

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



**COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS COMUNITARIAS DEL MACROBENTOS DE TRES
LOCALIDADES EN LA REGIÓN DE MAGALLANES**

Tesis, Carrera de Biología Marina

Por: Ángel Gabriel Millalonco Vidal

Director: Dr. Carlos Ríos Cardoza

2024

COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS COMUNITARIAS DEL MACROBENTOS DE TRES LOCALIDADES EN LA REGIÓN DE MAGALLANES

Por: Ángel Gabriel Millalonco Vidal

Dr. Víctor Díaz
Decano Facultad de Ciencias

Dra. Bibiana Jara
Director Departamento de Ciencias y Recursos Naturales

Dr. Cristian Aldea
Jefe de Carrera

Comisión Evaluadora:

Dr. Carlos Ríos Cardoza
Director de Tesis

Dra. Claudia Andrade Díaz
Evaluadora

M. Cs. Juan Cañete Aguilera
Evaluador

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

Punta Arenas, Chile

Noviembre, 2024

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

**Comparación de estructuras comunitarias del macrobentos de tres localidades
en la región de Magallanes**

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

Ángel Gabriel Millalonco Vidal

Punta Arenas, Chile
Noviembre, 2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar estos agradecimientos reconociendo a todas aquellas personas que, de alguna manera, contribuyeron al desarrollo de esta tesis.

En primer lugar, agradecer al Dr. Carlos Ríos, quien constantemente me orientó durante todo el desarrollo de la tesis. Su experiencia y valiosas sugerencias fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

Agradezco profundamente a la Dra. (c) Erika Mutschke, quien ha sido un pilar fundamental en mi formación profesional. Su apoyo incondicional durante todos estos años me ha permitido aprender y seguir creciendo, por lo que estoy eternamente agradecido por sus valiosas enseñanzas y la confianza que ha depositado en mí.

Al ex jefe de carrera, Dr. Cristian Aldea, por toda la ayuda brindada y por su enseñanza a lo largo de mi etapa como alumno. También agradecer a Claudia Calbucoy, por su amabilidad y paciencia para ayudarme en procesos académicos.

A mi madre, Marianela Vidal, y padre, Juan Millalonco, por todo lo que han hecho por mí durante estos 27 años y por todo su apoyo en las decisiones que he tomado. A mi hermano, Gonzalo Millalonco, por su cariño incondicional. A mis dos compañeros caninos, quienes me reciben cada día del trabajo con las mejores de sus energías.

A Rodrigo Bravo, por su apoyo durante el período de proyecto de Tesis, su ayuda fue fundamental para poder desarrollar posteriormente el escrito. A Rodrigo Pérez y Rodrigo Ojeda, por los buenos momentos compartidos, así como también las charlas motivacionales para seguir adelante. A Claudio Toledo, por compartir sus conocimientos y por los buenos momentos que hemos pasado en el trabajo durante estos últimos tres años. A Vicente Espinoza, por su amistad durante todos estos años. A Mariangeli Pisani, por su ayuda durante este período de tesis.

A los buzos Jorge Holtheuer, Paulo Villarroel y Christian Chambas, por compartir sus conocimientos en los distintos terrenos en los que he tenido la fortuna de formar parte.

También quiero valorar sus palabras de apoyo, los cuales me sirvieron para seguir adelante.

Por último, agradecer al Grupo de Estudios Ambientales, por facilitarme los datos para poder desarrollar mis resultados y posteriores análisis. Además, quiero agradecer por darme la oportunidad de trabajar junto a ellos durante estos tres años, tiempo en el cual he aprendido muchísimas cosas y de las cuales siento una gran gratitud.

RESUMEN

El estrecho de Magallanes es un ecosistema situado en un entramado de fiordos y canales que se formaron debido a procesos glaciares ocurridos hace aproximadamente 25.000 años AP. Destaca como el canal más importante de la Región de Magallanes. Una de las características de este ecosistema radica en las variabilidades de parámetros abióticos que indican una heterogeneidad en los valores de diversidad, biomasa y abundancia numérica de la estructura comunitaria bentónica. Por lo tanto, es crucial investigar las diferencias bióticas en esta región para comprender mejor la estructura de los ensambles macrobentónicos y su posible respuesta a presiones abióticas.

El presente estudio plantea como hipótesis que los ensambles de organismos macrobentónicos no difieren significativamente en parámetros estructuras básicos (H' , J' , d y S) cuando se analizan comparativamente tres localidades de la región de Magallanes, en este caso, Punta Arenas, Porvenir y Puerto Natales. Estos sistemas presentarían condiciones oceanográficas distintas que podrían tener un fuerte impacto en la composición, biodiversidad y estructura de la comunidad macrobentónica submareal de fondos blandos. Por lo tanto, el objetivo general será realizar un estudio comparativo acerca de las diferencias y similitudes espaciales y temporales en parámetros propios de la comunidad sublitoral somera de tres sitios de la región de Magallanes. Las comunidades bentónicas que habitan en los sitios de estudio están asociadas a puntos de descargas de aguas tratadas.

Las metodologías empleadas incluyeron análisis univariados y multivariados para calcular índices y generar gráficos comparativos que permitan alcanzar los objetivos del proyecto. Para ello, se utilizarán datos de los 'Programas de Vigilancia Ambiental' desarrollados por el 'Grupo de Estudios Ambientales' de la Universidad de Magallanes, los cuales incluyen información recolectada semestralmente entre los años 2015 a 2020.

Los resultados indican diferencias temporales entre los tres sitios de estudio al analizarse parámetros bióticos y abióticos. A través de los análisis multivariados se

observó que las propiedades físico-químicas del sedimento y del agua determinan la distribución y estructura de las comunidades bentónicas y, en consecuencia, establecen diferencias entre los tres sitios de estudio.

Palabras clave: ensambles macrofaunísticos, sublitoral, estrecho de Magallanes, índices univariados, diversidad, bentos.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	16
Problemática	16
Marco Teórico	17
Macrobentos relacionado a parámetros físico-químicos	19
Macrobentos y materia orgánica	20
Macrobentos y tipo de sedimento	21
Objetivos y propósitos de la investigación	22
HIPÓTESIS	24
OBJETIVOS	25
Objetivo General	25
Objetivo específico 1	25
Objetivo específico 2	25
MATERIALES Y MÉTODOS	26
Áreas de estudio	26
Punta Arenas	26
Puerto Natales	29
Porvenir	31
Diseño muestral	33
Caracterización bentónica sublitoral	34
Caracterización físico-química de la columna de agua	36
Análisis de los sedimentos	36
Granulometría	36

Materia Orgánica Total (MOT)	37
Análisis de los datos	38
Análisis univariados	38
Análisis multivariados	39
RESULTADOS	41
Caracterización oceanográfica de la columna de agua	41
Salinidad	41
Temperatura	43
Oxígeno disuelto	45
Caracterización de variables sedimentológicas	49
Tipo de sedimento	49
Contenido de Materia Orgánica Total (MOT)	54
Caracterización de la composición macrofaunística	56
Prueba de permutación estadística	72
Descripción de patrones de distribución temporal del macrobentos	78
Análisis multivariados	88
DISCUSIÓN	101
Parámetros físico-químicos de la columna de agua	101
Tipo de sedimento y materia orgánica total	104
Estructura comunitaria y parámetros ambientales	106
CONCLUSIONES	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ANEXOS	143

Anexo I. Gráfico de Shepard para los resultados del escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de la zona de estudio en Punta Arenas	143
Anexo II. Gráfico de Shepard para los resultados del escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de la zona de estudio en Porvenir	143
Anexo III. Gráfico de Shepard para los resultados del escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de la zona de estudio en Puerto Natales	144
Anexo IV. Representación gráfica de la correlación de Spearman (rs) de los parámetros bióticos y abióticos de la zona de estudio en Punta Arenas	144
Anexo V. Representación gráfica de la correlación de Spearman (rs) de los parámetros bióticos y abióticos de la zona de estudio en Porvenir	145
Anexo VI. Representación gráfica de la correlación de Spearman (rs) de los parámetros bióticos y abióticos de la zona de estudio en Puerto Natales	145
Anexo VII. Lista de especies de la zona sublitoral somera de Punta Arenas, recopilados entre los años 2015 a 2020. De: depredador; Dp: depositívoro; Dt: detritívoro, Sv: suspensívoro; R: ramoneador	146
Anexo VIII. Lista de especies de la zona sublitoral somera de Porvenir, recopilados entre los años 2015 a 2020. De: depredador; Dp: depositívoro; Dt: detritívoro, Sv: suspensívoro; R: ramoneador	148
Anexo IX. Lista de especies de la zona sublitoral somera de Puerto Natales, recopilados entre los años 2015 a 2020. De: depredador; Dp: depositívoro; Dt: detritívoro, Sv: suspensívoro; R: ramoneador	150

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Ubicación espacial de las tres zonas de estudio: Puerto Natales, Punta Arenas y Porvenir	26
Figura 2. Ubicación espacial de las estaciones de muestreo para la caracterización del componente bentónico sublitoral en la zona de estudio en Punta Arenas. Datum WGS-84, Huso 19 S. Imagen obtenida del “Plan de Vigilancia Ambiental de Aguas Magallanes”	27
Figura 3. Imágenes de la comunidad bentónica que habita en el emisario submarino de la zona de descarga de la empresa Aguas Magallanes S.A. en Punta Arenas. A y B: algas coralinas y asentamiento de macrofauna bentónica sobre emisario. Fotografías obtenidas del “Plan de Vigilancia Ambiental de Aguas Magallanes”	29
Figura 4. Ubicación espacial de las estaciones de muestreo para la caracterización del componente bentónico sublitoral en la zona de estudio en Puerto Natales. Datum WGS-84, Huso 18 S. Imagen obtenida del “Plan de Vigilancia Ambiental de Aguas Magallanes”	30
Figura 5. Ubicación espacial de las estaciones de muestreo para la caracterización del componente bentónico sublitoral en la zona de estudio en Porvenir. Datum WGS-84, Huso 19 S. Imagen obtenida del “Plan de Vigilancia Ambiental de Aguas Magallanes”	31
Figura 6. Imágenes de la comunidad bentónica que habita en el emisario submarino de la zona de descarga de la empresa Aguas Magallanes S.A. en Porvenir. A y B: emisario submarino con presencia de algas pardas e invertebrados bentónicos adheridos a él. Fotografías obtenidas del “Plan de Vigilancia Ambiental de Aguas Magallanes”	32
Tabla 1. Coordenadas (UTM) para cada estación de muestreo de las tres áreas de estudio. Datum WGS-84, Huso 18 S para Puerto Natales y Huso 19 S para Punta Arenas y Porvenir	33

Tabla 2. Períodos (P1 y P2) de muestreo de las localidades Puerto Natales, Punta Arenas y Porvenir. INV=Invierno; VER=Verano; OTO=Otoño; PRI=Primavera	34
Tabla 3. Número de estaciones y cuadrantes para análisis biológico en cada período de muestreo en las tres zonas de estudio	35
Tabla 4. Escala de Sorting y Skewness para la interpretación de los parámetros granulométricos. Tomada del diseño elaborado por Folk & Ward (1957)	37
Figura 7. Variación temporal de la salinidad (PSU), desde los años 2015 a 2020, en las tres zonas de estudio. A: Puerto Natales; B: Punta Arenas; C: Porvenir	42
Figura 8. Variación temporal de la temperatura (°C), desde los años 2015 a 2020, en las tres zonas de estudio. A: Puerto Natales; B: Punta Arenas; C: Porvenir	44
Figura 9. Variación temporal del oxígeno disuelto (mg/L), desde el año 2015 a 2020, en las tres zonas de estudio. A: Puerto Natales; B: Punta Arenas; C: Porvenir	46
Tabla 5. Rango de valores de las variables abióticas de la columna de agua en las tres zonas de estudio: Punta Arenas, Puerto Natales y Porvenir. N=períodos de cada temporada; $\bar{x}$ =promedio de cada variable; Dv.St.=desviación estándar	47
Tabla 6. Clasificación textural y tipo de sedimento de las tres zonas de estudio	50
Tabla 7. Promedio de los parámetros estadísticos para la caracterización de los sedimentos de la zona sublitoral del área de estudio en Punta Arenas, desde el año 2015 a 2020. MS=Moderadamente seleccionado; PS=Pobremente seleccionado; INV=Invierno; VER=Verano; OTO=Otoño; PRI=Primavera	50
Tabla 8. Promedio de los parámetros estadísticos para la caracterización de los sedimentos de la zona sublitoral del área de estudio en Porvenir, desde el año 2015 a 2020. MS=Moderadamente seleccionado; MBS= Moderadamente bien seleccionado; PS=Pobremente seleccionado; INV=Invierno; VER=Verano; OTO=Otoño; PRI=Primavera	52
Tabla 9. Promedio de los parámetros estadísticos para la caracterización de los sedimentos de la zona sublitoral del área de estudio en Puerto Natales, desde el año	

2015 a 2020. MS=Moderadamente seleccionado; PS=Pobremente seleccionado; INV=Invierno; VER=Verano; OTO=Otoño; PRI=Primavera	53
Tabla 10. Contenido promedio porcentual (%) de la Materia Orgánica Total en las tres zonas de estudio, desde los años 2015 a 2020. INV=Invierno; VER=Verano; OTO=Otoño; PRI=Primavera	54
Figura 10. Variación temporal del contenido de materia orgánica para las tres zonas de estudio, desde los años 2015 a 2020	55
Figura 11. Representación porcentual de las categorías taxonómicas superiores identificadas para las tres zonas de estudio: Punta Arenas, Porvenir y Puerto Natales, respecto al número de especies. S=127	57
Figura 12. Dominancia porcentual de las categorías taxonómicas superiores identificadas para Punta Arenas, respecto al número de especies. S=84	58
Figura 13. Dominancia porcentual de las categorías taxonómicas superiores identificadas para Porvenir, respecto al número de especies. S=85	59
Figura 14. Dominancia porcentual de las categorías taxonómicas superiores identificadas para Puerto Natales, respecto al número de especies. S=12	60
Figura 15. Variación estacional y anual del número total de especies en las tres zonas de estudio	62
Figura 16. Representación porcentual de las categorías taxonómicas superiores identificadas para las tres zonas de estudio: Punta Arenas, Porvenir y Puerto Natales, respecto a las abundancias numéricas. N= 3.508 individuos	63
Figura 17. Dominancia porcentual de las categorías taxonómicas superiores identificadas para Punta Arenas, respecto a su abundancia numérica. N= 882 individuos	64
Figura 18. Dominancia porcentual de las categorías taxonómicas superiores identificadas para Porvenir, respecto a su abundancia numérica. N= 1.107 individuos	65

Figura 19. Dominancia porcentual de las categorías taxonómicas superiores identificadas para Puerto Natales, respecto a su abundancia numérica. N= 1.519 individuos	66
Figura 20. Especies con la mayor abundancia en Punta Arenas, durante los años 2015 a 2020	67
Figura 21. Especies con la mayor abundancia en Porvenir, durante los años 2015 a 2020	68
Figura 22. Especies con la mayor abundancia en Puerto Natales, durante los años 2015 a 2020	69
Figura 23. Dominancia de los distintos grupos tróficos en las tres áreas de estudio. A: Puerto Natales; B: Punta Arenas; C: Porvenir	70
Tabla 11. Matriz de correlación de Spearman (rs) entre variables bióticas y abióticas en el área de estudio en Punta Arenas.	73
Tabla 12. Matriz de correlación de Spearman (rs) entre variables bióticas y abióticas en el área de estudio en Porvenir	74
Tabla 13. Matriz de correlación de Spearman (rs) entre variables bióticas y abióticas en el área de estudio en Puerto Natales	74
Tabla 14. Resultados de una PERMANOVA de dos vías utilizando el conjunto de datos de la abundancia estandarizada entre los tres sitios de estudio y los períodos de muestreo. El índice utilizado fue Bray-Curtis y el número de permutaciones fue 9999	75
Tabla 15. Resultados del análisis SIMPER que detalla las especies con mayor contribución a la disimilitud en la composición de especies entre Punta Arenas y Puerto Natales (2015 a 2020). Promedio Disimilitud: 81,11%	77
Tabla 16. Resultados del análisis SIMPER que detalla las especies con mayor contribución a la disimilitud en la composición de especies entre Punta Arenas y Porvenir (2015 a 2020). Promedio Disimilitud: 87,15%	77

Tabla 17. Resultados del análisis SIMPER que detalla las especies con mayor contribución a la disimilitud en la composición de especies entre Porvenir y Puerto Natales (2015 a 2020). Promedio Disimilitud: 87,92%	78
Figura 24. Distribución temporal de la abundancia de organismos en las tres zonas de estudio, desde el año 2015 a 2020	79
Figura 25. Distribución temporal de la biomasa de organismos en las tres zonas de estudio, desde el año 2015 a 2020	81
Figura 26. Distribución temporal de la diversidad de especies (según Shannon-Wiener) en las tres zonas de estudio, desde el año 2015 a 2020	83
Figura 27. Distribución temporal de la riqueza de especies (según Margalef) en las tres zonas de estudio, desde el año 2015 a 2020	85
Figura 28. Distribución temporal de la uniformidad (según Pielou) en las tres zonas de estudio, desde el año 2015 a 2020	87
Figura 29. Dendrograma que representa las abundancias de los taxa en todos los períodos de muestreo del área de estudio en Punta Arenas, calculado con el índice de disimilitud de Bray-Curtis y transformado mediante raíz cuarta	88
Figura 30. Análisis de Escalamiento No Métrico Multidimensional (NMDS) correspondiente a todos los períodos de muestreo en el sitio de estudio en Punta Arenas. Los datos de abundancia fueron transformados a raíz cuarta y se utilizó el índice de Bray-Curtis	89
Figura 31. Dendrograma que representa las abundancias de los taxa en todos los períodos de muestreo del área de estudio en Porvenir, calculado con el índice de Bray-Curtis y transformado mediante raíz cuarta	90
Figura 32. Análisis de Escalamiento No Métrico Multidimensional (NMDS) correspondiente a todos los períodos de muestreo en el sitio de estudio en Porvenir. Los datos de abundancia fueron transformados a raíz cuarta y se utilizó el índice de Bray-Curtis	91

Figura 33. Dendrograma que representa las abundancias de los taxa en todos los períodos de muestreo del área de estudio en Puerto Natales, calculado con el índice de Bray-Curtis y transformado mediante raíz cuarta	92
Figura 34. Análisis de Escalamiento No Métrico Multidimensional (NMDS) correspondiente a todos los períodos de muestreo en el sitio de estudio en Puerto Natales. Los datos de abundancia fueron transformados a raíz cuarta y se utilizó el índice de Bray-Curtis	93
Figura 35. Análisis de componentes principales (con una matriz de varianza-covarianza) de los parámetros abióticos de la columna de agua y del sedimento en la zona de estudio en Punta Arenas. I: Invierno; V: Verano; O: Otoño; P: Primavera	94
Figura 36. Análisis de componentes principales (con una matriz de varianza-covarianza) de los parámetros abióticos de la columna de agua y del sedimento en la zona de estudio en Porvenir. I: Invierno; V: Verano; O: Otoño; P: Primavera	95
Figura 37. Análisis de componentes principales (con una matriz de varianza-covarianza) de los parámetros abióticos de la columna de agua y del sedimento en la zona de estudio en Puerto Natales. I: Invierno; V: Verano; O: Otoño; P: Primavera	96
Figura 38. Curvas de comparación abundancia-biomasa (ABC) en los seis años de muestreo en Punta Arenas	97
Figura 39. Curvas de comparación abundancia-biomasa (ABC) en los seis años de muestreo en Porvenir	98
Figura 40. Curvas de comparación abundancia-biomasa (ABC) en dos años de muestreo en Puerto Natales	99
Figura 41. Variación temporal del estadístico W de Warwick de las curvas ABC en Punta Arenas, Porvenir y Puerto Natales	100
Tabla 18. Recopilación de parámetros oceanográficos de la columna de agua, registrados a lo largo del tiempo en canal Señoret.	103