

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y RECURSOS NATURALES



**COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y VARIABILIDAD ESPACIAL DE LAS COMUNIDADES
MARINAS BENTÓNICAS EN EL FIORDO DE LAS MONTAÑAS, ECORREGIÓN
SUBANTÁRTICA DE MAGALLANES, CHILE**

Tesis, Carrera de Biología Marina

Por: Francisco Andrés Bahamonde Mihovilovich

Director: Dr. Andrés Mansilla

Codirector: M.Sc. Juan Pablo Rodríguez

2021

COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y VARIABILIDAD ESPACIAL DE LAS COMUNIDADES MARINAS BENTÓNICAS EN EL FIORDO DE LAS MONTAÑAS, ECORREGIÓN SUBANTÁRTICA DE MAGALLANES, CHILE

Por: Francisco Andrés Bahamonde Mihovilovich

M.Sc. Víctor Díaz Huentelican
Decano Facultad de Ciencias

M.Sc. Orlando Dollenz Álvarez
Director Departamento de Ciencias y Recursos Naturales

Dr. Cristian Aldea Venegas
Jefe de Carrera

Comisión Evaluadora:

Dr. Andrés Mansilla Muñoz
Director de Tesis

M.Sc. Juan Pablo Rodríguez Provoste
Codirector de Tesis

Dr. Danilo Bustamante Mostajo
Evaluador

Dra. Martha Calderón Ríos
Evaluadora

Dr. Máximo Frangópulos Rivera
Evaluador

Tesis entregada como requerimiento para obtener el Título de Biólogo Marino en la Universidad de Magallanes

Punta Arenas, Chile

Mayo, 2021

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y RECURSOS NATURALES

**Composición, estructura y variabilidad espacial de las comunidades marinas
bentónicas en el fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de
Magallanes, Chile**

Tesis entregada como requerimiento para obtener el Título de Biólogo Marino
en la Universidad de Magallanes

Francisco Andrés Bahamonde Mihovilovich

Punta Arenas, Chile
Mayo, 2021

“No es la especie más fuerte la que sobrevive, ni la más inteligente, sino la que responde mejor al cambio” Charles Darwin (1809-1882).



Bosques someros de *Macrocystis pyrifera*, presentes en aguas estuarinas con alta sedimentación, fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes, Chile.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer en primera instancia a la Carrera de Biología Marina de la Universidad de Magallanes por entregarme todos los conocimientos necesarios para mi formación profesional, en especial, al cuerpo directivo y docentes de la Facultad de Ciencias. Como también, por la facilitación del equipo CTD-O.

También quiero agradecer de manera especial y muy sincera al profesor y director de mi tesis Dr. Andrés Mansilla, por entregarme su confianza, conocimientos sobre macroalgas y todo el apoyo que me ha brindado al tener la oportunidad de trabajar con él desde mi tercer año de carrera, ofreciéndome la posibilidad de ser su alumno tesista en el proyecto FONDECYT 1180433 y formar parte del Laboratorio de Ecosistemas Marinos Antárticos y Subantárticos (LEMAS).

Agradezco al Co-director de mi tesis M.Sc. Juan Pablo Rodríguez, por su dedicación, apoyo y conocimiento brindado durante este trabajo, especialmente por sus constantes correcciones.

A mis padres Ricardo Bahamonde y Tatiana Mihovilovich, gracias por el apoyo incondicional, confianza, amor y grandes valores que me han brindado durante mi vida. Por todo el esfuerzo que han entregado para que yo pueda estudiar y cumplir mis sueños.

A mi hermana Alexandra por las alegrías, amor y constante apoyo durante mi vida y en la realización de la tesis, escuchándome todas las veces en que necesite consejos.

A mis abuelos paternos Andrés y Juana y maternos Juan Francisco y Rosa por siempre estar presentes en todo momento, por regalarme y preocuparse de que siempre sea feliz.

A mi novia Evelyn gracias por el amor, apoyo, paciencia y ánimo que me entregas día a día.

A mis amigos y compañeros de carrera, especialmente a Daniel Pérez, Matías Cárcamo y Ángel Millalonco por todas las locuras universitarias, apoyo mutuo en todo momento

y buenos momentos compartidos en clases y terrenos.

A todos mis colegas y compañeros de trabajo del Laboratorio de Ecosistemas Marinos Antárticos y Subantárticos (LEMAS) quienes contribuyeron de alguna u otra forma en mi formación profesional, aconsejándome, y colaborando en los muestreos, procesamiento de las muestras y análisis estadísticos: Juan Pablo Rodríguez, Sebastián Rosenfeld, Fabio Méndez, Zambra López y Jaime Ojeda. Especialmente al M.Sc. Sebastián Rosenfeld por el gran apoyo brindado durante la realización de la tesis, por compartir su conocimiento sobre ecología, estadística y las constantes correcciones de la tesis.

Al Dr. Danilo Bustamante y Dra. Martha Calderón por su revisión y corrección crítica en el proyecto con el fin de que sea una mejor tesis. Como también, por el apoyo y constantes asistencias en la identificación de macroalgas.

Al Dr. Máximo Frangópulos por su revisión, y sugerencias en el momento de presentar el proyecto, las cuales fueron de gran utilidad para mejorar la presente tesis.

Infinitas gracias a todos.

RESUMEN

Comprender la variación de la biodiversidad macrobentónica a lo largo de los gradientes ambientales y las múltiples escalas espaciales es relevante para evidenciar cómo las variables ambientales asociadas al avance y retroceso de hielo en los glaciares modifican los ecosistemas marinos en escenarios de cambio climático. En este estudio se evaluó la riqueza, estructura y variabilidad espacial, desde pequeñas a grandes escalas de resolución espacial (sitios, costas, parches, y cuadrantes) en las comunidades macrobentónicas asociadas a sitios con y sin presencia glaciario en el fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes. Para ello, se utilizaron fotocadrantes intermareales y submareales someros que fueron dispuestos siguiendo un diseño anidado con diferentes escalas espaciales (metros a kilómetros). La composición de las comunidades macrobentónicas del fiordo de las Montañas está compuesta por 23 taxones en el intermareal y 50 taxones en el submareal. Los resultados de los análisis univariados y multivariados demostraron que, para el hábitat intermareal y submareal, las variaciones horizontales y verticales en la riqueza y estructura comunitaria fueron significativas a distintas escalas de observación espacial. Los taxones dominantes en las comunidades intermareales (macroalgas) y submareales (macroinvertebrados), también exhibieron un patrón de distribución dependiente de la escala, lo que fue respaldado por los componentes de varianza y pseudo-varianza, indicando que, en general los mayores patrones de variación horizontal ocurren en escalas pequeñas de observación espacial. A modo de conclusión, se pudo aceptar la hipótesis en este estudio ya que los procesos de mayor variación horizontal en las comunidades bentónicas intermareales y submareales del fiordo de las Montañas, ocurren a escalas pequeñas de observación. Finalmente, la información obtenida, resulta una línea base para observar la composición, estructura y variabilidad espacial de las comunidades bentónicas en sistemas con influencia glaciario dentro de la ecorregión subantártica de Magallanes.

Palabras clave: Comunidades macrobentónicas, Escalas espaciales, Heterogeneidad ambiental, Influencia glaciario, Macroalgas, Invertebrados marinos.

ABSTRACT

Understanding the variation of macrobenthic biodiversity along environmental gradients and multiple spatial scales is relevant to show how environmental variables associated with the advance and retreat of glacier ice modify marine ecosystems under climate change scenarios. In this study we evaluated the richness, structure and spatial variability, from small to large scales of spatial resolution (sites, coasts, patches, and quadrats) in macrobenthic communities associated with sites with and without glacier presence in the Mountains fjord, Magellanic subantarctic ecoregion. For this purpose, intertidal and shallow subtidal photoquadrats were arranged following a nested design with different spatial scales (meters to kilometers). The composition of the macrobenthic communities of the Mountains Fjord is composed of 23 taxa in the intertidal and 50 taxa in the subtidal. The results of univariate and multivariate analyses showed that, for the intertidal and subtidal habitat, horizontal and vertical variations in community richness and structure were significant at different spatial scales of observation. The dominant taxa in the intertidal (macroalgae) and subtidal (macroinvertebrates) communities also exhibited a scale-dependent distribution pattern, which was supported by the variance and pseudo-variance components, indicating that, in general, the largest patterns of horizontal variation occur at small scales of spatial observation. In conclusion, it was possible to accept the hypothesis in this study since the processes of greater horizontal variation in the intertidal and subtidal benthic communities of the Mountains Fjord occur at small scales of observation. Finally, the information obtained is a baseline for observing the composition, structure and spatial variability of benthic communities in glacier-influenced systems within the Magellanic subantarctic ecoregion.

Key words: Environmental heterogeneity, Glacial influence, Macrobenthic communities, Macroalgae, Marine invertebrates, Spatial scales.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	10
Problemática	12
Marco Teórico	13
Dinámica y estructura de sistemas marinos con influencia glacial	13
Escala espacial ecológica	16
Preguntas de investigación	17
HIPÓTESIS	18
OBJETIVOS	19
Objetivo General.....	19
Objetivo específico 1	19
Objetivo específico 2	19
Objetivo específico 3	19
Objetivo específico 4	19
MATERIALES Y MÉTODOS	20
Área de estudio	20
Caracterización oceanográfica	23
Diseño de muestreo	24
Tratamiento e identificación de las muestras	26
Análisis de datos.....	26
RESULTADOS	29
Variables abióticas	29
Composición y riqueza	33
Estimadores de diversidad	39
Variabilidad espacial	42
DISCUSIÓN	54
Comunidades macrobentónicas intermareales	55
Comunidades macrobentónicas submareales	58
CONCLUSIÓN	61
FINANCIAMIENTO	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Topografía y circulación de agua de un fiordo. Tomado y adaptado de Straneo y Cenedese (2015)	15
Figura 2. Localización de los sitios de muestreo del fiordo de las Montañas (51°S; 73°W), ecorregión subantártica de Magallanes, Chile. Las etiquetas indican CM-1: Glaciar German (con influencia glaciar), CM-2: Glaciar Bernal (con influencia glaciar) y CM-4: Islote Jaime (sin influencia glaciar)	20
Tabla 1. Estaciones y sitios de estudio en el fiordo de las Montañas (51°S; 73°W), ecorregión subantártica de Magallanes, Chile	21
Figura 3. Sitio de estudio Glaciar German (CM-1; con influencia glaciar), fiordo de las Montañas (51°S; 73°W), ecorregión subantártica de Magallanes, Chile	21
Figura 4. Sitio de estudio Glaciar Bernal (CM-2; con influencia glaciar), fiordo de las Montañas (51°S; 73°W), ecorregión subantártica de Magallanes, Chile	22
Figura 5. Sitio de estudio Islote Jaime (CM-4; sin influencia glaciar), fiordo de las Montañas (51°S; 73°W), ecorregión subantártica de Magallanes, Chile	22
Figura 6. Localización de las estaciones de medición de Salinidad y Temperatura con CTD, fiordo de las Montañas (51°S; 73°W), ecorregión subantártica de Magallanes, Chile	23
Tabla 2. Estaciones de mediciones de CTD fiordo de las Montañas (51°S; 73°W), ecorregión subantártica de Magallanes, Chile	24
Figura 7. Imágenes representativas de fotocuadrantes en el fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes, Chile. A: Fotocuadrante submareal de CM-1; B. Fotocuadrante intermareal de CM-1	25
Figura 8. Diseño de muestreo con diferentes escalas espaciales (metros a kilómetros), utilizado para la obtención de fotocuadrantes en el intermareal y submareal del fiordo de las Montañas (51°S; 73°W), ecorregión subantártica de Magallanes, Chile	25

Figura 9. Secciones verticales (0 - 30 m) obtenidas con CTD en verano del año 2020 a lo largo del eje central del fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes. A: Temperatura; B: Salinidad. Secciones van izquierda a derecha desde el glaciar German (CM-1) al islote Jaime (CM-4). Las posiciones verticales de los datos hidrográficos que componen estas figuras se muestran con pequeños puntos negros	30
Figura 10. Perfiles verticales (0 - 30 m) obtenidos con CTD en verano de 2020 a lo largo del centro del fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes. A: Salinidad; B: Temperatura	31
Figura 11. Perfiles verticales (0 - 5 m) de Turbidez obtenidos con multiparámetro en verano del año 2020 en cada costa y sitios de estudio del fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes	32
Tabla 3. Taxones de macroalgas y macroinvertebrados identificados en los sitios y costas estudiados en el intermareal del fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes. Se detalla el grupo funcional asociado a cada taxon y su ocurrencia de frecuencia (Fr %)	33
Tabla 4. Taxones de macroalgas y macroinvertebrados identificados en los sitios y costas estudiados en el submareal del fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes. Se detalla el grupo funcional asociado a cada taxon y su ocurrencia de frecuencia (Fr %)	34
Figura 12. Porcentaje de composición florística y faunística macrobentónica según divisiones y/o clases identificadas en el fiordo de las Montañas. A: Intermareal; B: Submareal	37
Figura 13. Porcentaje de composición de los grupos funcionales florísticos y faunísticos macrobentónicos en el fiordo de las Montañas. A: Intermareal; B: Submareal	38

Figura 14. Curvas de acumulación de especies según los estimadores no paramétricos Chao 2 y Jack 1 para el hábitat intermareal. A: Sitio Glaciar German (CM-1; con influencia glaciar); B: Sitio Glaciar Bernal (CM-2; con influencia glaciar) 40

Figura 15. Curvas de acumulación de especies según los estimadores no paramétricos Chao 2 y Jack 1 para el hábitat submareal. A: Glaciar German (CM-1; con influencia glaciar); B: Glaciar Bernal (CM-2; con influencia glaciar); C: Islote Jaime (CM-4; sin influencia glaciar) 41

Figura 16. Escala de patrones locales en la riqueza de taxones para cada sitio, costa, parche y nivel intermareal (alto, medio y bajo), fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes. Cada barra representa aproximadamente 21,5 metros de ancho de cada parche de sustrato en cada costa y sitio (\pm Error estándar, n=5). La línea punteada indica la media de la riqueza de taxones 43

Figura 17. Escala de patrones locales en la riqueza de taxones para cada sitio, costa, parche y profundidad submareal (5 y 10 metros), fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes. Cada barra representa aproximadamente 21,5 metros de ancho de cada parche de sustrato en cada costa y sitio (\pm Error estándar, n=5). La línea punteada indica la media de la riqueza de taxones 44

Tabla 5. Resultados de los análisis de varianza sobre los patrones dependientes de la escala espacial de la riqueza de taxones (ANOVA) y la estructura comunitaria (PERMANOVA) en el intermareal y submareal del fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes 45

Figura 18. Ordenaciones de escala multidimensional (MDS) para los hábitats de estudio en el fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes. A: Intermareal; B: Submareal. Los símbolos representan cuadrantes individuales 46

Figura 19. Componente de varianza (CV) de la riqueza de taxones a través de variabilidad de escalas espaciales y hábitats en el fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes. A: Hábitat intermareal; B: Hábitat submareal	48
Figura 20. Componente de Pseudo-varianza (CPV) de disimilitud de Bray-Curtis (%) a través de variabilidad de escalas espaciales y hábitats. A: Hábitat intermareal; B: Hábitat submareal. Los componentes de Pseudo-varianza están transformados a raíz cuadrada para presentar los actuales valores de Bray-Curtis	49
Tabla 6. Análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) de taxones en el hábitat intermareal del fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes.....	50
Tabla 7. Análisis porcentaje de similitud (SIMPER) de taxones en el submareal del Fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes	50
Figura 21. Componente de varianza de las especies más representativas de macroalgas en los niveles intermareales y escalas horizontales de variabilidad espacial en el fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes. A: <i>U. intestinalis</i> ; B: <i>C. flexuosa</i> ; C: <i>E. siliculosus</i>	52
Figura 22. Componente de varianza de las especies más representativas de invertebrados en dos profundidades submareales y escalas horizontales de variabilidad espacial en el fiordo de las Montañas, ecorregión subantártica de Magallanes. A: <i>A. atra</i> ; B: <i>S. marionensis</i> ; C: <i>B. laevis</i>	53