaluada a través de dos metodologías. La primera consistió en el procesamiento de las filmaciones recolectadas durante las dos primeras campañas. Se seleccionaron de 5 a 10 cuadros del campo visual de la cámara cada 30 segundos. Para cada cuadro se registró el tipo de sustrato presente y se identificaron y cuantificaron los invertebrados presentes. Además se obtuvo un estimado de la cobertura algal, esto al superponer sobre cada cuadro una grilla con 50 cuadros (10 x 5) para que se contabilizará el número de cuadrantes ocupados, lo que entrego la estimación de cobertura. 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 del tipo de sustrato.

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

Un segundo método utilizado para la caracterización del sustrato fue a través de señales acústicas obtenidos por el QTC. Estos datos fueron sometidos a un análisis de componentes principales (PCA). Este procedimiento reduce la descripción digital del eco a tres factores (Q1, Q2, Q3), correspondientes a las coordenadas de los tres primeros ejes del PCA. Posteriormente, la matriz de datos se sometió a un análisis de Auto-Cluster, 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 es mínima (QTC-IMPACT, 2004).

Para la identificación de las unidades biológicas (grupos de especies) se aplicó un análisis de cluster jerárquico al set de datos utilizando el método de Ward (Legendre and Legendre 1998). Luego para la validación de este, se aplicó la medida de criterio interno denominada Silhouette (Rousseeuw, 1987; González, 2005). Para un cluster dado este método asigna a cada objeto del cluster una medida cuantitativa  $s(i)$ , conocida como el “ancho silhouette”. Este ancho de Silhouette indica la correspondencia de un objeto  $i$  en el cluster que este ha sido asignado. El índice varía entre  $-1 < s(i) < 1$ . 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. Los análisis se realizaron utilizando la librería Cluster de *R* 2.8.0 (Crawley, 2007). Las unidades biológicas clasificadas se desplegaron, usando las estaciones de muestreo como unidad geográfica básica, en un Sistema de Información Geográfico (SIG) utilizando el software *Arc Gis* 9.3.

Para la determinación de los posibles hábitats, se relacionaron las variables físicas del sector (estrato y tipo de sustrato), con la distribución y cobertura de los grupos de algas (pardas, rojas y roja crustosa), en función del índice de diversidad Shannon Wiener y de dominancia de Simpson de los invertebrados. Esto fue evaluado a través de un Análisis de Correspondencia Múltiple usando el software *STATISTICA* 6.0.

Para la identificación de las comunidades asociadas con cada hábitat. Se agruparon las variables que entrego el análisis de correspondencia múltiple del índice de Shannon Wiener (Fig. 9). Luego se filtraron y agruparon las variables que definieron a cada hábitat, para identificar las especies existentes en cada uno, así como también las coberturas algales y el número de invertebrados presentes.

## 7. RESULTADOS

**7.1 Objetivo 1:** Determinar la abundancia, riqueza y distribución de las especies bentónicas presentes en el AMCP-MU.

En el área muestreada se encontraron un total de 48 especies distintas (Anexo, tabla 7), de las cuales 19 corresponden a algas (*Rhodophyta*, *Phaeophyta*), 9 a *Mollusca*, 5 a *Cnidaria*, 3 a *Porifera*, 2 a *Crustacea*, 7 a *Equinodermata*, 1 a *Polichatea* y 2 a la Ictofauna del sector. De las especies encontradas las más frecuentes correspondieron a las algas *Lessonia trabeculata* y *Messophillum sp.*, ambas encontradas sobre sustrato duro entre 0-20m de profundidad y las algas rojas *Rhodymenia sp.* y *Callophyllis sp.* encontradas sobre sustrato duro entre 0-30m de profundidad. Estas 4 especies se distribuyen a lo largo de todo el gradiente latitudinal del área estudiada. Por otro lado, no se observó presencia de ningún tipo de macroalga en el sustrato blando (Arena).

Entre los invertebrados, las estrellas de mar *Stichaster striatus* y *Meyenaster gelatinosus* fueron las más abundantes con una distribución a lo largo de toda el área investigada. Además, se pudo observar escasa presencia de invertebrados de importancia comercial como *Concholepas concholepas* (loco), *Fissurella sp.* (lapa) y *Loxechinus albus* (erizo).

La riqueza de especies varió entre 0 y 12 por estación. La diversidad de especies H' (Shannon Wiener) por estación varió entre 0 y 1,23 con un promedio de 0,37 mientras que la dominancia D (Simpson) varió entre 0 y 1 con un promedio de 0,69.

El Escalamiento Multidimensional no Métrico (nMDS) mostró una relativa similaridad entre los grupos de estratos, salvo el estrato 5 (> a 40m) (Fig. 3). El análisis de similaridad (ANOSIM) mostró los valores más altos de disimilitud en los estratos > 40 m y 0-10 m (R=0,94);

> 40m y 11-20 m (R=0,76); 31-40 m y 0-10 m (R=0,77) y > 40 m y 21-30 m (R=0,73) (Tabla 1). El análisis de similitud porcentual (SIMPER) mostró que la similitud al interior del estrato 0-10 m esta dado por las algas *Lessonia trabeculata* y *Messophyllum sp* con una contribución del 79,12%. En el estrato 11-20 m tres especies de macroalgas, como *Rhodymenia sp*, *Callophyllis sp* y *Lessonia trabeculata* contribuyeron con el 70,57%. En el estrato 21-30 m la similaridad esta dada por las algas rojas *Rhodymenia sp*, *Callophyllis sp* y *Messophyllum sp* con una contribución total del 83,81%. En el estrato 31-40 m la similaridad esta dada por el alga *Rhodymenia sp*, *Callophyllis sp* con una contribución del 78,95%. Finalmente el estrato mayor a 40 m posee una similaridad del 30,73%, dada por *gorgonaceo* y el coral *Bathiciatus caleuchis* con una contribución del 64% y 35% respectivamente (Tabla 2). Para el estrato mayor a 40 m se observaron los mayores porcentajes de disimilitud con respecto a los otros 4 estratos dado principalmente por la ausencia de macroalgas.

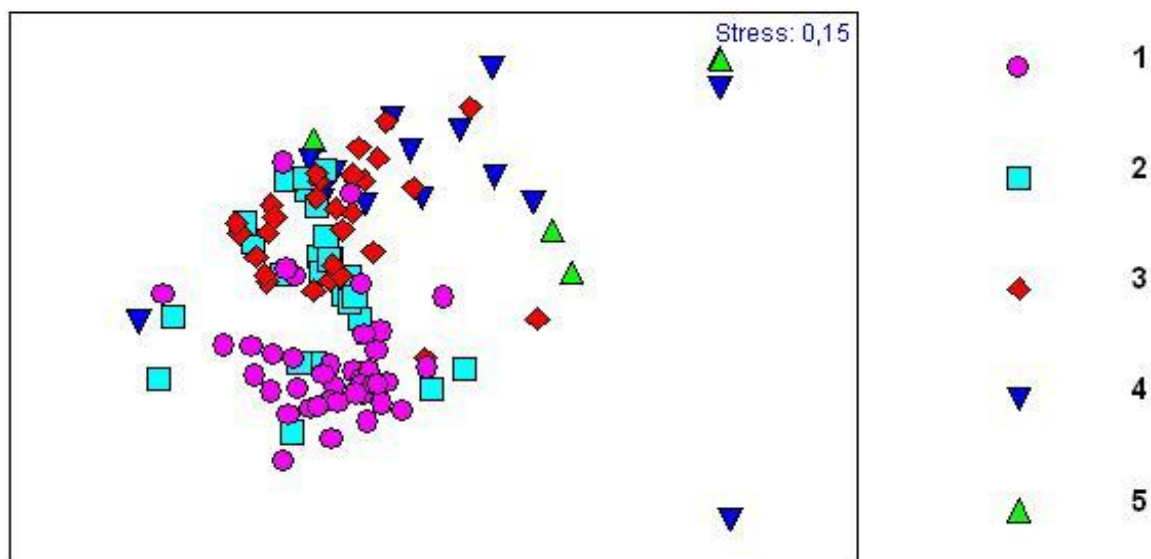
**Tabla 1:** Resumen del análisis de similitud (ANOSIM) para los diferentes estratos.

Grupos	Estratos	Estadístico R	Nivel de significancia (SL%)
5-4	> 40, 31-40 m	0,26	2,9
5-3	> 40, 21-30 m	0,73	0,1
5-2	> 40, 11-20 m	0,76	0,1
5-1	> 40, 0-10 m	0,94	0,1
4-3	31-40, 21-30 m	0,23	0,8
4-2	31-40, 11-20 m	0,36	0,1
4-1	31-40, 0-10 m	0,77	0,1
3-2	21-30, 11-20 m	0,07	1
3-1	21-30, 0-10 m	0,54	0,1
2-1	11-20, 0-10 m	0,23	0,1

**Tabla 2:** Resumen del análisis de similitud porcentual (SIMPER).

Grupo	Estrato	Especie	Aporte de similitud (%)	Contribución (%)
1	0-10 m	<i>Lessonia trabeculata</i>	43,22	79,12
		<i>Messophyllum sp.</i>	35,89	
2	11-20 m	<i>Rhodymenia sp, Callophyllis sp</i>	40,49	70,57
		<i>Lessonia trabeculata</i>	30,08	
3	21-30 m	<i>Rhodymenia sp, Callophyllis sp</i>	70,57	83,81
		<i>Messophyllum sp.</i>	13,24	
4	31-40 m	<i>Rhodymenia sp, Callophyllis sp</i>	78,95	78,95
5	> 40 m	<i>Gorgonaceo</i>	64,44	100
		<i>Coral Bathiciatus caleuchis</i>	35,56	

### ESTACIONES DE MUESTREO AGRUPADAS POR ESTRATO



**Figura 3:** Escalamiento Multidimensional no Métrico (nMDS) para la cobertura promedio de especies por estación. Las estaciones se presentan en función del factor estrato de profundidad.

## 7.2 Objetivo 2: Identificar los distintos tipos de hábitat presentes en el AMCP-MU.

En general el análisis de las filmaciones cuadro a cuadro mostró que el tipo de sustrato predominante en el área es “Duro”, compuesto por planchones de roca, lo cual es más acentuado sobre los 10 de profundidad. Al realizar el análisis por estrato de profundidad se observó que en los 3 primeros estratos las muestras indican una alta presencia de sustrato “Duro” (96,1%; 89,3% y 81,9%, respectivamente). En los estratos 31-40m y mayor a 40 m de profundidad la composición del fondo comienza a presentar una mayor presencia de sustratos “Blando” y “Mixto”. Bajo 40 m de profundidad predomina el sustrato “Mixto” (60,8%) (Tabla 3).

**Tabla 3:** Tipo de sustrato predominante por estrato de profundidad, determinados a través del análisis de filmaciones. Valores se entregan en porcentaje de cuadros analizados.

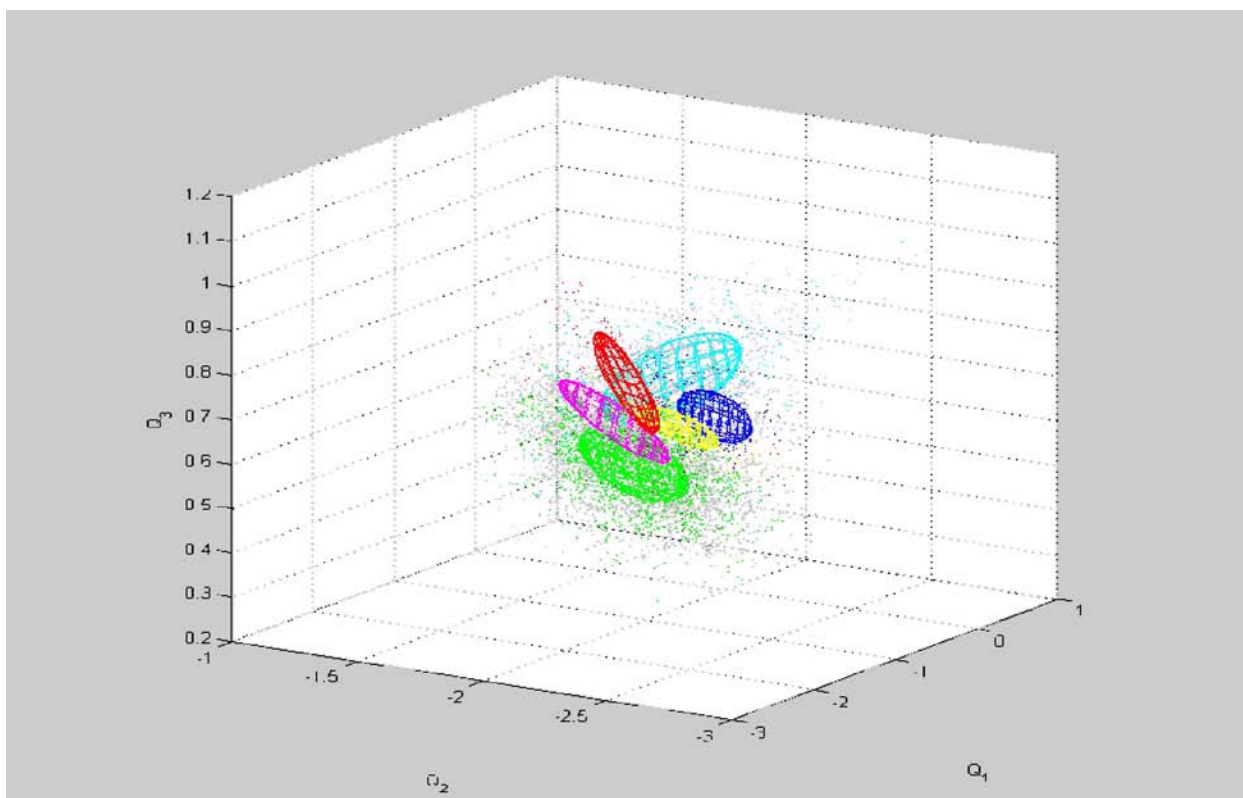
Sustrato	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	> 40 m
Blando	2,5%	2,5%	2%	8,2%	7,6%
Bolon	0%	0%	2,4%	7,5%	0%
Duro	96,1%	89,3%	81,9%	45,3%	31,6%
Mixto	1,4%	8,2%	13,7%	39%	60,8%

La caracterización del fondo marino a través de señales acústicas obtenidas por el QTC, mostró la existencia de un patrón general caracterizado por un mosaico compuesto por diferentes clases de sustratos. Sin embargo, al realizar el análisis de Auto-Cluster a través del procesamiento de 7.000 registros este determinó la existencia de 6 clases de sustratos (Fig. 4). Al cruzar esta información con las imágenes de las filmaciones se observó que el sustrato predominante en el área corresponde a un sustrato blando compuesto por arena gruesa, que representa 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 a un 13 %, también el análisis determinó la existencia de otras dos clases de sustrato blando,

compuestos por arena fina, que en su conjunto abarcan un 6%. Sin embargo, el análisis los diferenció por su morfología (fondo plano y fondo ondeado) (Fig. 5; Tabla 4).

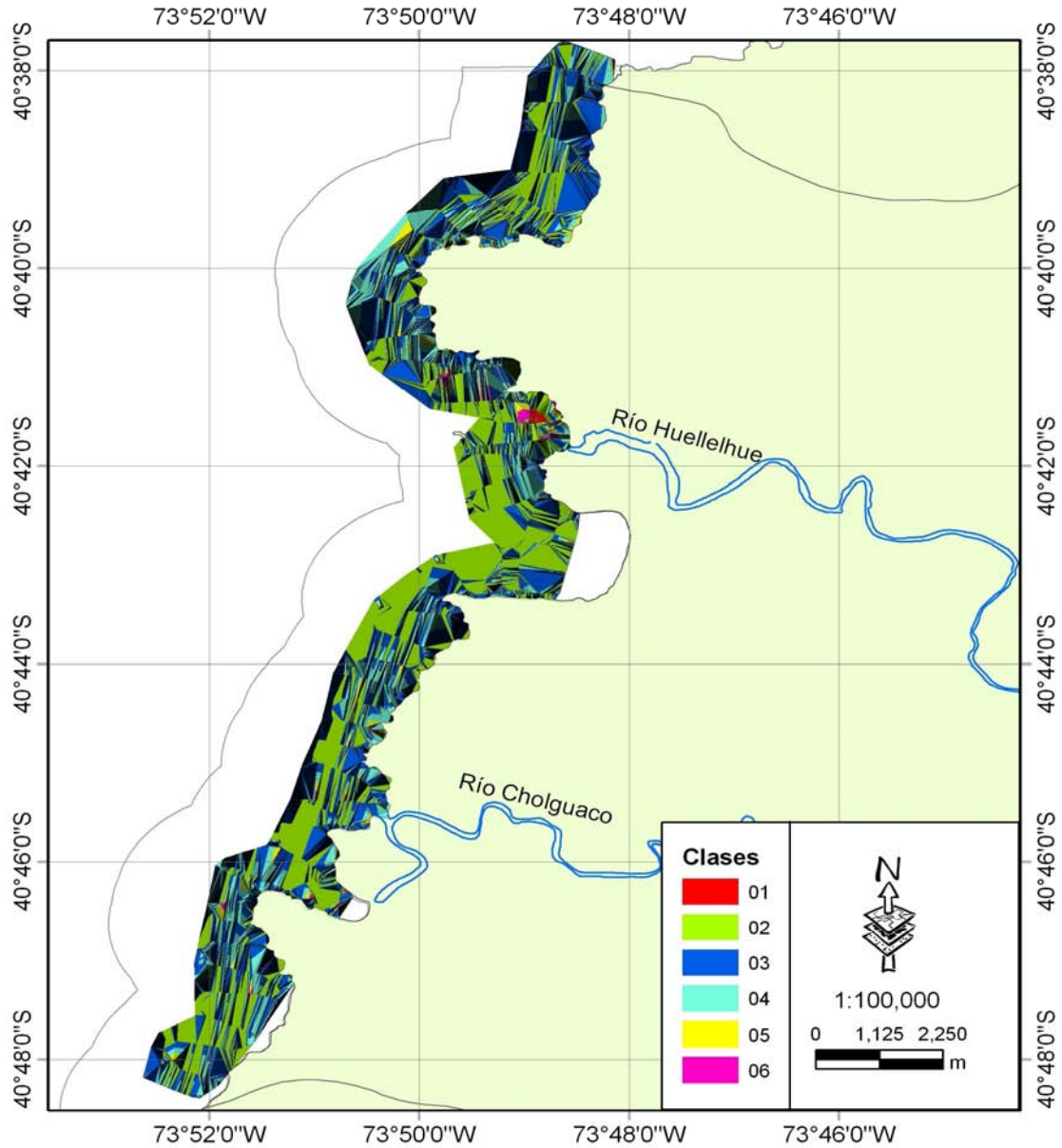
**Tabla 4:** Tipo de sustrato predominante determinados a través de señales acústicas con QTC VIEW 5.5. Valores se entregan en número de registros finales de clasificación.

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



**Figura 4:** Coordenadas de los tres primeros ejes del PCA (Q1, Q2, Q3). Clases de sustratos definidos por el Análisis de Auto-Cluster, a través de los registros obtenidos por el QTC.

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



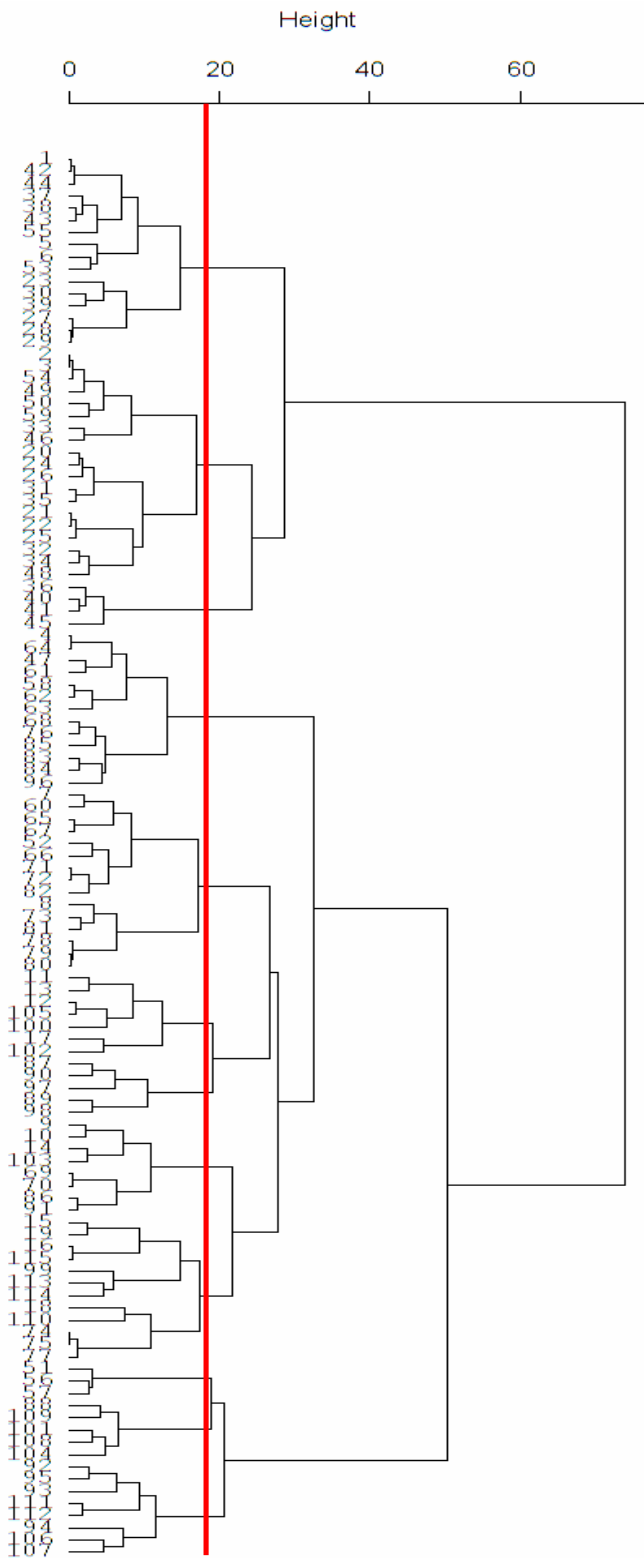
**Figura 5:** Distribución de las clases de sustratos existentes al interior del AMCP –MU *Lafken Mapu Lahual* identificadas a través de señales acústicas con el QTC VIEW 5.5.



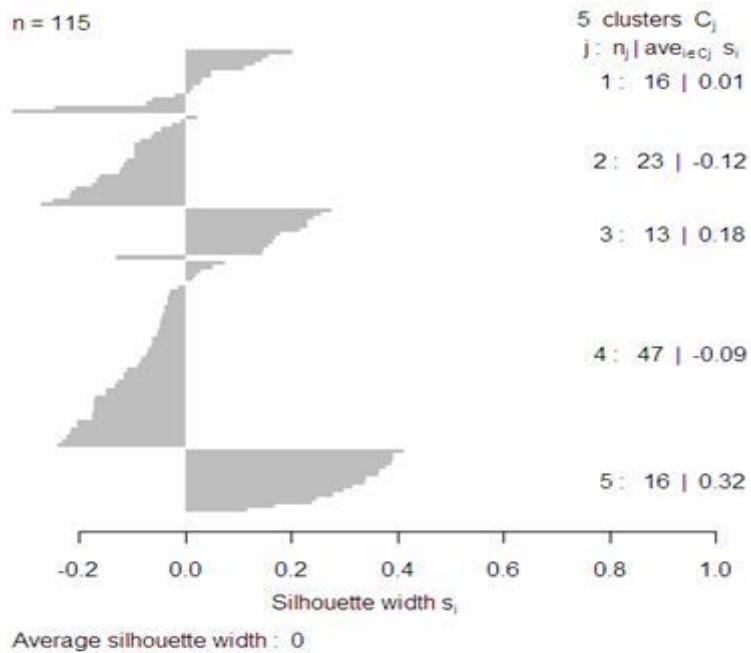
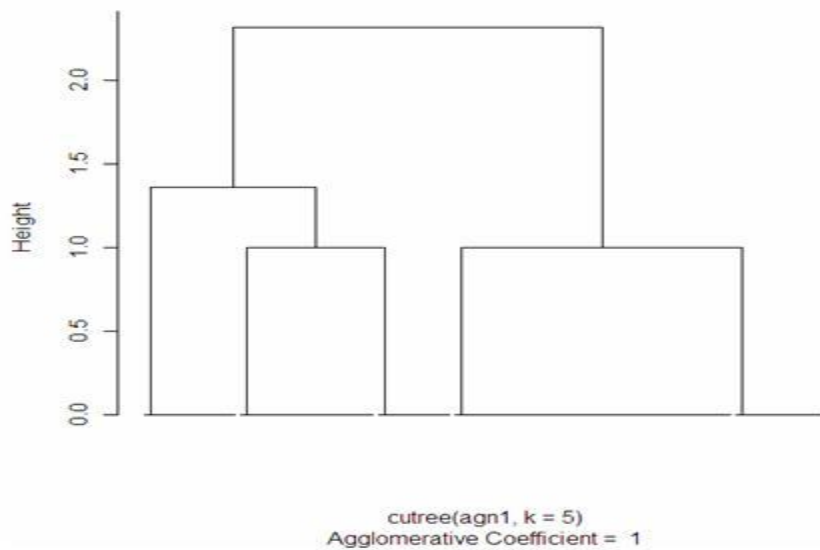
La clasificación general de unidades biológicas asociadas a las estaciones de muestreo, resultó en al menos 12 conglomerados (Fig. 6). Para este análisis fueron eliminadas 17 estaciones que no presentaban especies. El análisis para la validación de los conglomerados mostró que al utilizar las especies muestreadas por cada estación (las estaciones fueron clasificadas por rango de profundidad) la clasificación en 5 cluster (Fig. 7 A), fue la que entregó el mayor ancho de Silhouette (0.0), por lo que se seleccionó esta clasificación, esto de acuerdo a la descripción del método Silhouette es una clasificación dudosa, por lo tanto no es claro si los clusters han sido bien asignados. Hay que destacar que 3 de estos cluster entregaron anchos de Silhouette positivos (cluster 1, 3 y 5) (Fig. 7 B). La clasificación agrupó 16 estaciones en la primera categoría con un ancho de Silhouette de 0,01; 23 estaciones en la segunda, 13 estaciones en la tercera con un ancho de Silhouette de 0,18; 47 estaciones en la cuarta y 16 estaciones en la quinta categoría, esta fue la que entregó el mayor ancho de Silhouette con 0,32. La segunda y cuarta categoría entregaron anchos de Silhouette negativos (-0,12; -0,09), por lo que en este caso se puede concluir que estos clusters han sido mal asignados.

La clasificación de las estaciones se desplegó en Arc Gis 9.3. (Fig. 8). El Cluster 1 se caracterizó por estaciones con abundante *Callophyllis sp* y *Rhodymenia sp*, con una cobertura promedio del 13,2% en el estrato 4 (31-40m) y *Lessonia trabeculata* en menor abundancia pero con mayor cobertura 43,2% en el estrato 1 (0-10m). El Cluster 2 presentó las algas rojas *Rhodymenia sp* y *Callophyllis sp* con una cobertura del 35,35% y el alga roja crustosa *Messophyllum sp* con un 11,82% en los estrato 1 y 2 (0-10m, 11-20m). El Cluster 3 fue dominado por *Rhodymenia sp* y *Callophyllis sp* con un promedio de cobertura del 46,6% y *Messophyllum sp* con un 8,45% respectivamente. El Cluster 4 presentó las algas *Messophyllum sp* con una cobertura del 15,65% en el estrato 1 (0-10m), *Rhodymenia sp* y *Callophyllis sp* con un 33% de

cobertura en el estrato 2 y 3 (11-20m, 21-30m) y *Lessonia trabeculata* con 31,1% de cobertura en el estrato 1 y 2 (0-10m, 11-20m), además de los invertebrados *Clionaopsis platei* (Esponja amarilla) y *Stichaster striatus* en el estrato 1 (0-10m). Finalmente el cluster 5 fue dominado por el estrato 1 (0-10m) con la presencia de las algas *Gigartina skotbergii*, *Messophyllum sp* y *Lessonia trabeculata* con una cobertura del 20,61%, 51,16% y 38,84% respectivamente, además de los invertebrados *Clionaopsis platei* y las estrellas *Meyenaster gelatinosus* y *Strichaster striatus*.

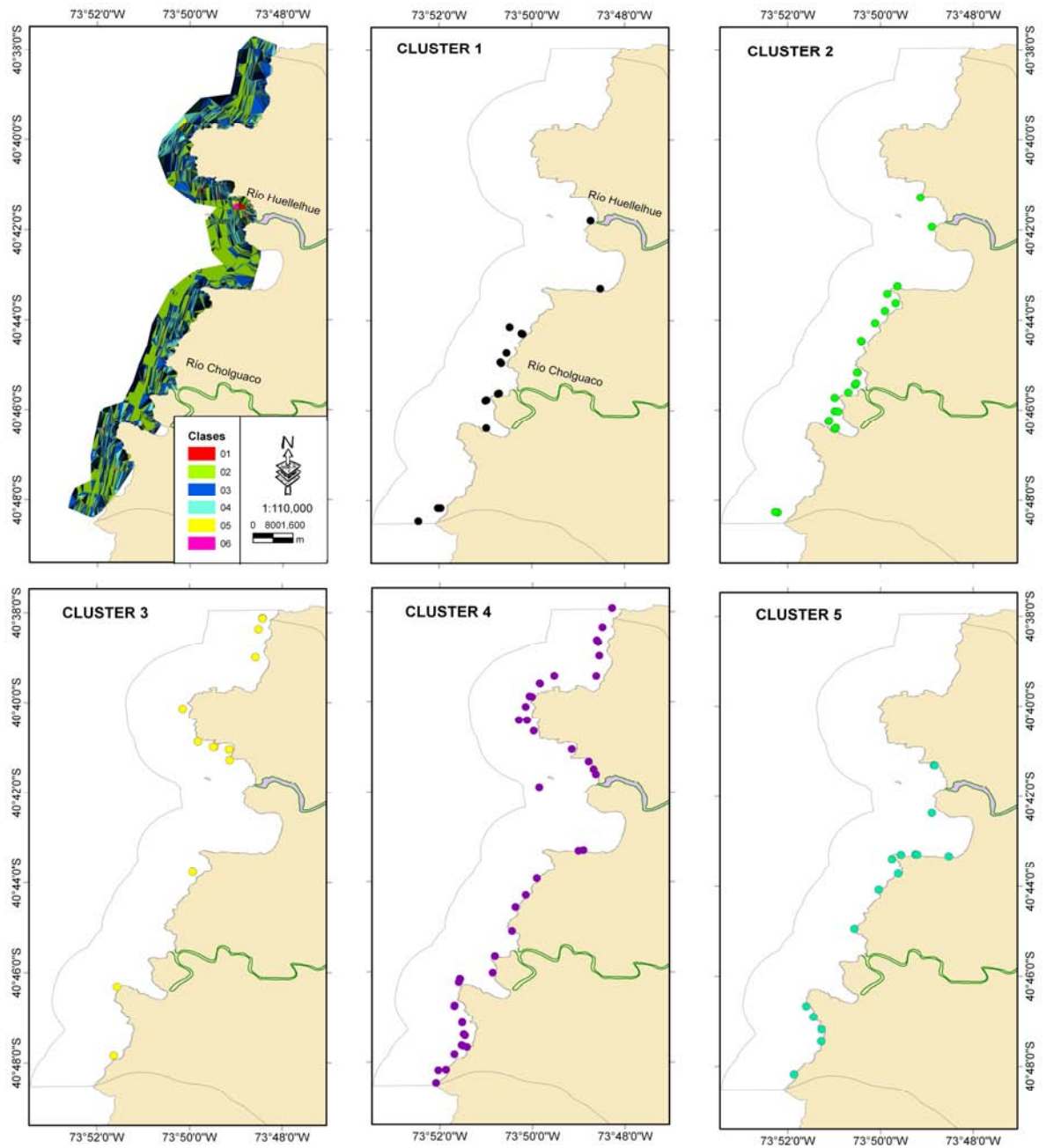


**Figura 6:** Clasificación general de estaciones en función de la cobertura de especies. Conglomerados obtenidos (12) a través del análisis de cluster jerárquico asociado a las estaciones de muestreo (—).



**Figura 7:** A) Resultado de la clasificación de 5 conglomerados de estaciones de muestreo en función de las especies encontradas. B) Resultado de la validación de los 5 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 ( $ave_{i \in C_j} s_i$ ).

**Distribución de las unidades biológicas clasificadas y su relación con el tipo de sustrato**  
**AMCP MU Lafken Mapu Lahual**



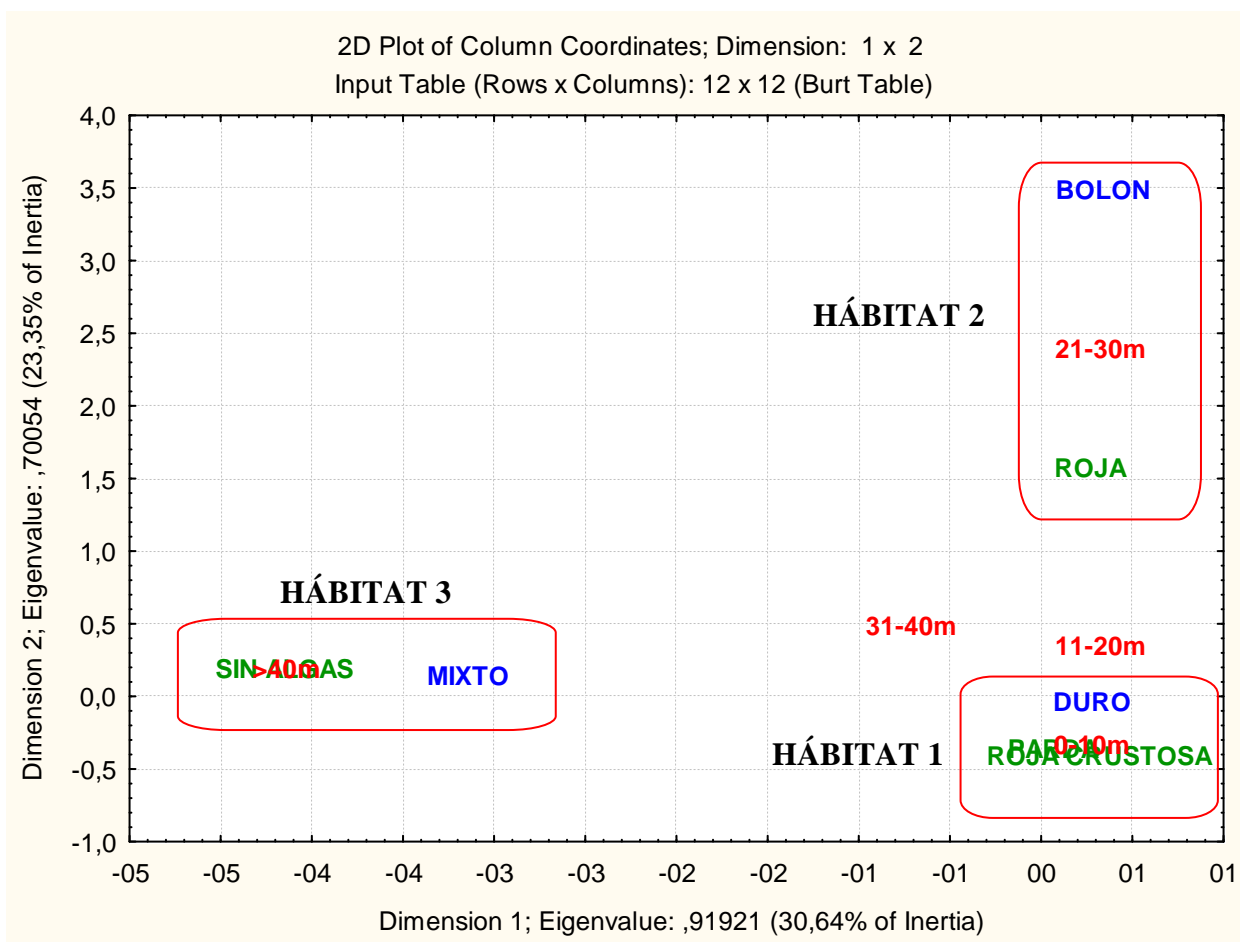
**Figura 8:** Distribución de las unidades biológicas y su relación con el tipo de sustrato clasificado en el AMCP-MU.

El Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) utilizando el Índice de Shannon Wiener como variable de respuesta mostró que las dos primeras dimensiones explican el 53,99% de varianza total (Fig. 9). La dimensión 1 (30,64% de la variabilidad) muestra un gradiente en función de la variable grupos algales. Se observa que el grupo que no poseía algas presentó mejor relación con el estrato mayor a 40 m y sustrato mixto. Mientras que el grupo de las algas pardas y roja crustosa presentó una estrecha relación con el estrato 0-10 m y el sustrato duro. Finalmente que el grupo de las algas rojas no presentó buena relación con las demás variables (estrato y sustrato), debido a que los mayores índices de biodiversidad de invertebrados no tuvieron relación con las mayores coberturas de este grupo de algas. La dimensión 2 (23,35% de la variabilidad) mostró un gradiente en función de la variable estratos debido a que los mayores índices de biodiversidad de los invertebrados se presentaron en los dos primeros estratos (0-10, 11-20 m) con el sustrato duro y los grupos de algas pardas y roja crustosa. El estrato 3 y 4 (21-30, 31-40 m) no presento buena relación con las variables analizadas, producto de bajos índices de biodiversidad y finalmente el estrato 5 (> a 40 m) se agrupo con el grupo que no presentó algas, este con un muy bajo índice de biodiversidad.

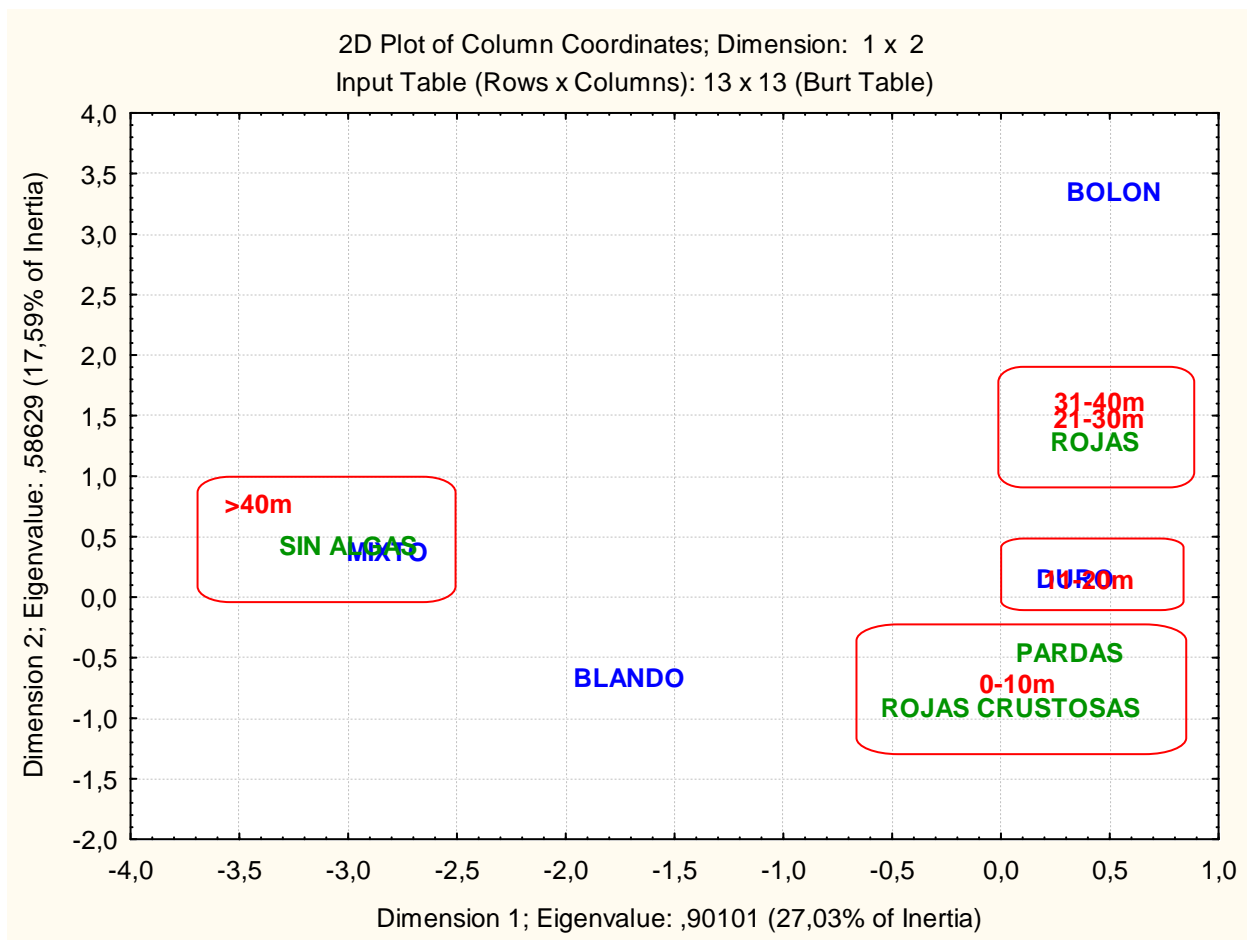
Para el ACM utilizando el Índice de dominancia de Simpson como variable de respuesta mostró que las dos primeras dimensiones explican el 44,62% de la varianza total (Fig. 10). La dimensión 1 (27,03% de la variabilidad) muestra un gradiente en función de la variable del sustrato. Se observa que el sustrato mixto presentó buena asociación con el estrato mayor a 40 m y el grupo que no presentó algas. De este mismo modo el sustrato duro se asoció con el estrato 2 (11-20 m) y los sustratos blando y bolón, no presentaron buena relación con las demás variables debido a que estos presentaron muy baja o casi nula diversidad de invertebrados. La dimensión 2 (17, 59% de la variabilidad) mostró un gradiente en función del estrato, donde el estrato 1 (0-10

m) se asoció con los grupos de algas pardas y roja crustosa, el estrato 2 (11-20 m) se asoció con el sustrato duro. El estrato 3 y 4 (21-30, 31-40 m) presentaron una mejor asociación con el grupo de algas rojas. Mientras el estrato 5 (> a 40 m) se asoció de mejor manera al grupo que no poseía algas y al sustrato mixto.

A través de los análisis realizados se pudo establecer la presencia de 3 hábitats (Fig. 11): donde el hábitat 1 agrupa a la algas pardas y roja crustosa con el estrato 1 (0-10 m) y el sustrato duro. El hábitat 2 agrupo a las algas rojas con el estrato 3 (21-30 m) y el sustrato bolón. Finalmente el hábitat 3 presentó el grupo que no poseía algas con el estrato 5 (> a 40 m) y el sustrato mixto (Tabla 5).



**Figura 9:** Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM), para el Índice de Shannon Wiener.



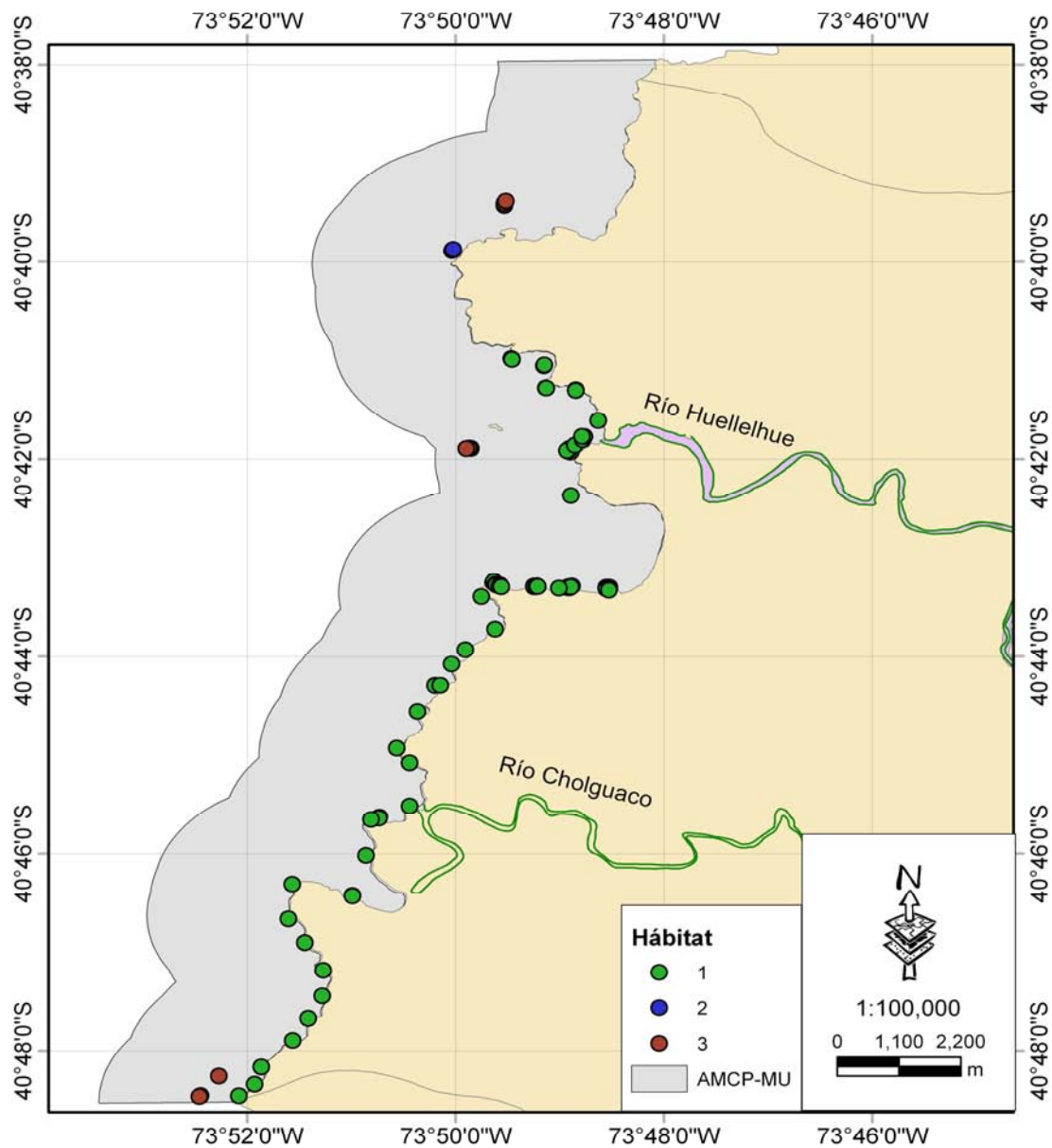
**Figura 10:** Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM), para el Índice de Simpson.

**Tabla 5:** Hábitat definidos en el AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual*.

Hábitat	Estrato	Sustrato	Especie	Cobertura	Contribución
1	0-10 m	Duro	<i>Lessonia trabeculata</i>	42,6%	43,22%
			<i>Messophyllum sp.</i>	32,3%	35,89%
2	21-30 m	Bolon	<i>Rhodymenia sp, Callophyllis sp</i>	36%	70,57%
3	> 40 m	Mixto	<i>Gorgonaceo</i>		64,44%



## Hábitats Identificados AMCP MU Lafken Mapu Lahual



**Figura 11:** Distribución de hábitats definidos en el Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos *Lafken Mapu Lahual*.

### **7.3 Objetivo 3:** Comunidades asociadas a los hábitats identificados en el AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual*.

En el área de estudio se identificaron 3 hábitat, donde el hábitat 1 se definió por el sustrato duro, el estrato 1 (0-10m) y el grupo de algas pardas y roja crustosa, en este hábitat se encontraron los mayores valores de diversidad de especies de macroinvertebrados. La cobertura promedio de las algas pardas fue un 42,6% y las algas roja crustosa fue un 32,3%. El invertebrado más abundante fue la estrella *Stichaster striatus* con 190 individuos, seguida por el caracol *Chorus giganteus* con 26, *Meyenaster galatinosus* con 14, *Odonaster sp* con 6 y *Concholepas concholepas* con 5 individuos.

El hábitat 2 se definió por el sustrato bolon, el estrato 3 (21-30m) y el grupo de algas rojas, este hábitat presentó una baja diversidad. El grupo de algas rojas tuvo una cobertura promedio de 36%. Los invertebrados fueron representados por el equinodermo *Stichaster striatus* con 22 individuos, seguido por *Gorgonaceos* con 13, *Odonaster sp* con 4, *Loxechinus albus* con 2 y *Meyenaster gelatinosus* con 1 individuo.

Finalmente el hábitat 3, se definió por el sustrato mixto, el estrato 5 (> 40m) y el grupo sin algas. Este hábitat también mostró un bajo índice de diversidad debido principalmente a que este grupo no presentó ninguna especie de macroalgas. El invertebrado con mayor presencia fue *Gorgonaceo* con 23 individuos, seguido por *Stichaster striatus* con 1 individuo.

Los hábitats presentaron una marcada distribución batimétrica, donde los primeros estratos presentaron los valores más altos de diversidad asociadas a las algas pardas y roja crustosa con el sustrato duro. Aunque en general la comunidad presentó una baja diversidad de invertebrados, como también de especies con importancia comercial.

## 8. DISCUSIÓN

Con respecto a la abundancia, riqueza y distribución de especies bentónicas, en términos generales, los resultados muestran que el área presenta una baja diversidad de especies de macroinvertebrados. Anterior a este estudio Jara, (2002) caracterizó esta área y concluyó que esta podría albergar aproximadamente 704 especies, de las cuales 73% corresponden a invertebrados bentónicos, seguidos por peces y aves marinas-estuarinas. Esto en base al rango de distribución de las especies a lo largo de la costa Chilena y que incluye al AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual*. Sin embargo, este autor solo observó en el área 28 especies en un estudio de recolección de datos realizado durante los meses Octubre y Noviembre del año 2002, considerando invertebrados, algas y mamíferos marinos. Los resultados obtenidos entregaron que el área poseía 48 especies de flora y fauna bentónica, lo que muestra una tendencia similar y que da cuenta de un área con baja diversidad y abundancia de macroinvertebrados. Esto comparado con las 164 especies encontradas en el AMCP-MU *Isla Grande de Atacama* (Squeo, *et al*, 2008) o las más de 20 especies sólo de peces encontradas en el AMCP-MU *Francisco Coloane* (Cornejo & Kusch 2009).

Dentro de las AMCP-MU, las comunidades intermareales y submareales presentaron una asociación directa con las macroalgas, en especial el orden Phaeophyta. En general los bosques de algas pardas constituyen zonas de alta productividad y albergan una alta diversidad y abundancia de macroinvertebrados y peces. Los discos de adhesión, han sido descritos como áreas de refugio contra la predación, corrientes de fondo y oleaje, y como áreas de desove, asentamiento larval y crianza de juveniles (Vásquez, 2001). Debido a que las algas pardas se les reconocen como especies ingenieras, porque estructuran los ambientes como organismos

dominantes, ofreciendo hábitat. Seguimientos periódicos de sus poblaciones permitiría utilizarlos como unidades de monitoreos espaciales y temporales de la biodiversidad a escala local o geográfica, o para identificar unidades de conservación biológica (Vásquez, *et al*, 2005) lo que representaría una visión más adecuada del ecosistema litoral. A modo de ejemplo estos mismos autores registraron un total de 153 taxas de macroinvertebrados asociados a los discos de fijación de *Lessonia trabeculata* provenientes del submareal rocoso del AMCP-MU *Isla Grande de Atacama*.

Dentro del área de estudio existió una clara dominancia de distintas especies algales del tipo pardas y rojas, destacando la presencia de *Lessonia trabeculata* y *Messophyllum sp* 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 rojo (*Loxechinus albus*) y otros invertebrados de interés comercial como *Concholepas concholepas*, *Fisurella sp*, y *Argobuccinum sp*. Situación que podría estar relacionado con un alto grado de perturbación de estas comunidades, debido a una disminución producto de la actividad extractiva, ya que el área presentaría buenas condiciones para la presencia de herbívoros al menos (Moreno, 2001). Esto entrevería la existencia de un desbalance comunitario, dado probablemente por la sobreexplotación de recursos. Por otro lado, durante este estudio no fue posible obtener muestras de la zona de rompiente, áreas que de acuerdo a los pescadores artesanales se extraen recursos que se encuentran en régimen de AMERB tales como el loco (*Concholepas concholepas*).

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 en el área estudiada 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. En este contexto, la utilización de ambas metodologías es complementaria y permitió entregar una visión global de mayor precisión en el tipo y distribución de sustrato existente al interior del AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual*.

El análisis de Cluster mostró la existencia de 5 unidades biológicas, de las cuales sólo 3 fueron bien clasificadas a través del valor entregado por el ancho de Silhouette. Las otras 2 unidades biológicas presentaron anchos negativos, esto se podría explicar debido a que en estas unidades se agruparon estaciones que presentaron un mayor número de especies de invertebrados pero en bajos números. La cobertura en las unidades biológicas estuvo dominada por 3 grupos de algas (pardas, rojas y roja crustosa). Las macroalgas *Lessonia trabeculata*, *Callophyllis sp*,

*Rhodomenia sp* y *Messophylum sp* mostraron las mayores coberturas en todos los cluster, lo que implicaría que estas especies podrían ser claves en la definición de hábitats.

Se han desarrollado una amplia variedad de metodologías para la determinación de hábitat, algunos basados en el uso de imágenes como por ejemplo el uso de fotografías en áreas de arrecifes de coral para la digitalización de la información y creación de mapas temáticos (Andrew and O'Neill, 2000). Para la determinación de los hábitats presentes dentro del área de estudio, se relacionaron las variables físicas del sector (estrato y tipo de sustrato), con la distribución y cobertura de los grupos de algas (pardas, rojas y roja crustosa), en función del índice de diversidad Shannon Wiener de los invertebrados (McQuaid, 1981; Underwood, 2004). Esto debido a que no se contó con antecedentes de flujo y características físico químicas de la columna de agua, lo que entregaría una definición mucho más clara respecto a los hábitats presentes dentro de área de estudio.

A través de un Análisis de correspondencia múltiple (ACM) se diferencio claramente la existencia de 3 tipos de hábitat al interior del AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual*. Donde el hábitat 1 agrupa a la algas pardas y roja crustosa con el estrato 1 (0-10 m) y el sustrato duro. El hábitat 2 agrupo a las algas rojas con el estrato 3 (21-30 m) y el sustrato bolón. Y finalmente el hábitat 3 presentó el grupo que no poseía algas con el estrato 5 (> a 40 m) y el sustrato mixto. Un ejemplo de esto puede encontrarse en el AMCP-MU *Isla Grande de Atacama*. Donde se pueden distinguir la presencia de 2 tipos de hábitats. Uno con áreas de asociaciones de algas crustáceas calcarías y erizos negros de mar; y el otro dominado por las algas pardas *Lessonia nigrescens* (intermareal) y *Lessonia trabeculata* (submareal) (Vásquez, *et al*, 2001).

Los resultados de este estudio muestran que en el área se pueden identificar 6 clases de sustratos que están asociados a 3 unidades biológicas definidas, esto es coincidente con la identificación de 3 hábitats en el área de estudio.

El hábitat 1, fue caracterizado por la presencia de algas pardas y roja crustosa, en estrecha relación con el sustrato duro y el estrato 1 (0-10 m). Este hábitat presentó los valores más altos del índice de diversidad de Shannon Wiener, debido a la presencia de una mayor cantidad de especies, así como también de números de macroinvertebrados. El hábitat 2 fue caracterizado por la presencia de algas rojas, el estrato 3 (21-30 m) y el sustrato bolón. En este hábitat se presentaron los valores más altos del índice de dominancia de Simpson y una baja diversidad de invertebrados. Finalmente, el hábitat 3 fue caracterizado por la ausencia de macroalgas, con el sustrato mixto y el estrato 5 (> a 40 m). Aquí se presentaron los valores más bajos de diversidad, lo que refleja de cierto modo la importancia de las macroalgas en la biodiversidad de macroinvertebrados en el área.

En general, los resultados obtenidos en este estudio muestran la existencia de un patrón de distribución batimétrico de la macroinfauna en cuanto a la riqueza de especies. Esta tuvo directa relación con los índices de diversidad, en donde la mayor diversidad estuvo en los estratos superficiales, con valores máximos en aguas someras del área. Patrón similar se obtuvo en 4 comunidades bentónicas en la Bahía de Tongoy (IV región) (Ortiz & Wolf, 2002).

Con respecto a las comunidades presentes en el área, estas fueron estructuradas por especies constructoras de hábitat, que en este caso fueron los grupos algales (pardas, rojas y roja crustosa). Donde el alga parda *Lessonia trabeculata* y el alga roja crustosa *Messophyllum sp* se asociaron al hábitat 1 (estrato 1, sustrato duro) y se caracterizaron por una mayor presencia de especies y mayor número de macroinvertebrados, lo cual represento los valores más altos de

diversidad en el área. Otra comunidad fue estructurada por las algas rojas *Rhodymenia sp* y *Callophyllis sp*, estas se asociaron con el hábitat 2 (estrato 3, sustrato bolón), esta se caracterizó por una baja diversidad y bajo número de macroinvertebrados. Por su parte la comunidad representada por el grupo que no poseía macroalgas se asoció con el hábitat 3 (estrato 5, sustrato mixto), esta comunidad entregó los valores más bajos de diversidad en el área, ya que poseía sólo 2 especies de macroinvertebrados y una de estas 2 especies tenía solo 1 individuo. Resultados obtenidos en AMCP-MU *Isla Grande de Atacama* con respecto a la diversidad de especies bentónicas asociadas a las comunidades identificadas, entregaron que los mayores valores de diversidad se encontraron en la comunidad representada por el alga parda *Lessonia trabeculata*, con 39 especies, lo que representaba el 72% de las especies del intermareal rocoso del área (Squeo, *et al*, 2008). Queda de manifiesto que la cantidad de individuos de las distintas poblaciones de macroinvertebrados tienen directa relación con el grupo de macroalga que le entrega hábitat.

Cabe destacar que la diversidad total del área de estudio es baja, lo que sugiere que existe una fuerte intervención en el área y entregaría una visión de problemas de conservación que afectan a las especies de importancia comercial. La recopilación de información disponible sobre el área, mostró que se trata de una zona escasamente estudiada. Exceptuando el estudio de Jara, *et al*, (2002) no existe ningún estudio que haya determinado poblaciones o comunidades de organismos bentónicos, por lo que no es posible determinar si esta baja diversidad y abundancia de especies de macroinvertebrados es una situación natural o si se trata de una disminución provocada por la actividad extractiva humana.

La situación presente en el área ofrecería una oportunidad para implementar medidas eficientes de conservación, y así poder recuperar las estructuras de las comunidades marinas



representativas de la zona. Ayudar al manejo de recursos bentónicos con problemas de sobreexplotación, para las especies de importancia comercial y también proteger a las especies emblemáticas, con los usuarios del área (AMERBs). A través de la elaboración de planes de manejo y de una explotación sustentable de los recursos bentónicos presentes.

La biodiversidad marina y costera es un capital natural que debemos conservar y gestionar asegurando la equidad intra e intergeneracional en su acceso y en los beneficios que esta otorga. Ya que esta puede ofrecer una extraordinaria plataforma para el desarrollo del turismo ecológico y de recreación. Lo que beneficiaría un desarrollo sostenible en la zona.

## 9. CONCLUSIÓN

- La diversidad y dominancia de especies a través de los índices de Shannon 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, caracterizado por una mayor diversidad de especies sobre los 10 m de profundidad, asociado a bosques de *Lessonia trabeculata* y el alga roja crustosa *Messophyllum sp.* A mayor profundidad se observó que tanto la diversidad como la abundancia de organismos fueron bajas.
- En general, el área estudiada presenta una baja diversidad de especies de macroinvertebrados, incluidos también las especies con importancia comercial. Esto pudo ser afectado debido a que durante este estudio no fue posible obtener muestras de la zona de rompiente, donde se extraen los recursos que se encuentran en régimen de AMERB tales como el loco (*Concholepas concholepas*).
- Dentro del área de estudio existió una clara dominancia de distintas especies algales del tipo pardas y rojas como *Lessonia trabeculata* y *Messophyllum sp* a lo largo de todo el gradiente latitudinal, sobre los 10 m de profundidad. Sin embargo, no se observó la presencia de forma abundante de consumidores herbívoros, como es el caso del erizo rojo (*Loxechinus albus*).
- Los grupos algales, la distribución batimétrica y el tipo de sustrato entregaron una asociación a la constitución de hábitat. Asociados directamente con los índices de diversidad y dominancia.

- Los resultados indicaron que en el área se pueden identificar 6 clases de sustratos que están asociados a 3 unidades biológicas definidas, coincidente con la identificación de 3 hábitats en el área de estudio.
- El Hábitat 1 está constituido por el estrato 1 (0-10m), el sustrato duro y el grupo de algas pardas y roja crustosa. El Hábitat 2 por el estrato 3 (21-30m), el sustrato bolon y el grupo de las algas rojas. El Hábitat 3 por el estrato 5 (> a 40m), el sustrato mixto y el grupo que no poseía algas.
- Con respecto a las comunidades presentes en el área, estas fueron estructuradas por especies constructoras de hábitat, que en este caso fueron los grupos de algas (pardas, rojas y roja crustosa). El alga parda *Lessonia trabeculata* y el alga roja crustosa *Messophyllum sp*, presentaron una mayor presencia de especies y mayor número de macroinvertebrados, lo cual entregó los valores más altos de diversidad en el área.
- La baja diversidad presente en el área, entrevería la existencia de una fuerte intervención y una visión de problemas de conservación que afectan a las especies de importancia comercial. Sin embargo, la información sobre el área, denota que es una zona poco estudiada, exceptuando el estudio de Jara, *et al*, (2002), no existe ningún estudio que haya determinado poblaciones o comunidades de organismos bentónicos. Por lo que no es posible determinar si esta baja diversidad y abundancia de especies es una situación natural o si se trata de una disminución provocada por la actividad extractiva humana.
- En este contexto el área ofrece una oportunidad para implementar medidas eficientes de conservación y recuperación de los recursos naturales a cargo de los usuarios del área (AMERBs). A través de la elaboración de planes de manejo y de una explotación sustentable de los recursos bentónicos presentes.

- El Proyecto Conservación de la Biodiversidad de Importancia Mundial a lo Largo de la Costa Chilena es la concreción del compromiso con la conservación de los recursos marinos y costeros, el desarrollo económico basado en la utilización sustentable de dichos recursos y el fortalecimiento de la gobernabilidad local.
- Para finalizar, la hipótesis de trabajo se rechaza, debido a que la riqueza y abundancia de las especies bentónicas no fue similar en los distintos hábitats definidos en el área de estudio.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Andrew N, O'Neill O, (2000). Large-scale patterns in habitat structure on subtidal rocky reefs in New South Wales. *Marine and Freshwater Research* 51: 255-263
- Badal G, (2007). Áreas Marinas y Costeras Protegidas de Múltiples Usos. Gobierno de Chile, Proyecto GEF Marino, PNUD. Ocho Libro Editores, Santiago. 214 pp.
- Benedetti-Cecchi L, Cinelli F, (1997). Spatial distribution of algae and invertebrates in the rocky intertidal zone of the Strait of Magellan: are patterns general? *Polar Biology* 18: 337-343
- 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, (1997). 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.
- Crawley J, (2007). The R book. John Wiley & Sons Ltd., London
- Chapman M, (2000). A comparative study of differences among species and patches of habitat on movements of three species of intertidal gastropods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 244: 181–201
- Cornejo S & Kusch A, (2009). Biodiversidad del Área Marina Costera Protegida Francisco Coloane: Desafíos y Oportunidades
- Dayton P, (1985). Ecology of Kelp Communities. *Magazine Ecology System* 16: 215-245

- Fernandez M, *et al*, (2000). Diversity, dynamics and biogeography of Chilean benthic nearshore ecosystems: an overview and guidelines for conservation. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 797-830
- Gaymer C, Dumont C, Rojas U, (2007). Levantamiento, análisis y diagnóstico de la flora y fauna bentónica y pelágica del Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos Isla Grande de Atacama. Proyecto: Conservación de la Biodiversidad de Importancia Mundial a lo largo de la Costa Chilena. GEF Pnud.
- González M, (2005). A comparison in cluster validation techniques. *Mathematics (Statistics)*. University of Puerto Rico, Puerto Rico
- Guzmán L, *et al*, (2007). Manejo y monitoreo de las Mareas Rojas en las regiones de los Lagos, Aysén y Magallanes. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero.
- 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
- 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
- Konar B, Iken K, Edwards M, (2009). Depth-stratified community zonation patterns on Gulf of Alaska rocky shores. *Marine Ecology* 30: 63-73
- Krebs C, (1985). *Ecología "Estudio de la Distribución y la Abundancia"*. Segunda edición. Industria editorial Mexicana, 753 pp.

- Lancelloti D & Vasquez J, (1999). Biogeographical patterns of benthic invertebrates in the southeastern Pacific litoral. *Journal of Biogeography* 26: 1001-1006.
- Lancelloti D & Vasquez J, (2000). Biodiversidad de macroinvertebrados submareales de la costa chilena: patrones zoogeográficos. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 99129.
- Legendre P, Legendre L, (1998). Numerical ecology. 2nd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam.
- Leiva J & Smith S, (2009). Conservación de la biodiversidad de importancia mundial a lo largo de la costa Chilena. Informe final.
- 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
- 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
- McQuaid C, (1981). The establishment and vertical size gradients in populations of *Littorina Africana knysnaensis* (Philippi) on an exposed rocky shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 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 Fueguian Islands, Chile. *Marine Ecology Progress Series* 15: 99-107

- Moreno C, (2001). Community patterns generated by human harvesting on Chilean shores: a review. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 11, 19 - 30.
- Nebel B, Wright R (1999). *Ciencias Ambientales. "Ecología y Desarrollo Sustentable"*
- 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
- Ortiz M & Wolff M, (2002). Trophic models of four benthic communities in Tongoy Bay (Chile): comparative analysis and preliminary assessment of management strategies. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 268: 205-235.
- Oyandel A, Valdovinos C, Azócar M, (2008). Patrones de distribución espacial de los macroinvertebrados bentónicos de la cuenca del Río Aysen (Patagonía Chilena). *Gayana* 72 (2): 241-257
- QTC-IMPACT, (2004). *Acoustic Seabed Classification. User Manual (Version 3.40)*. Quester Tangent Corporation, Marine Technology Centre, Sidney, B.C., Canada
- Ramírez M, (1995). "Algas Marinas Bentónicas". En: J. Simonetti; M.T.K. Arroyo, A. Spotorno y E. Lozada (eds.), *Diversidad Biológica de Chile*, pp. 38-47.
- Ray G, (1991). Coastal-zone biodiversity patterns. *BioScience* 41: 490-498
- Ricklefs & Schluter, (1993). *Species diversity in ecological communities. Historical and geographical perspectives*. The University of Chicago. Press viii 416 pp.
- Rojas U, (2007). Identificación de zonas con alta prioridad de conservación en el Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos (ACMP-MU) Isla Grande de Atacama, III Región, Chile. Tesis para optar al Título de Biólogo Marino. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile. 130 pp.



- Rousseeuw P, (1987). Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. Elsevier Science Publishers B. V.
- Smith R, Smith T, (2001). Ecología. Editorial Addison-Wesley, Madrid
- Squeo F, Arancio G, Gutiérrez J, (2008). Flora y fauna marina terrestre. Libro rojo de la fauna nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Atacama. Ediciones Universidad de la Serena. 12: 223-249.
- Tzanatos E, *et al*, (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, (2004). Landing on one's foot: small-scale topographic features of habitat and the dispersion of juvenile intertidal gastropods. Marine Ecology Progress Series 268: 173-182
- Underwood J, (1998). Experiments in ecology. Cambridge University Press, Melbourne, Australia
- Vásquez J, (1992). Comunidades submareales dominadas por macroalgas. Revista Chilena de Historia Natural. 63: 129-130.
- Vásquez J, (1993). Patrones de distribución de poblaciones de *Lessonia trabeculata* (Laminariales, Phaeophyta) en el norte de Chile. Facultad de Ciencias del mar. Universidad Católica del Norte. Serie Ocasional 2: 187-211.
- Vásquez J, Camus P, Ojeda F, (1998). Diversidad estructura y funcionamiento de ecosistemas costeros rocosos del norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 71: 479-499.

- Vasquez J, Veliz D, Pardo L, (2001). Biodiversidad bajo las grandes algas. En: Sustentabilidad de la biodiversidad. Un problema actual, bases científico-técnicas, teorizaciones y perspectivas. K. Alveal & T. Antezana (eds.): 293-308. Universidad de Concepción-Concepción.
- Vasquez J, Fonck E, Vega M, (2001). Comunidades submareales rocosas dominadas por macroalgas en el norte de Chile: diversidad, abundancia y variabilidad temporal. En: Sustentabilidad de la biodiversidad. Un problema actual, bases científico-técnicas, teorizaciones y perspectivas. K. Alveal & T. Antezana (eds.): 351-366. Universidad de Concepción-Concepción.
- Vásquez J & Vega J, (2005). “Macroinvertebrados asociados a discos adhesivos de comunidades discretas como indicadores de perturbaciones locales y de gran escala”. En: Eugenio Figueroa (ed.), Biodiversidad Marina: Variación, Usos y Perspectivas ¿Hacia dónde va Chile? pp. 429-445.
- Vasquez J, Vega J, Buschmann A, (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, 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. *Revista Chilena de Historia Natural* 78: 33-50
- Viviani C, (1979). Ecogeografía del litoral Chileno. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 14, 65-123.

## 11. ANEXO

**Tabla 6:** Tipo de sustrato, estrato e índices de diversidad por estaciones. Las estaciones que no presentaron invertebrados no poseen índices de diversidad.

Estaciones	Sustrato	Estrato	Invertebrados totales	I. Shannon	I. Simpson
1	mixto	5	9	0,53	0,61
2	mixto	5	9	0,69	0,44
3	duro	3	17	0	1
4	duro	3	0		
5	duro	3	1	0	0
6	duro	3	0		
7	duro	2	0		
8	duro	3	7	0,41	0,71
9	duro	3	5	0,67	0,4
10	mixto	4	2	0,69	0
11	duro	2	2	0	1
12	duro	3	0		
13	duro	2	0		
14	duro	2	6	0	1
15	duro	2	4	0	1
16	duro	3	3	0	1
17	duro	3	2	0	1
18	duro	4	1	0	1
19	duro	3	4	0,13	0,5
20	duro	2	8	0	1
21	duro	4	7	0	1
22	duro	3	0		
23	duro	2	0		
24	mixto	2	0		
25	duro	3	1	0	1
26	duro	1	6	0	1
27	duro	1	5	0,67	0,4
28	duro	1	9	0	1
29	duro	1	2	0	1
30	blando	1	0		
31	blando	3	0		

Estaciones	Sustrato	Estrato	Invertebrados totales	I. Shannon	I. Simpson
32	duro	1	2	0	1
33	duro	1	0		
34	blando	1	0		
35	mixto	1	1	0	1
36	duro	2	1	0	1
37	duro	1	0		
38	duro	2	3	0,64	0,33
39	duro	2	2	0	1
40	duro	3	1	0	1
41	duro	2	3	0	1
42	duro	3	0		
43	bolon	3	6	1,1	0,2
44	mixto	4	0		
45	mixto	5	1	0	1
46	blando	4	0		
47	blando	4	0		
48	duro	3	6	0,87	0,4
49	duro	3	2	0	1
50	blando	5	0		
51	mixto	5	16	0	1
52	duro	4	2	0,69	0
53	mixto	3	0		
54	duro	3	2	0	1
55	duro	2	1	0	1
56	duro	3	2	0	1
57	duro	1	5	0	1
58	duro	1	9	0,35	0,78
59	duro	1	5	0	1
60	duro	1	7	1,15	0,29
61	duro	1	0		
62	duro	1	8	0,9	0,39
63	duro	1	24	0,34	0,84
64	duro	1	7	0	1
65	duro	1	14	0,66	0,62
66	duro	1	0		
67	duro	1	12	1,23	0,33
68	duro	1	5	0,95	0,3

<b>Estaciones</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Estrato</b>	<b>Invertebrados totales</b>	<b>I. Shannon</b>	<b>I. Simpson</b>
69	duro	1	8	1,07	0,36
70	duro	1	38	0,91	0,5
71	duro	1	24	1,01	0,41
72	duro	1	2	0,69	0
73	duro	1	3	1,1	0
74	duro	1	19	0,93	0,54
75	duro	1	4	1,04	0,17
76	duro	1	8	0,38	0,75
77	duro	1	10	0,08	0,8
78	duro	1	6	0,45	0,67
79	duro	1	10	0,95	0,38
80	duro	1	6	0,45	0,67
81	blando	1	0		
82	duro	1	6	1,01	0,27
83	duro	1	8	0	1
84	blando	1	2	0	1
85	duro	1	6	0,45	0,67
86	duro	2	20	0,69	0,58
87	duro	2	0		

**Tabla 7:** Lista de especies presentes en el AMCP-MU *Lafken Mapu Lahual*.

<b>Alga (Phaeophyta, Rhodophyta)</b>
<i>Alga coralina sp1.</i>
<i>Alga coralina sp2.</i>
<i>Alga roja sp.</i>
<i>Callophyllis sp.</i>
<i>Codium sp.</i>
<i>Desmarestia sp.</i>
<i>Gigartina skotbergii</i>
<i>Laingia sp.</i>
<i>Lessonia nigrescen</i>
<i>Lessonia trabeculata</i>
<i>Lithothamnium sp.</i>
<i>Macrocystis pyrifera</i>
<i>Messophyllum</i>
<i>Rhodymenia sp.</i>
<i>Rhodymenia/Callophyllis</i>
<i>Rhodymenia/L. hookeria</i>
<i>Sp2 café</i>
<i>Sp6</i>
<i>Sp6 Rfil</i>
<b>Mollusca</b>
<i>Actina sp.</i>
<i>Buchinia onchidioides</i>
<i>Chorus giganteus</i>
<i>Concholepas concholepas</i>
<i>Fissurella sp.</i>
<i>Fissurella nigra</i>
<i>Fissurella picta</i>
<i>Phidiana lottini</i>
<i>Tegula sp.</i>
<b>Cnidiaria</b>
<i>Actinia sp1.</i>
<i>Actinia sp2.</i>
<i>Coral Bathiciatus caleuchis</i>
<i>Coral blando</i>
<i>Funicula quadrangularis</i>

<b>Porifera</b>
<i>Ascidia colonial</i>
<i>Esponja sp.</i>
<i>Esponja amarilla</i>
<b>Crustacea</b>
<i>Homalapsis plana</i>
<i>Taliepus sp.</i>
<b>Equinodermata</b>
<i>Loxechinus albus</i>
<i>Meyenaster galatinosus</i>
<i>Odonaster sp.</i>
<i>Patiria obesa</i>
<i>Pepino de mar</i>
<i>Stichaster striatus</i>
<i>Tetrapigus Níger</i>
<b>Polichaeta</b>
<i>Poliquetos</i>
<b>Ictofauna</b>
<i>Helicolenus langeerichi</i>
<i>Pinguipes chilensis</i>