MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FOMENTO DEL TURISMO

SUBSECRETARIA DE PESCA Y ACUICULTURA

Informe Científico y Técnico

N°004/2024

INFORME FINAL

"LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS SUBMAREALES DE FONDOS BLANDOS Y LA APLICACIÓN DE ÍNDICES BIOLÓGICOS (AMBI) PARA SU EVALUACIÓN AMBIENTAL, ZONAS NORTE A LA CENTRO-NORTE (2DA ETAPA)".

PROYECTO FIPA N°2018-21

ID 4728-56-LQ18

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO

LABORATORIO DE ECOLOGÍA E IMPACTOS AMBIENTALES

JULIO 2024

Equipo de Trabajo

Jefe Proyecto

Dr. Ciencias Biológicas Gerardo Leighton S.

Autores

Encargado de Proyecto/Encargado de Calidad

BioMar. Victor Gudiño G.

Encargada de Operaciones

Mag. en Ecología y Biología Evolutiva Viviana Martínez B.

Revisión Bibliográfica

BioMar. Fernando Jiménez

BioMar. Alejandra Miranda

BioMar. Sebastián Larrea

Sistema de Información Geográfica

Ing. Carlos Arenas

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Citar Como:

Gudiño V, Leighton G, Martínez V, Jiménez F, Miranda A, Larrea S & A. Núñez. 2024. Estudio levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa (Proyecto FIPA N° 2018-21). Informe Final. Informe Científico y Técnico N°04/2024. Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales. Universidad de Valparaíso. 242 pp.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

Resumen Ejecutivo 1

Executive Summary 10

ANTECEDENTES 18

OBJETIVO GENERAL 20

OBJETIVOS ESPECIFICOS 20

METODOLOGÍA 21

OBJETIVO ESPECIFICO 1: Proponer un diseño de monitoreo en áreas influenciadas por la acuicultura y alejadas de la influencia antrópica, en las zonas Norte y Centro Norte del país durante los periodos otoño-invierno y primavera-verano. 21

Recopilación de antecedentes 21

Sistematización y análisis de información 22

OBJETIVO ESPECIFICO 2 Analizar para cada estación de muestreo la macrofauna bentónica de fondos blandos, las variables físico-químicas y oxígeno disuelto en profundidad. 32

Plan y Diseño de muestreo 32

Detalle de la forma de llevar a cabo el Muestreo de Sedimentos y Columna de Agua 34

Columna de Agua 34

Equipos columna de agua 35

Toma de datos Columna de agua 36

Sedimentos 37

Equipos sedimentos 37

Toma de muestras de sedimento 38

Materia Orgánica Total: 39

Granulometría: 39

Macrofauna bentónica: 39

Parámetros físico-químicos del sedimento mediciones *In situ* 41

Medición in situ del potencial redox, pH y temperatura del sedimento 41

Metodologías específicas de análisis de sedimentos 42

Carbono Orgánico total: 42

Metales pesados: 43

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Calibración y verificación de equipos y aseguramiento de calidad de los resultados. 43

OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Determinar la condición ambiental de los sectores estudiados en base a los resultados de la aplicación del índice biológico AMBI y variables físicas y químicas analizadas, ... 43

Analisis de componentes abióticos y bióticos..... 44

OBJETIVO ESPECIFICO 4. Ingresar la información obtenida a la base de macrofauna bentónica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura..... 45

RESULTADOS 46

OBJETIVO ESPECIFICO 1: Proponer un diseño de monitoreo en áreas influenciadas por la acuicultura y alejadas de la influencia antrópica, en las zonas Norte y Centro Norte del país durante los periodos otoño-invierno y primavera-verano. 46

Resumen de reunión de Coordinación con la contraparte técnica..... 46

Recopilación de antecedentes (Mes 1 al mes 10)..... 48

Sistematización y análisis de información sitios seleccionados..... 65

OBJETIVO ESPECIFICO 2. Analizar para cada estación de muestreo la macrofauna bentónica de fondos blandos, las variables físico-químicas y oxígeno disuelto en profundidad..... 96

OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Determinar la condición ambiental de los sectores estudiados en base a los resultados de la aplicación del índice biológico AMBI y variables físicas y químicas analizadas. 191

OBJETIVO ESPECIFICO 4. Ingresar la información obtenida a la base de macrofauna bentónica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura..... 210

DISCUSIÓN..... 211

CONCLUSIONES 219

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 221

ANEXO 1. ACTA DE REUNIONES DE COORDINACIÓN 231

ANEXO 2. Cuadro detallado de personal participante por actividad..... 236

ANEXO 3. Resultados Macrofauna SIMPER (DIGITAL) 240

ANEXO 4. Resultados Macrofauna (DIGITAL)..... 240

ANEXO 5. Resultados Laboratorio Metales Pesados (DIGITAL) 240

ANEXO 6. Revisión Bibliográfica_Matriz coordenadas (DIGITAL) 240

ANEXO 7. Normativa internacional 240

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de información utilizada, propósito, fuentes y pre-procesos utilizados en el proyecto SIG. 23
Tabla 2. Grillas regulares de análisis hexagonal, cuadrangular y en diamante: Radio mínimo y máximo relativo 27
Tabla 3. Resumen de actividades durante campaña de verano e invierno 2022. 33
Tabla 4. Descripcion de los profesionales y años de experiencias de los grupos taxonómicos. 44
Tabla 5. Detalle de temas tratados y participación en reuniones de coordinación con la contraparte técnica. 47
Tabla 6 Sectores de monitoreo indicados en las bases técnicas del Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". 48
Tabla 7. Cantidad de documentos seleccionados por fuente de información. 55
Tabla 8. Resumen de ubicaciones por tipo de fuente de información para la región de Antofagasta. 55
Tabla 9 Resumen de ubicaciones por tipo de fuente de información para la Región de Atacama. 56
Tabla 10. Resumen de ubicaciones por tipo de fuente de información para la Región de Coquimbo. 56
Tabla 11 Resumen de ubicaciones por tipo de fuente de información para la región de Valparaíso. 56
Tabla 12. Resumen de tipo de información por ubicación para la región de Antofagasta. Cada dato corresponde a una coordenada que presento información útil para cumplir los objetivos del proyecto. 57
Tabla 13. Resumen de tipo de información por ubicación para la región de Atacama. Cada dato corresponde a una coordenada que presento información útil para cumplir los objetivos del proyecto. 57
Tabla 14. Resumen de tipo de información por ubicación para la región de Coquimbo. Cada dato corresponde a una coordenada que presento información útil para cumplir los objetivos del proyecto. 58
Tabla 15. Resumen de tipo de información por ubicación para la región de Valparaíso. Cada dato corresponde a una coordenada que presento información útil para cumplir los objetivos del proyecto. 58
Tabla 16. Condición de los sectores de monitoreo indicados en las bases técnicas del Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". Indicando la principal fuente antrópica registrada. 61
Tabla 17. Selección de los sectores de monitoreo y condición. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". 62
Tabla 18. Distancias entre fuentes de información por área de interés que presentó información útil: Máximas, Mínimas y Promedio en metros. 65
Tabla 19. Áreas de Manejo y Extracción de Recursos Bentónicos decretadas, Bahía de Coquimbo 83
Tabla 20. Áreas de Manejo y Extracción de Recursos Bentónicos decretadas, Bahía de Tongoy..... 87
Tabla 21. Clasificación de la macrofauna bentónica submareal según el nivel taxonómico alcanzado en las localidades influenciadas y no influenciadas, obtenida a partir del tamiz 1mm y de 0,5 mm, durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 97
Tabla 22. Resumen de valores promedio para de los parámetros univariados: Riqueza (S), Abundancia (N), Uniformidad (J') y Diversidad (H') de los ensambles de invertebrados macrobentónicos caracterizados en cada localidad monitoreada. Campaña Verano 2022. 122
Tabla 23. Resumen de valores promedio para de los parámetros univariados: Riqueza (S), Abundancia (N), Uniformidad (J') y Diversidad (H') de los ensambles de invertebrados macrobentónicos caracterizados en cada localidad monitoreada. Campaña Invierno 2022. 126
Tabla 24. Abundancia y Riqueza Total en los tamices 1mm y 0, 5mm, durante las campañas de verano e invierno 2022. 137
Tabla 25. Resultados de análisis no parametricos ANOSIM, para evaluar la significancia en abundancia y riqueza a nivel de campaña y de acuerdo a la abertura de la malla, para cada todas las localidades. 138
Tabla 26. Profundidades en las 7 estaciones de cada uno de los sitios de estudios clasificados como influenciados y no influenciados. Durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI. FIPA 2018-21. 142
Tabla 27. Transparencia en las 7 estaciones de cada uno de los sitios de estudios clasificados como influenciados y no influenciados. Durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI. FIPA 2018-21. 142
Tabla 28. Promedio de Temperatura del perfil de columna de agua en las 7 estaciones de cada uno de los sitios de estudios clasificados como influenciados y no influenciados. Durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 146
Tabla 29. Promedio de salinidad del perfil de columna de agua en las 7 estaciones de cada uno de los sitios de estudios clasificados como influenciados y no influenciados. Durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 146
Tabla 30. Promedio de Oxigeno disuelto mg/l (*in situ*) del perfil de columna de agua en las 7 estaciones de cada uno de los sitios de estudios clasificados como influenciados y no influenciados. Durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 147

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 31. Valores de Oxígeno disuelto mg/L con metodología Winkler, estación P1, en todas las localidades, Durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 148
Tabla 32. Promedio de las tres réplicas por estación de Temperatura (°C), parámetro medido *in situ* en los sedimentos marinos en áreas Influenciadas y No influenciadas, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 150
Tabla 33. Promedio de las tres réplicas por estación de pH, parámetro medido *in situ* en los sedimentos marinos en áreas Influenciadas y No influenciada, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21, ... 151
Tabla 34. Promedio de las tres réplicas por estación de Potencial redox (mV), parámetro medido *in situ* en los sedimentos marinos en áreas Influenciadas y No influenciada, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 151
Tabla 35. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Bahía Caldera, durante la campaña de verano 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 155
Tabla 36. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Bahía Caldera, durante la campaña de invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 156
Tabla 37. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Ensenada Chapaco, durante campaña de verano 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 158
Tabla 38. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Ensenada Chapaco, durante campaña de invierno 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 159
Tabla 39. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Bahía Coquimbo, durante campaña de verano 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 160
Tabla 40. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Bahía Coquimbo, durante campaña de invierno 2022.Proyecto FIPA AMBI 2018-21, ... 161
Tabla 41. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Bahía Tongoy, durante campaña de verano 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 162
Tabla 42. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Bahía Tongoy, durante campaña de invierno 2022.Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 163
Tabla 43. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Bahía Cisne, durante campaña de verano 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 164
Tabla 44. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Bahía Cisne, durante campaña de invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 165

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 45. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Carrizal Bajo, durante campaña de verano 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 166
Tabla 46. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Carrizal Bajo, durante campaña de invierno 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 167
Tabla 47. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Huentelauquén, durante campaña de verano 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 168
Tabla 48. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Huentelauquén, durante campaña de invierno 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 169
Tabla 49. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Chigualoco, durante campaña de verano 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 170
Tabla 50. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Chigualoco, durante campaña de invierno 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 171
Tabla 51. Concentración de Arsénico (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente. Sedimentos marinos, Durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 173
Tabla 52.Concentración de Cadmio (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente, Sedimentos marinos, Durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 174
Tabla 53.Concentración de plomo (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente en sedimentos marinos, durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 175
Tabla 54.Concentración de zinc (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente en sedimentos marinos, durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 178
Tabla 55. Concentración de Cobre (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente, en sedimentos marinos, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 180
Tabla 56.Concentración de Hierro (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente, en sedimentos marinos, durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 182
Tabla 57. Concentración de Níquel (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente, en sedimentos marinos, durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 186
Tabla 58.Concentración de Vanadio (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente, en sedimentos marinos, durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 187

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 59.Concentración de Carbono orgánico total (%) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente, en sedimentos marinos, durante campaña de verano 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21. 188
Tabla 60**.** Valores promedio del Índice Biótico AMBI y nivel de perturbación obtenidos para cada una de las estaciones de muestreo, correspondientes tanto para las áreas influenciadas y no influenciadas antrópicamente de la región de Atacama y Coquimbo, campaña verano 2022. 194
Tabla 61**.** Valores promedio del Índice Biótico AMBI y nivel de perturbación obtenidos para cada una de las estaciones de muestreo, correspondientes tanto para las áreas influenciadas y no influenciadas antrópicamente de la región de Atacama y Coquimbo. 200
Tabla 62**.** Resultados de los eingvalue del análisis de componetes principales obtenidos para las campañas de verano e invierno 2022, correspondientes tanto para las áreas influenciadas y no influenciadas antrópicamente de la región de Atacama y Coquimbo. 206
Tabla 63**.** Resultados de las variables (coeficiente de las combinaciones lineales) que componen los componentes principales obtenidos para las campañas de verano e invierno 2022, correspondientes tanto para las áreas influenciadas y no influenciadas antrópicamente de la región de Atacama y Coquimbo. 207
Tabla 64**.** Resultados de la selección de variables con su respectiva corrrelacion de spearman (Rho) obtenidos para las campañas de verano e invierno 2022, correspondientes tanto para las áreas influenciadas y no influenciadas antrópicamente de la región de Atacama y Coquimbo. 209

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas generales del Proyecto SIG del estudio "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". 26
Figura 2. Ejemplo de salida del modelo con una grilla hexagonal de análisis. 27
Figura 3. Ejemplo de Triangulación Delaunay en la Bahía de Coquimbo. 28
Figura 4. Árbol de decisiones general para la determinación de zonas de muestreo. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". 30
Figura 5. Descripción de principales parámetros y algoritmos del modelo de análisis. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". Leyenda de croma: Parámetros en azul oscuro; Algoritmos en azul claro y Salidas del modelo en gris. 31
Figura 6. Detalle de los artículos científicos revisados en diversas bases de datos. BBAC: Bibliografía sobre Biodiversidad Acuática de Chile, RBM: Revista de Biología Marina y Oceanografía, LAJAR: Latin American Journal of Aquatic Research 50
Figura 7. Porcentaje de artículos científicos con información relevante para el proyecto. BBAC: Bibliografía sobre Biodiversidad Acuática de Chile, RBM: Revista de Biología Marina y Oceanografía, LAJAR: Latin American Journal of Aquatic Research 50
Figura 8. Cantidad de artículos científicos por año con información útil para el Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". 51
Figura 9. Detalle de los informes técnicos revisados en diversas bases de datos. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". 52
Figura 10. Porcentaje de Informes Técnicos con información relevante para el Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". 53
Figura 11. Detalle de la información sistematizada de los artículos científicos e informes técnicos. ND: No informado. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". 54
Figura 12. Ubicación de puntos geográficos con información respecto de biota, tipo de sustrato, parámetros físico-químicos y contaminantes. Región de Atacama. Proyecto

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

"Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". 59
Figura 13. Ubicación de puntos geográficos con información respecto de biota, tipo de sustrato, parámetros físico-químicos y contaminantes. región de Coquimbo. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". 60
Figura 14. Condición y selección, de los sectores de monitoreo Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental. Región de Atacama. Rojo: Influenciada antrópicamente; Verde: No Intervenida antrópicamente. 63
Figura 15. Condición y selección, de los sectores de monitoreo. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental. Región de Coquimbo. Rojo: Influenciada antrópicamente; Verde: No Intervenida antrópicamente. .. 64
Figura 16. Esquema de ubicación de los puntos de monitoreo de los sitios seleccionado. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental. 66
Figura 17. Información territorial Bahía Caldera, región de Atacama. 68
Figura 18. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Bahía de Caldera, región de Atacama. 69
Figura 19. Información territorial Punta Alcalde, región de Atacama. 72
Figura 20. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Punta Alcalde, región de Atacama. 73
Figura 21. Información territorial Ensenada Chapaco, región de Atacama. 75
Figura 22. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Ensenada Chapaco, región de Atacama. 76
Figura 23. Información territorial Carrizal Bajo, región de Atacama. 78
Figura 24. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Carrizal Bajo, región de Atacama. 79
Figura 25. Información territorial Caleta Cisne, región de Atacama. 81
Figura 26 Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Caleta Cisne, región de Atacama. 82
Figura 27. Información territorial Bahía Coquimbo, región de Coquimbo. 85
Figura 28. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Bahía Coquimbo, región de Coquimbo. 86
Figura 29. Información territorial Bahía Tongoy, región de Coquimbo. 88
Figura 30. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Bahía Tongoy, región de Coquimbo. 89
Figura 31. Información territorial Caleta Huentelauquén, región de Coquimbo. 91

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Figura 32.Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Caleta Huentelauquén, región de Coquimbo..... 92
Figura 33.Información territorial Rada Chigualoco, región de Coquimbo..... 94
Figura 34. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Rada Chigualoco, región de Coquimbo..... 95
FIGURA 35. Distribución general la de abundancia (N°/ind) en porcentaje de grandes grupos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, pertenecientes a las localidades estudiadas en la región de Atacama y Coquimbo. Campañas de verano e invierno 2022. Proyecto FIPA 2018-21 AMBI. 98
Figura 36. Taxones más abundantes (N°ind) registrados durante las campañas de verano e invierno en áreas Influenciadas y No influenciada. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. Los nombres de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha: *Spiophanes duplex*, Ostracoda, *Phoxocephalopsis zimmeri* vista lateral, *P. zimmeri* vista ventral, *Golfingia* sp., *Nucula pisum*, Nematoda y Paraonidae..... 99
FIGURA 37. Gráfico de distribución de abundancia (N°/ind) en porcentaje de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos de las áreas influenciadas, pertenecientes a las localidades estudiadas en la Región de Atacama y Coquimbo. Proyecto FIPA 2018-21 AMBI. 100
FIGURA 38. Gráfico de distribución de abundancia (N°/ind) en porcentaje de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos de las áreas no influenciadas, pertenecientes a las localidades estudiadas en la Región de Atacama y Coquimbo, Proyecto FIPA 2018-21 AMBI. 101
Figura 39. Taxones más abundantes registrados en áreas Influenciadas y No influenciada. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. Fotografías de Poliquetos, los nombres de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha: *Aglaophamus peruana*, cirro interrramal de *Aglaophamus peruana*, *Goniada uncinigera*, *Aphelochaeta longisetosa*, *Kinbergonuphis lineata*, *Nereis dorsolobata*, vista dorsal; vista ventral, *Goniada uncinigera*..... 102
Figura 40. Taxones más abundantes registrados en áreas Influenciadas y No influenciada. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. Fotografías de Arthropoda. Los nombres de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha: *Anchistylis watlingi* (T 0.5mm), *Blepharipoda spinosa* (T1mm), *Ancinus* sp., *Heterosquilla polydactyla*, *Macrochiridothea* sp (T 0.5mm), Estado megalopa, estado megalopa y Oedicerotidae sp..... 103
Figura 41. Taxones más abundantes registrados en áreas Influenciadas y No influenciada. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. Fotografías de Mollusca. Los nombres de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha *Nucula pisum*, *Cumingia mutica* (T 0.5mm), *Eurhomalea lenticularis*, *Felicioliva peruviana* (T1mm), *Ensis macha*, *Natica sp*., *Tegula tridentata* y *Nassarius coppingeri*. 104
FIGURA 42. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Bahía Caldera, durante la campaña de verano 2022 (Arriba) e invierno 2022 (Abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI..... 106

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

FIGURA 43. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Ensenada Chapaco, durante la campaña de verano 2022 (Arriba) e invierno 2022 (Abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI. 108
FIGURA 44. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Bahía Coquimbo, durante la campaña de verano 2022 (arriba) e invierno 2022 (abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI. 110
FIGURA 45. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Bahía Tongoy, durante la campaña de verano 2022 (Arriba) e invierno 2022 (Abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI. 112
FIGURA 46. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Caleta Cisnes, durante la campaña de verano 2022 (arriba) e invierno 2022 (abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI. 114
FIGURA 47. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Carrizal Bajo, durante la campaña de verano 2022 (arriba) e invierno (abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI. 116
FIGURA 48. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Huentelauquén, durante la campaña de verano 2022 (arriba) e invierno 2022 (abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI. 118
FIGURA 49. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Chigualoco, durante la campaña de verano 2022 (arriba) e invierno 2022 (abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI. 120
FIGURA 50. Curva K-dominancia del ensamble macrobentónico de las localidades monitoreados. Campaña Verano 2022. Factor Condición. Arriba: Tamiz 1,0 mm; Abajo: Tamiz 0,5 mm. 123
FIGURA 51. Curva K-dominancia del ensamble macrobentónico de las localidades monitoreados. Campaña Verano 2022. Factor Localidad. Arriba: Tamiz 1,0 mm; Abajo: Tamiz 0,5 mm. 124
FIGURA 52. Curva K-dominancia del ensamble macrobentónico de las localidades monitoreados. Campaña Invierno 2022. Factor Condición. Arriba: Tamiz 1,0 mm; Abajo: Tamiz 0,5 mm. 127
FIGURA 53. Curva K-dominancia del ensamble macrobentónico de las localidades monitoreados. Campaña Invierno2022. Factor Localidad. Arriba: Tamiz 1,0 mm; Abajo: Tamiz 0,5 mm. 128

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

FIGURA 54. NMDS CON SIMILITUD DE BRAY-CURTIS EN LA COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS. CAMPAÑAS VERANO 2022.FACTOR CONDICIÓN**. ARRIBA: TAMIZ 1,0 MM; ABAJO: TAMIZ 0,5 MM.** 130
FIGURA 55**.** NMDS CON SIMILITUD DE BRAY-CURTIS EN LA COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS. CAMPAÑAS VERANO 2022.FACTOR LOCALIDAD**. CONDICIÓN. ARRIBA: TAMIZ 1,0 MM; ABAJO: TAMIZ 0,5 MM.** 131
FIGURA 56. NMDS CON SIMILITUD DE BRAY-CURTIS EN LA COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS. CAMPAÑAS INVIERNO 2022.FACTOR CONDICIÓN**. ARRIBA: TAMIZ 1,0 MM; ABAJO: TAMIZ 0,5 MM.** 133
FIGURA 57. Gráfico de distribución de abundancia (N°/ind) en porcentaje de grandes grupos taxonómicos y Taxones más Abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, tamiz abertura de malla 1mm. Arriba Campaña de Verano 2022 y Abajo Campaña de Invierno 2022 Proyecto FIPA 2018-21 AMBI..... 135
FIGURA 58. Gráfico de distribución de abundancia (N°/ind) en porcentaje de grandes grupos taxonómicos y Taxones más Abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, tamiz de abertura de malla 0,5 mm, Arriba Campaña de Verano 2022, abajo Campaña de Invierno 2022. 136
FIGURA 59. NMDS Abundancias obtenidas con Tamices de abertura de malla de 1mm y 0.5mm para las localidades con Condición Influenciadas en Campaña de Verano 2022 (C1) y Campaña de Invierno 2022 (C2) 139
FIGURA 60. NMDS Abundancias obtenidas con Tamices de abertura de malla de 1mm y 0.5mm para las localidades con Condición No Influenciadas en Campaña de Verano 2022 (C1) y Campaña de Invierno 2022 (C2) 140
FIGURA 61. GRÁFICO DE AREAS DE PROFUNDIDAD Y TRANSPARENCIA EN AREAS INFLUENCIADAS. DURANTE CAMPAÑA DE VERANO E INVIERNO 2022. PROYECTO FIPA 2018-21 AMBI..... 143
FIGURA 62. GRÁFICO DE AREAS DE PROFUNDIDAD Y TRANSPARENCIA EN AREAS NO INFLUENCIADAS. DURANTE CAMPAÑA DE VERANO E INVIERNO 2022. PROYECTO FIPA 2018-21 AMBI..... 144
FIGURA 63. GRÁFICO DE CORRELACIÓN DE OXIGENO DISUELTO (MG/L) CON METODO PUNTUAL DE WINKLER Y VALORES DE CTDO PROMEDIO EN LA COLUMNA DE AGUA EN TODAS LAS LOCALIDADES DEL ESTUDIO, DURANTE CAMPAÑA DE VERANO E INVIERNO, PROYECTO FIPA 2018-21 AMBI. 149
Figura 64. Promedio de parámetros temperatura de los sedimentos marinos en áreas Influenciadas y No influenciada, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 152
Figura 65. Promedio de parámetros pH de los sedimentos marinos en áreas Influenciadas y No influenciada, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 153
Figura 66. Promedio de parámetros potencial redox de los sedimentos marinos en áreas Influenciadas y No influenciada, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21. 154

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Figura 67. Parámetros químicos de laboratorio Arsénico, Cadmio y Plomo, en sedimentos marinos, durante campaña de verano 2022. Proyecto AMBI FIPA 2018-21..... 176
Figura 68. Parámetros químicos de laboratorio Arsénico, Cadmio y Plomo, en sedimentos marinos, durante campaña de invierno 2022. Proyecto AMBI FIPA 2018-21. 177
Figura 69. Parámetros químicos de laboratorio zinc, cobre y hierro, en sedimentos marinos, durante campaña de verano 2022. Proyecto AMBI FIPA 2018-21..... 183
Figura 70. Parámetros químicos de laboratorio zinc, cobre y hierro, en sedimentos marinos, durante campaña de invierno 2022. Proyecto AMBI FIPA 2018-21. 184
Figura 71. Parámetros químicos de laboratorio Níquel, Vanadio y COT, en sedimentos marinos, durante campaña de verano 2022. Proyecto AMBI FIPA 2018-21,..... 189
Figura 72. Parámetros químicos de laboratorio Níquel, Vanadio y COT, en sedimentos marinos, durante campaña de invierno 2022. Proyecto AMBI FIPA 2018-21. 190
Figura 73. Distribución porcentual de especies de cada grupo ecológico y valor del índice biótico AMBI para cada una de las estaciones monitoreadas, correspondientes a las áreas influenciadas antrópicamente de la Región de Atacama y Coquimbo, A) Bahía Caldera, B) Ensenada Chapaco, C) Bahía Coquimbo y D) Bahía Tongoy, ●: Valor AMBI, Campaña Verano 2022. 195
Figura 74. Distribución porcentual de especies de cada grupo ecológico y valor del índice biótico AMBI para cada una de las estaciones monitoreadas, correspondientes a las áreas no influenciadas antrópicamente de la región de Atacama y Coquimbo, A) Caleta Cisne, B) Carrizal Bajo, C) Huentelauquén y D) Chigualoco, ●: Valor AMBI, Campaña Verano 2022. 196
Figura 75. Distribución porcentual de especies de cada grupo ecológico y valor del índice biótico AMBI para cada una de las estaciones monitoreadas, correspondientes a las áreas influenciadas antrópicamente de la Región de Atacama y Coquimbo, A) Bahía Caldera, B) Ensenada Chapaco, C) Bahía Coquimbo y D) Bahía Tongoy, ●: Valor AMBI. 198
Figura 76. Distribución porcentual de especies de cada grupo ecológico y valor del índice biótico AMBI para cada una de las estaciones monitoreadas, correspondientes a las áreas influenciadas antrópicamente de la Región de Atacama y Coquimbo, A) Bahía Caldera, B) Ensenada Chapaco, C) Bahía Coquimbo y D) Bahía Tongoy, ●: Valor AMBI. 201
Figura 77. Distribución porcentual de especies de cada grupo ecológico y valor del índice biótico AMBI para cada una de las estaciones monitoreadas, correspondientes a las áreas no influenciadas antrópicamente de la Región de Atacama y Coquimbo, A) Caleta Cisne, B) Carrizal Bajo, C) Huentelauquén y D) Chigualoco, ●: Valor AMBI. 202
Figura 78. Curvas ABC de localidades clasificadas como influenciadas, curvas con valores promedio de la campaña verano-22 e invierno 22. 204
Figura 79. Curvas ABC de localidades clasificadas como No influenciadas, curvas con valores promedio de la campaña verano-22 e invierno 22. 205
Figura 80. Grafico de análisis de componentes principales obtenida para las 8 localidades de estudios (Influencidas y No influenciadas), para las campañas de verano-22 e invierno 22. 208

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Resumen Ejecutivo

El presente informe final, está en el marco de la ejecución del Estudio Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". Cuyo objetivo general fue generar información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos, en 8 sectores influenciados y no influenciados por la actividad antrópica en las regiones de Atacama y Coquimbo y la aplicación de índices biológicos (AMBI) y estimación de variables físicas y químicos en sedimentos.

El desarrollo del siguiente proyecto se basó en cuatro objetivos específicos, los cuales se detallan a continuación:

Para el desarrollo del objetivo específico OE1, que indicaba "Proponer un diseño de monitoreo en áreas influenciadas por la acuicultura y alejadas de la influencia antrópica, en las zonas Norte y Centro Norte del país durante los periodos otoño-invierno y primavera-verano", se llevaron a cabo diversas actividades, incluyendo reuniones de coordinación, revisión bibliográfica y geoprocesamiento de información.

Se realizaron dos reuniones de coordinación definidas en el plan de actividades del proyecto. La primera reunión, llevada a cabo el 6 de mayo de 2019, tuvo como objetivo presentar el equipo de trabajo de la Universidad de Valparaíso, discutir la metodología a desarrollar y aclarar dudas sobre la toma de muestras para su validación. La segunda reunión, realizada el 9 de agosto de 2019, se enfocó en exponer los resultados de las actividades de levantamiento de información bibliográfica, validación del plan y diseño de muestreo y descripción de sectores de estudio.

En la revisión bibliográfica, se consultaron diversas bases de datos y fuentes de información, como la Bibliografía sobre la Biodiversidad Acuática de Chile (BBAC), el Latin American Journal of Aquatic Research (LAJAR), la Revista de Biología Marina y Oceanografía (RBM), Gayana, informes FIPA, DIA, EIA, LEIA y POAL, así como tesis de pre y postgrado y concesiones de borde costero. Se analizaron un total de 2.077 publicaciones, de las cuales solo el 3,9% (80 publicaciones) fueron útiles para los fines del proyecto. La mayor parte de estas publicaciones útiles se encontraron en la base de datos de BBAC.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

En cuanto al geoprocesamiento de información, se procesaron 102 fuentes de información válidas para ser incorporadas en un Sistema de Información Geográfica (SIG), obteniendo 1.447 ubicaciones con información geográfica válida. Estas ubicaciones abarcaron la zona de estudio y regiones aledañas, facilitando el análisis y discusión de resultados.

La información georreferenciada se tabuló según diversas tipologías, incluyendo tipo de fondo (rocoso, grava, arena y fango), sustrato (granulometría y materia orgánica), biota (especies presentes), contaminantes (organismos y compuestos nocivos) y parámetros físico-químicos. La distribución de la información por región fue la siguiente:

- Región de Antofagasta: Se obtuvieron 30 datos provenientes de publicaciones científicas e informes técnicos.
- Región de Atacama: Se recopilaron 859 datos, principalmente de publicaciones científicas y declaraciones de impacto ambiental.
- Región de Coquimbo: Se obtuvieron 546 datos, incluyendo publicaciones científicas, informes técnicos, declaraciones y estudios de impacto ambiental.
- Región de Valparaíso: Se registraron 12 datos provenientes de publicaciones científicas.

El análisis preliminar de la información georreferenciada permitió clasificar los datos según su utilidad para el proyecto. Se encontró que la región de Atacama presentó la mayor cantidad de datos útiles, seguida por Coquimbo, Antofagasta y Valparaíso.

El proyecto evaluó ocho sectores costeros, todos categorizados como "Influenciados antrópicamente". Las principales fuentes de influencia antrópica incluyeron emisarios de empresas sanitarias y mineras, actividades portuarias y acuicultura. Esta conclusión se basó en una revisión exhaustiva y sistemática de la información ambiental disponible.

Dada la influencia antrópica detectada en los sectores inicialmente estudiados, se realizó un nuevo análisis para identificar zonas menos influenciadas por actividades humanas. Este análisis incluyó la aplicación de criterios de accesibilidad, continuidad en la información y relevancia en el diseño global del muestreo. Se identificaron nuevos sectores, algunos catalogados como "No intervenidos antrópicamente".

Las localidades clasificadas como influenciadas, de norte a sur, fueron Bahía Caldera (región de Atacama), Ensenada Chapaco (región de Atacama), Bahía Coquimbo (región de Coquimbo) y Bahía Tongoy (región de Coquimbo). Por otro lado, las localidades no

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

influenciadas fueron Bahía Cisnes (región de Atacama), Carrizal Bajo (región de Atacama), Huentelauquén (región de Coquimbo) y Chigualoco (región de Coquimbo).

La ejecución de este objetivo permitió establecer un diseño de monitoreo orientado a evaluar las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos, integrando una vasta cantidad de información bibliográfica y georreferenciada. Este esfuerzo proporcionó una base sólida para la evaluación ambiental de las zonas estudiadas, con implicaciones importantes para la gestión de actividades acuícolas e industriales en las regiones Norte y Centro Norte del país.

El desarrollo del objetivo específico OE 2 tuvo como fin "Analizar para cada estación de muestreo la macrofauna bentónica de fondos blandos, las variables físico-químicas y oxígeno disuelto en profundidad"

Para los sitios seleccionados, se realizó un análisis espacial detallado para determinar el diámetro de búsqueda adecuado, basado en la triangulación de Delaunay. Se estableció una grilla de análisis de 500 metros, optando por una configuración hexagonal debido a su menor variación en el radio de búsqueda comparado con otras configuraciones.

Se diseñó un plan de muestreo para las 8 localidades determinadas. En cada sector seleccionado, se distribuyeron siete estaciones de muestreo con una profundidad no mayor a 60 metros. En cada una de las estaciones se obtuvieron datos de la columna de agua, tales como profundidad, visibilidad, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, medidos a través de sonda y CTDO. En la estación 1 de todos los sitios, se realizó la medición de oxígeno disuelto cada 5 metros utilizando el método Winkler para correlacionar y validar los equipos empleados.

Las muestras de sedimentos fueron obtenidas a través de una draga Van Veen, recolectando un total de 168 muestras de macrofauna bentónica y 56 muestras para la determinación de materia orgánica, carbono orgánico, granulometría y metales pesados. Además, se realizaron mediciones *in situ* de temperatura, pH y potencial redox en todas las estaciones de las localidades seleccionadas durante las campañas de invierno y verano.

Los resultados obtenidos de las características físicas y químicas de la columna de agua en diversas localidades revelaron que las profundidades no superaron los 60 metros. Bahía Chapaco, fue la localidad más profunda con 54 metrosde profundidad, por su parte, Bahía Caldera, Caleta Cisne, Bahía Coquimbo, Bahía Tongoy y Huentelauquén mostraron

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

profundidades similares. La visibilidad en verano fue homogénea entre localidades, variando entre 2,5 y 6 metros en valores mínimos y entre 7 y 16 metros en máximos. En invierno, la transparencia mostró mayor variabilidad, con un promedio de 9,96 metros, superior al de verano (4,79 metros).

Las temperaturas del agua variaron entre 13,26 °C y 16,49 °C en verano, y entre 11,39 °C y 14,04 °C en invierno. La salinidad mostró variaciones mínimas entre estaciones, con una tendencia a ser ligeramente menor en invierno en algunas localidades. Los niveles de oxígeno disuelto fueron ligeramente más altos en invierno, con un promedio máximo de 6,8 mg/L y un mínimo de 4,03 mg/L. Los datos de oxígeno disuelto obtenidos con la metodología de Winkler mostraron una alta correlación con los valores promedio medidos con CTDO, con un coeficiente de correlación de 0,99, confirmando la consistencia entre ambos métodos.

Los sedimentos marinos muestran variaciones en temperatura, pH y potencial redox, afectadas por la influencia antrópica y estacional. La temperatura es más alta en verano, con Bahía Caldera alcanzando 14,4 °C, mientras que en invierno oscila entre 12,7 y 13,7 °C. El pH es ligeramente más básico en Bahía Caldera y Bahía Tongoy, y más ácido en Ensenada Chapaco. El potencial redox es negativo en localidades influenciadas, mientras que las no influenciadas tienen valores positivos. Estas diferencias resaltan la importancia de la influencia antrópica y las estaciones del año en los parámetros físico-químicos de los sedimentos marinos.

Los resultados muestran variaciones en los sedimentos marinos de distintas localidades. En Bahía Caldera y Ensenada Chapaco se encontraron sedimentos oscuros con olor a H_2S. En Bahía Coquimbo predominaron los sedimentos cafés sin olor. Bahía Tongoy mostró similares características, pero con niveles de materia orgánica más bajos. En áreas no influenciadas como Bahía Cisne, Carrizal Bajo, Huentelauquén y Chigualoco, predominaron los sedimentos de color claro sin olor, con niveles de materia orgánica variables. Los análisis granulométricos revelaron predominio de arena fina en la mayoría de las localidades.

Los resultados muestran variaciones significativas en la concentración de diversos metales y compuestos en los sedimentos marinos de distintas localidades. En Bahía Caldera, Ensenada Chapaco y Bahía Coquimbo, se encontraron concentraciones de arsénico que fluctuaron entre 3,30 mg/Kg y 35,2 mg/Kg, con valores más altos durante el

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

verano. En las áreas no influenciadas, como Chigualoco y Carrizal Bajo, las concentraciones de arsénico también fueron detectadas, aunque en menor medida, entre 1,9 mg/Kg y 11,0 mg/Kg. Las concentraciones de cadmio fueron generalmente bajas, con excepción de Caleta Cisne y Carrizal Bajo, donde se registraron valores más altos durante el invierno. El plomo mostró concentraciones significativas en todas las localidades, destacando Bahía Coquimbo y Carrizal Bajo con valores entre 5,57 mg/Kg y 11,21 mg/Kg. En cuanto al zinc, las concentraciones estuvieron sobre el límite de detección en todas las áreas, siendo Ensenada Chapaco la localidad con las concentraciones más altas. Las concentraciones de cobre fueron mayores en las áreas influenciadas, especialmente en Ensenada Chapaco y Bahía Coquimbo. Las concentraciones de hierro variaron ampliamente entre las localidades, siendo Ensenada Chapaco la que presentó valores más altos. El níquel mostró concentraciones detectables en todas las áreas, siendo Ensenada Chapaco nuevamente la localidad con las concentraciones más elevadas. Por último, el vanadio también estuvo presente en todas las localidades, siendo Ensenada Chapaco y Huentelauquén las que presentaron los valores más altos. En cuanto al carbono orgánico total, se detectó principalmente en las áreas no influenciadas, con concentraciones más bajos en Bahía Coquimbo y concentraciones más altas en Bahía Caldera.

El estudio de los niveles de metales en sedimentos marinos en Atacama y Coquimbo muestra valores significativamente altos, superiores a otros estudios nacionales previos. Se usaron las directrices de las Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life (CEQGs) para evaluar estos resultados, que incluyen dos rangos de valores: ISQG (niveles raramente adversos para la biota) y PEL (niveles frecuentemente adversos para la biota). Cabe señalar, que en Carrizal Bajo (no influenciada), el 50% de las muestras superan el límite PEL para cadmio. Por su parte, en Ensenada Chapaco (influenciada), el 100% de las muestras superan el límite PEL para cobre, y los valores de zinc, níquel y arsénico están por encima del ISQG.

En lo que respecta la abundancia de macrofauna bentónica, durante la campaña de verano 2022, se registraron 167 taxa con una abundancia total de 46.913 individuos. Durante la campaña de invierno 2022, se observaron 134 taxa y una abundancia de 37.293 individuos. En ambas campañas, se logró identificar a nivel de especie o género

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

un total de 134 taxones, que corresponden a 67.591 individuos, representando el 80,45% del total de ejemplares recolectados.

Por su parte, la composición de la comunidad bentónica, durante la campaña de verano 2022, estuvo dominada por los phyla Arthropoda (33,55%), Annelida (32,35%) y Mollusca (28,93%). Las especies más dominantes fueron *Nucula pisum* (18,83%), Ostracoda (14,18%), *Spiophanes duplex* (10,82%) y *Phoxocephalopsis zimmeri* (5,48%). En invierno, la composición general incluyó 37.295 individuos y 134 taxa. Las especies más abundantes fueron *Ampelisca* spp. (20%), *Nucula pisum* (16,8%) y Ostracoda spp. (11,7%).

Áreas Influenciadas

- **Bahía Caldera**: durante verano, se registraron 15.946 individuos (56 taxa) dominados por Ostracoda spp. y *Nucula pisum*. En invierno, se observaron 6.397 individuos (70 taxa), con dominancia de Ostracoda spp. y *Nucula pisum*.
- **Ensenada Chapaco:** durante verano, se identificaron 3.042 organismos (35 taxa), dominados por *Golfingia* sp. En invierno, se encontraron 7.597 organismos (23 taxa), con *Ampelisca* sp. como especie dominante.
- **Bahía Coquimbo:** durante verano, la comunidad incluyó 3.357 ejemplares (32 taxones) con una alta representación de *Mulinia edulis*. En invierno, se registraron 2.422 ejemplares (40 taxones), dominados por *Mulinia edulis* y Lasaeidae sp. 2.
- **Bahía Tongoy:** durante verano, se observaron 7,271 individuos (50 taxa), con *Nucula pisum* como la especie más abundante. En invierno, se identificaron 8.081 individuos (55 taxa), con *Nucula pisum* como dominante.

Áreas No Influenciadas

- **Caleta Cisnes:** En verano, se registraron 5.685 individuos (64 taxones), dominados por *Sphaerodoropsis octopapillata* y *Ampelisca* sp. 3. En invierno, la comunidad incluyó 2.744 individuos (48 taxones), con *Cirratulus cf. Cirratus* y *Paradoneis* sp. como especies predominantes.
- **Carrizal Bajo:** En verano, se observaron 3.303 ejemplares (30 taxones) con dominancia de Ostracoda spp. y *Incatella cingulata*. En invierno, se identificaron 3.454 individuos (64 taxones), con Ostracoda spp. y *Incatella cingulata* como dominantes.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

- **Huentelauquén:** En verano, la comunidad incluyó 5.774 individuos (47 taxones) con *Spiophanes duplex* como la especie más abundante. En invierno, se observaron 2.732 individuos (34 taxones), con *Spiophanes duplex* como especie dominante.
- **Chigualoco:** En verano, se registraron 4.605 individuos (50 taxa), con *Spiophanes duplex* y *Phoxocephalopsis zimmeri* como las especies más representativas.

Los análisis univariados y multivariados de las campañas de verano e invierno de 2022 revelaron diferencias significativas en la composición y abundancia de las comunidades bentónicas según la influencia antropogénica y la estación del año. En verano, las zonas no influenciadas mostraron mayor riqueza (S) y diversidad (H'), con Caleta Cisne registrando los valores más altos. En contraste, las zonas influenciadas presentaron mayor abundancia (N) y menor uniformidad (J'), destacándose Bahía Coquimbo con valores bajos debido a la alta abundancia de *Mulinia edulis.* Las curvas de dominancia K indicaron mayor dominancia en zonas influenciadas. En invierno, las zonas influenciadas tuvieron mayor riqueza y abundancia, con Bahía Tongoy registrando los valores más altos, mientras que las zonas no influenciadas mostraron mayor diversidad y una uniformidad homogénea. Los análisis nMDS para ambas campañas mostraron una clara separación de las comunidades por condición y localidad, con niveles de estrés aceptables y diferencias significativas respaldadas por ANOSIM. El análisis SIMPER identificó las especies que contribuyeron a estas diferencias, destacando moluscos y poliquetos en zonas influenciadas, y crustáceos en zonas no influenciadas. La comparación de tamices de 1 mm y 0,5 mm mostró variaciones en la abundancia y riqueza de especies, con mayores valores en el tamiz más fino, pero estas diferencias no fueron significativas.

El desarrollo del objetivo específico OE 3 "Determinar la condición ambiental de los sectores estudiados en base a los resultados de la aplicación del índice biológico AMBI y variables físicas y químicas analizadas", permitio evaluar la condición ambiental de áreas con y sin influencia antrópica en la Región de Atacama y Coquimbo utilizando el índice AMBI y diversas variables físicas y químicas. Los resultados de AMBI indicaron que las áreas influenciadas, como Bahía Caldera y Bahía Tongoy, mostraron estados ecológicos moderadamente perturbados, mientras que Ensenada Chapaco y Bahía Coquimbo presentaron estados no perturbados o levemente perturbados. En las áreas no

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

influenciadas, como Caleta Cisne, Carrizal Bajo, Huentelauquén y Chigualoco, se observaron estados ecológicos levemente perturbados en general, manteniéndose estos patrones durante ambas campañas.

Las Curvas de Abundancia-Biomasa (ABC) mostraron que localidades como Coquimbo, Tongoy y Chigualoco estárian moderadamente estresadas, mientras que Ensenada Chapaco y Caleta Cisnes presentan mayor estrés ecológico. Por otro lado, Carrizal Bajo, Huentelauquén y Bahía Caldera no muestran estrés significativo, sugiriendo estabilidad.

El Análisis de Componentes Principales (PCA) reveló que los primeros cinco componentes principales explicaron el 88,5% de la variación total en las variables ambientales, destacando la influencia significativa de metales pesados, condiciones redox, temperatura, pH y carbono orgánico total en las localidades estudiadas.

El análisis BIOENV identificó que el potencial redox, el pH, la granulometría del sedimento, la materia orgánica y la concentración de cobre son las variables que mejor explican los patrones biológicos observados, con una correlación máxima de 0,613 al considerar estas cinco variables. Estos resultados subrayan la importancia de estos factores ambientales en la estructura biológica de las comunidades y son cruciales para la gestión y conservación de los ecosistemas en los sectores estudiados.

A modo general, a pesar de la alta concentración de contaminantes, el índice AMBI indicó que Ensenada Chapaco estaría catalogada como "No perturbado" o "Levemente Perturbado" debido a la dominancia de especies categorizadas según el software como muy sensibles e indiferentes al enriquecimiento de materia orgánica.

En general, el Índice Biótico Marino (AMBI) se destaca como una herramienta crítica y útil para evaluar la calidad ambiental de los ecosistemas marinos en la costa de Chile, especialmente en la evaluación de sedimentos marinos. Sin embargo, su efectividad requiere ser complementada con otros índices ecológicos tradicionales y considerar las limitaciones asociadas con la disponibilidad de trabajos taxonómicos detallados.

La escasez de especialistas en ciertos grupos taxonómicos, como Sipuncula y Amphipoda, resulta en costos significativos para lograr suficiencia taxonómica, lo que puede impactar en conclusiones erróneas del AMBI, como se evidenció en Ensenada Chapaco. Se evidencia la necesidad de aumentar el conocimiento y una mejor clasificación de las especies macrobentónicas, lo que implica, por una parte contar con taxónomos con la capacidad de describir especies nuevas y generar herramientas para su

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

identificación, asi como conocer la biología y ecología de las especies macrobentónicas en el territorio chileno para mejorar la precisión de las evaluaciones ambientales.

Por su parte, el cumplimiento del objetivo específico OE 4 "Ingresar la información obtenida a la base de macrofauna bentónica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura". Se llevó a cabo de acuerdo a lo establecido en las Resoluciones Ex. N°932-18 y N°934-18, disponibles en la página web de SUBPESCA.

En conclusión, los objetivos específicos del proyecto fueron alcanzados con éxito, proporcionando una comprensión detallada de la estructura y condición ambiental de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos en las regiones de Atacama y Coquimbo, asi como la aplicación de índices biológicos. Estos hallazgos son fundamentales para la gestión y conservación de los ecosistemas costeros, ofreciendo una base sólida para la toma de decisiones y la implementación de estrategias de protección ambiental.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Executive Summary

The present final report is within the framework of the execution of the study "Survey of information on subtidal benthic communities of soft bottoms and the application of biological indices (AMBI) for their environmental assessment, from the northern to the north-central zones (2nd stage)." The general objective was to generate information on the subtidal benthic communities of soft bottoms in 8 sectors influenced and not influenced by anthropogenic activity in the regions of Atacama and Coquimbo and the application of biological indices (AMBI) and estimation of physical and chemical variables in sediments.

The development of this project was based on four specific objectives, which are detailed below:

For the development of the specific objective OE1, which indicated "Propose a monitoring design in areas influenced by aquaculture and areas far from anthropogenic influence in the northern and north-central zones of the country during the autumn-winter and spring-summer periods," various activities were carried out, including coordination meetings, literature review, and geoprocessing of information.

Two coordination meetings defined in the project activity plan were held. The first meeting, held on May 6, 2019, aimed to introduce the University of Valparaíso work team, discuss the methodology to be developed, and clarify doubts about sampling for validation. The second meeting, held on August 9, 2019, focused on presenting the results of the literature review activities, validation of the plan and sampling design, and description of study sectors.

In the literature review, various databases and information sources were consulted, such as the Bibliography on Aquatic Biodiversity of Chile (BBAC), the Latin American Journal of Aquatic Research (LAJAR), the Revista de Biología Marina y Oceanografía (RBM), Gayana, FIPA reports, DIA, EIA, LEIA, and POAL, as well as undergraduate and postgraduate theses and coastal border concessions. A total of 2,077 publications were analyzed, of which only 3.9% (80 publications) were useful for the project's purposes. Most of these useful publications were found in the BBAC database.

Regarding the geoprocessing of information, 102 valid information sources were processed to be incorporated into a Geographic Information System (GIS), obtaining 1,447 locations with valid geographic information. These locations covered the study area and surrounding regions, facilitating the analysis and discussion of results.

The georeferenced information was tabulated according to various typologies, including type of bottom (rocky, gravel, sand, and mud), substrate (grain size and organic matter), biota (species present), contaminants (harmful organisms and compounds), and physicochemical parameters. The distribution of information by region was as follows:

- Antofagasta Region: 30 data points from scientific publications and technical reports.
- Atacama Region: 859 data points, mainly from scientific publications and environmental impact statements.
- Coquimbo Region: 546 data points, including scientific publications, technical reports, and environmental impact statements and studies.
- Valparaíso Region: 12 data points from scientific publications.

The preliminary analysis of the georeferenced information allowed for the classification of the data according to its usefulness for the project. It was found that the Atacama region had the most useful data, followed by Coquimbo, Antofagasta, and Valparaíso.

The project evaluated eight coastal sectors, all categorized as "Anthropogenically Influenced." The main sources of anthropogenic influence included emissions from sanitation and mining companies, port activities, and aquaculture. This conclusion was based on a thorough and systematic review of the available environmental information.

Given the anthropogenic influence detected in the initially studied sectors, a new analysis was conducted to identify areas less influenced by human activities. This analysis included the application of criteria such as accessibility, continuity of information, and relevance in the overall sampling design. New sectors were identified, some categorized as "Not Anthropogenically Intervened."

In summary, according to the study, the locations classified as influenced, from north to south, were Bahía Caldera (Atacama region), Ensenada Chapaco (Atacama region), Bahía Coquimbo (Coquimbo region), and Bahía Tongoy (Coquimbo region). On the other hand, the non-influenced locations were Bahía Cisnes (Atacama region), Carrizal Bajo (Atacama region), Huentelauquén (Coquimbo region), and Chigualoco (Coquimbo region).

This objective achieved the establishment of a monitoring design to evaluate the subtidal benthic communities of soft bottoms, integrating a vast amount of bibliographic and georeferenced information. This effort provides a solid foundation for the environmental assessment of the studied areas, with significant implications for the management of

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

aquaculture and industrial activities in the northern and north-central regions of the country.

The development of specific objective OE2, which states "Analyze the benthic macrofauna of soft bottoms, the physicochemical variables, and dissolved oxygen at depth for each sampling station."

For the selected sites, a detailed spatial analysis was conducted to determine the appropriate search diameter based on Delaunay triangulation. An analysis grid of 500 meters was established, opting for a hexagonal configuration due to its lower variation in the search radius compared to other configurations.

A sampling plan was designed for the 8 determined locations. In each selected sector, seven sampling stations were distributed with a depth not exceeding 60 meters. At each station, data on the water column, such as depth, visibility, temperature, salinity, and dissolved oxygen, were obtained using a probe and CTDO. At station 1 of all sites, dissolved oxygen was measured every 5 meters using the Winkler method to correlate and validate the equipment used.

Sediment samples were obtained using a Van Veen grab, collecting a total of 168 samples of benthic macrofauna and 56 samples for the determination of organic matter, organic carbon, grain size, and heavy metals. Additionally, in situ measurements of temperature, pH, and redox potential were conducted at all stations in the selected locations during the winter and summer campaigns.

The results obtained from the physical and chemical characteristics of the water column in various locations revealed that the depths did not exceed 60 meters. Bahía Chapaco was the deepest location with a depth of 54 meters, while Bahía Caldera, Caleta Cisne, Bahía Coquimbo, Bahía Tongoy, and Huentelauquén showed similar depths. Summer visibility was homogeneous between locations, ranging from 2.5 to 6 meters in minimum values and from 7 to 16 meters in maximum values. In winter, transparency showed greater variability, with an average of 9.96 meters, higher than that of summer (4.79 meters).

Water temperatures ranged between 13.26°C and 16.49°C in summer, and between 11.39°C and 14.04°C in winter, with lower temperatures observed in winter. Salinity showed minimal variations between stations, with a tendency to be slightly lower in winter in some locations. Dissolved oxygen levels were slightly higher in winter, with a maximum average of 6.8 mg/L and a minimum of 4.03 mg/L. The dissolved oxygen data obtained

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

using the Winkler method showed a high correlation with the average values measured with CTDO, with a correlation coefficient of 0.99, confirming the consistency between both methods.

Marine sediments showed variations in temperature, pH, and redox potential, affected by anthropogenic and seasonal influences. Temperature is higher in summer, with Bahía Caldera reaching 14.4°C, while in winter it ranges between 12.7 and 13.7°C. The pH is slightly more basic in Bahía Caldera and Bahía Tongoy, exceeding 8, and more acidic in Ensenada Chapaco. Redox potential is negative in influenced locations, while non-influenced ones have positive values, indicating oxidized conditions. These differences highlight the importance of anthropogenic influence and seasons in the physicochemical parameters of marine sediments.

The results show variations in marine sediments from different locations. In Bahía Caldera and Ensenada Chapaco, dark sediments with an H2S odor were found. In Bahía Coquimbo, brown sediments without odor predominated. Bahía Tongoy showed similar characteristics but with lower organic matter levels. In non-influenced areas such as Bahía Cisne, Carrizal Bajo, Huentelauquén, and Chigualoco, light-colored sediments without odor predominated, with variable organic matter levels. Grain size analyses revealed a predominance of fine sand in most locations, with diverse frequency distributions.

The results show significant variations in the concentration of various metals and compounds in marine sediments from different locations. In Bahía Caldera, Ensenada Chapaco, and Bahía Coquimbo, arsenic concentrations ranged between 3.30 mg/Kg and 35.2 mg/Kg, with higher values during the summer. In non-influenced areas such as Chigualoco and Carrizal Bajo, arsenic concentrations were also detected, although to a lesser extent, ranging from 1.9 mg/Kg to 11.0 mg/Kg. Cadmium concentrations were generally low, except in Caleta Cisne and Carrizal Bajo, where higher values were recorded during the winter. Lead showed significant concentrations in all locations, with Bahía Coquimbo and Carrizal Bajo standing out with values between 5.57 mg/Kg and 11.21 mg/Kg. Zinc concentrations were above the detection limit in all areas, with Ensenada Chapaco having the highest concentrations. Copper concentrations were higher in influenced areas, especially in Ensenada Chapaco and Bahía Coquimbo. Iron concentrations varied widely among the locations, with Ensenada Chapaco showing the highest values. Nickel showed detectable concentrations in all areas, with Ensenada

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Chapaco again having the highest concentrations. Lastly, vanadium was present in all locations, with Ensenada Chapaco and Huentelauquén showing the highest values. Total organic carbon was mainly detected in non-influenced areas, with lower concentrations in Bahía Coquimbo and higher concentrations in Bahía Caldera.

The study of metal levels in marine sediments in Atacama and Coquimbo shows significantly high values, exceeding those of previous national studies. The Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life (CEQGs) were used to evaluate these results, which include two ranges of values: ISQG (levels rarely adverse to biota) and PEL (levels frequently adverse to biota). Notably, in Carrizal Bajo (non-influenced), 50% of the samples exceed the PEL limit for cadmium. In Ensenada Chapaco (influenced), 100% of the samples exceed the PEL limit for copper, and the values of zinc, nickel, and arsenic are above the ISQG.

Regarding the abundance of benthic macrofauna, during the summer 2022 campaign, 167 taxa were recorded with a total abundance of 46,913 individuals. During the winter 2022 campaign, 134 taxa and an abundance of 37,293 individuals were observed. In both campaigns, a total of 134 taxa were identified at the species or genus level, corresponding to 67,591 individuals, representing 80.45% of the total specimens collected.

On the other hand, the composition of the benthic community during the summer 2022 campaign was dominated by the phyla Arthropoda (33.55%), Annelida (32.35%), and Mollusca (28.93%). The most dominant species were Nucula pisum (18.83%), Ostracoda (14.18%), Spiophanes duplex (10.82%), and Phoxocephalopsis zimmeri (5.48%). In winter, the general composition included 37,295 individuals and 134 taxa. The most abundant species were Ampelisca spp. (20%), Nucula pisum (16.8%), and Ostracoda spp. (11.7%).

Influenced Areas:

- **Bahía Caldera:** In summer, 15,946 individuals (56 taxa) were recorded, dominated by Ostracoda spp. and Nucula pisum. In winter, 6,397 individuals (70 taxa) were observed, with Ostracoda spp. and Nucula pisum being dominant.
- **Ensenada Chapaco:** In summer, 3,042 organisms (35 taxa) were identified, dominated by Golfingia sp. In winter, 7,597 organisms (23 taxa) were found, with Ampelisca sp. as the dominant species.

- **Bahía Coquimbo:** In summer, the community included 3,357 specimens (32 taxa) with a high representation of Mulinia edulis. In winter, 2,422 specimens (40 taxa) were recorded, dominated by Mulinia edulis and Lasaeidae sp. 2.
- **Bahía Tongoy:** In summer, 7,271 individuals (50 taxa) were observed, with Nucula pisum as the most abundant species. In winter, 8,081 individuals (55 taxa) were identified, with Nucula pisum being dominant.

Non-Influenced Areas:

- **Caleta Cisnes:** In summer, 5,685 individuals (64 taxa) were recorded, dominated by Sphaerodoropsis octopapillata and Ampelisca sp. 3. In winter, the community included 2,744 individuals (48 taxa), with Cirratulus cf. cirratus and Paradoneis sp. as predominant species.
- **Carrizal Bajo:** In summer, 3,303 specimens (30 taxa) were observed, dominated by Ostracoda spp. and Incatella cingulata. In winter, 3,454 individuals (64 taxa) were identified, with Ostracoda spp. and Incatella cingulata being dominant.
- **Huentelauquén:** In summer, the community included 5,774 individuals (47 taxa) with Spiophanes duplex as the most abundant species. In winter, 2,732 individuals (34 taxa) were observed, with Spiophanes duplex as the dominant species.
- **Chigualoco:** In summer, 4,605 individuals (50 taxa) were recorded, with Spiophanes duplex and Phoxocephalopsis zimmeri as the most representative species.

Univariate and multivariate analyses of the summer and winter 2022 campaigns revealed significant differences in the composition and abundance of benthic communities based on anthropogenic influence and the season. In summer, non-influenced areas showed higher richness (S) and diversity (H'), with Caleta Cisne recording the highest values. In contrast, influenced areas had higher abundance (N) and lower evenness (J'), with Bahía Coquimbo standing out with low values due to the high abundance of Mulinia edulis. Dominance curves (K) indicated higher dominance in influenced areas. In winter, influenced areas had higher richness and abundance, with Bahía Tongoy recording the highest values, while non-influenced areas showed higher diversity and homogeneous evenness. nMDS analyses for both campaigns showed a clear separation of communities by condition and locality, with acceptable stress levels and significant differences supported by ANOSIM. SIMPER analysis identified the species contributing to these differences, highlighting

mollusks and polychaetes in influenced areas, and crustaceans in non-influenced areas. The comparison of 1 mm and 0.5 mm sieves showed variations in species abundance and richness, with higher values in the finer sieve, but these differences were not significant.

The development of the specific objective OE 3 "Determine the environmental condition of the studied sectors based on the results of the application of the AMBI biological index and analyzed physical and chemical variables."

During the summer and winter 2022 campaigns, the environmental condition of areas with and without anthropogenic influence in the Atacama and Coquimbo Regions was evaluated using the AMBI index and various physical and chemical variables. The AMBI results indicated that influenced areas, such as Bahía Caldera and Bahía Tongoy, showed moderately disturbed ecological states, while Ensenada Chapaco and Bahía Coquimbo presented undisturbed or slightly disturbed states. In non-influenced areas, such as Caleta Cisne, Carrizal Bajo, Huentelauquén, and Chigualoco, slightly disturbed ecological states were generally observed, maintaining these patterns during both campaigns.

Abundance-Biomass Curves (ABC) showed that localities like Coquimbo, Tongoy, and Chigualoco are moderately stressed, while Ensenada Chapaco and Caleta Cisnes exhibit higher ecological stress. On the other hand, Carrizal Bajo, Huentelauquén, and Bahía Caldera did not show significant stress, suggesting stability.

Principal Component Analysis (PCA) revealed that the first five principal components explained 88.5% of the total variation in environmental variables, highlighting the significant influence of heavy metals, redox conditions, temperature, pH, and total organic carbon in the studied localities.

The BIOENV analysis identified that redox conditions, pH, sediment granulometry, organic matter, and the presence of copper are the variables that best explain the observed biological patterns, with a maximum correlation of 0.613 when considering these five variables. These results underscore the importance of these environmental factors in the biological structure of communities and are crucial for the management and conservation of ecosystems in the studied sectors.

Despite the high concentration of pollutants, the AMBI index indicated that Ensenada Chapaco would be classified as "Undisturbed" or "Slightly Disturbed" due to the dominance of species categorized as very sensitive and indifferent to organic matter

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

enrichment. This suggests the need for better classification of the species present in the region.

Overall, the Marine Biotic Index (AMBI) stands out as a critical and useful tool for assessing the environmental quality of marine ecosystems along the Chilean coast, especially in the evaluation of marine sediments. However, its effectiveness needs to be complemented with other traditional ecological indices and consider the limitations associated with the availability of detailed taxonomic work. The optimal combination of environmental parameters to represent the distribution of benthic macrofauna includes pH, Redox, Total Organic Matter, Copper, and Granulometry. The scarcity of specialists in certain taxonomic groups, such as Sipuncula and Amphipoda, results in significant costs to achieve taxonomic sufficiency, which can impact erroneous AMBI conclusions, as evidenced in Ensenada Chapaco. There is a need to increase knowledge and training in the taxonomy, biology, and ecology of macrobenthic species in the Chilean territory to improve the accuracy of environmental assessments.

Regarding the fulfillment of specific objective OE 4 "Enter the obtained information into the benthic macrofauna database of the Undersecretariat of Fisheries and Aquaculture," this was carried out in accordance with the provisions of Resolutions Ex. N°932-18 and N°934-18, available on the SUBPESCA website.

In conclusion, the specific objectives of the project were successfully achieved, providing a detailed understanding of the structure and environmental condition of subtidal soft-bottom benthic communities in the Atacama and Coquimbo regions. These findings are fundamental for the management and conservation of coastal ecosystems, offering a solid foundation for decision-making and the implementation of environmental protection strategies.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

ANTECEDENTES

En general, en zonas estuarinos y costeras el sedimento actúa como un sumidero y se convierten en la mayor fuente potencial de contaminantes inorgánicos y orgánicos en el medio marino (Garmendia et al 2000), esto es debido a que, en aguas poco profundas, la dinámica de los bentos está estrechamente relacionada con los procesos que ocurren en la columna de agua (Cowan *et al.,* 1996; Magni & Montani, 2000; Fabiano *et al.,* 2001; Magni *et al*., 2002). Por lo tanto, mediciones integradas de los componentes físicos, químicos y biológicos de los bentos y la columna de agua, podrían representar importantes herramientas para la evaluación de la zona costera (Magni 2003).

Esta situación fue detectada por países de la Unión Europea hace más de una década (Hyland *et al* 2000). Lo que se refleja en la actual legislación The European Water Framework Directive (WFD: 2000/60/EC), que a diferencia de lo indicado en la Normativa Chilena, la WFD indica que, junto con las características físico químicas del agua, enfatiza la importancia de los indicadores biológicos, en orden de establecer la calidad ecológica de las aguas estuarinas y costeras (Borja 2005), en este sentido hay diferentes elementos biológicos que han sido estudiados, como el fitoplancton, las macroalgas, el bentos y los peces.

En particular, los invertebrados bentónicos son usados frecuentemente como bioindicadores del estado marino (Van Dolah *et al*., 1999; Dell'Anno *et al*., 2002), debido principalmente a que presentan ventajas respecto a otros componentes de la biota acuática, entre las que destacan: a) Son sedentarios o de movilidad limitada, por lo tanto son representativos de condiciones locales y sitios específicos (Bilyard 1987), b) Son omnipresentes, están presentes en gran número y son relativamente fáciles de muestrear (Lenat *et al* 1980), c) Son diversos y presentan diferentes grado de sensibilidad al estrés ambiental proporcionando una definición espacial del impacto (Metcalfe 1989, Pearson and Rosenberg 1978, Hyland *et al* 2000, Mangi 2003), d) Son importantes en la estructura y funcionamiento del ecosistema (Bilyard 1987), e) Ya existen los métodos de análisis de datos los que han sido validados en diferentes ambientes (Mangi 2003). Razón por la cual la Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) de la UNESCO forma el IOC Study Group on Benthic Indicators (Viaroli *et al* 2004).

La preocupación actual de evaluar la calidad del agua y los sedimentos radica en que los ambientes acuáticos están constantemente afectados por diversos factores, entre ellos, los usos del suelo, la producción industrial y agrícola, acuícola y el tratamiento que se da a las aguas residuales domésticas antes de ser vertidas nuevamente a los cuerpos de agua (Hakanson *et al* 2000). Los océanos y los estuarios son los últimos receptores de estas descargas que deliberada o accidentalmente se generan como consecuencia de las actividades humanas. El principal y más agudo impacto de estas actividades ocurre en las zonas costeras donde el crecimiento de la población ha aumentado dramáticamente a través de los años (Kennish 1997). Este aumento en la población costera repercutirá en todos los sentidos; en urbanización, incremento de la explotación de los recursos naturales, en el agotamiento de recursos costeros y marinos, en deterioro de ecosistemas y un incremento en la descarga de residuos sólidos y líquidos (Lopez-Rios & Lechuga-Anaya 2000), situaciones que tendrían como consecuencia la disminución de la calidad de los bienes y servicios que la zona costera puede ofrecer, provocando una disminución en las oportunidades de desarrollar economías basadas en actividades recreativas y ecoturismo; las que dependen en gran medida de la calidad de las aguas, los sedimentos y la biota que componen los sistemas estuarinos y marinos (Solaun *et al* 2009).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

OBJETIVO GENERAL

Levantar información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos, en determinados sectores de la zona Norte y Centro Norte del país, junto con caracterizar la condición ambiental que presentan, a través de la aplicación de índices biológicos (AMBI) y variables físicas y químicos en sedimentos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

OE 1 Proponer un diseño de monitoreo en áreas influenciadas por la acuicultura y alejadas de la influencia antrópica, en las zonas Norte y Centro Norte del país durante los periodos otoño-invierno y primavera-verano.

OE 2 Analizar para cada estación de muestreo la macrofauna bentónica de fondos blandos, las variables físico-químicas y oxígeno disuelto en profundidad.

OE 3 Determinar la condición ambiental de los sectores estudiados en base a los resultados de la aplicación del índice biológico AMBI y variables físicas y químicas analizadas.

OE 4 Ingresar la información obtenida a la base de macrofauna bentónica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

METODOLOGÍA

OBJETIVO ESPECIFICO 1: Proponer un diseño de monitoreo en áreas influenciadas por la acuicultura y alejadas de la influencia antrópica, en las zonas Norte y Centro Norte del país durante los periodos otoño-invierno y primavera-verano.

Recopilación de antecedentes

Con el fin de caracterizar las actividades acuícolas e industriales u otras que se desarrollan en el borde costero de la zona de estudio, incluyendo la existencia de áreas protegidas, parques marinos y/o áreas que concentren biodiversidad. Así como recopilar información referente a estudios relacionados a Macrofauna Bentónica, Contaminantes, Metales pesados, Emisarios Submarinos; Granulometria, Materia Orgánica. Además, se realizó una búsqueda a partir de información secundaria (estudios de línea base y monitoreos, programas de vigilancia), con estas palabras claves se realizaron búsquedas en artículos científicos y otras investigaciones. Esta información permitió describir la distribución de las variables ambientales consideradas como relevantes, permitiendo generar un diagnóstico territorial integrado.

Para la recopilación de información referente a los sitios de estudio se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva consultando las siguientes bases de datos tanto físicas (Biblioteca Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Naturales de la Universidad de Valparaíso) como digitales (Springer, Science direct, web of science, Full Text Finder y EBSCO) utilizando las palabras claves indicadas anteriormente:

- Bibliografía sobre la Biodiversidad Acuática de Chile (BBAC). Sergio Palma, Pedro Báez & Germán Pequeño (Eds.) 2010. (Actualizado al 2010).
- Latin American Journal of Aquatic Research (LAJAR) (2010-2019).
- Revista de Biología Marina y Oceanografía (RBM) (2010-2019).
- Gayana (2010-2019).
- Informes FIPA de la Región de Atacama y Región de Coquimbo.
- Informes de Declaración de Impacto Ambiental (DIA) de la Región de Atacama y Región de Coquimbo.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

- Informes de Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la Región de Atacama y Región de Coquimbo.
- Informes LEIA (Laboratorio de Ecología e Impactos Ambientales de la Universidad de Valparaíso (FNDR y PVA) de la Región de Atacama y Región de Coquimbo.
- POAL (Programa de Observación del Ambiente Litoral) de la Región de Atacama y Región de Coquimbo.

Sistematización y análisis de información

Los artículos científicos con información útil fueron organizados mediante un gestor de referencias bibliográficas (Mendeley desktop versión 1.19.5) con el fin de crear una base de datos de la información bibliográfica de las zonas de estudio.

Por su parte, para la elaboración de la cartografía digital que describa la distribución espacial de las variables, se utilizó como carta base la información vectorial disponible en la Infraestructura de Datos Espaciales de organismos públicos.

Toda información se revisó en términos de concordancia lógica antes de ser adecuada e ingresada a la plataforma, en caso de que no cumpliese con los mínimos requeridos se procedió a corregir en procesos por lotes o manualmente.

Los procesos más recurrentes fueron: reproyección, interpolación, cálculo de áreas/distancias, unión de base de datos, extracción de datos por localización, además de, algebra de mapas y scripting para procesos por lotes. Para el procesamiento de información se utilizaron los Sistemas de Información Geográficos GRASS-GIS 7 y QGIS 2.14 sobre un entorno de trabajo en Linux (Ubuntu 18.04 LTS), en un Sistema de coordenadas de referencia UTM zona 19S, Datum WGS 84 (EPSG: 32719).

Sobre la cartografía base de los sectores en estudio, se construyeron capas con información referente a los usos del territorio, ubicación de fuentes de contaminación y lugares con información ambiental y biológica. Dicha información se obtuvo a partir de las fuentes que se indican en la Tabla 1.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 1. Resumen de información utilizada, propósito, fuentes y pre-procesos utilizados en el proyecto SIG.

Información	Propósito	Fuente	Pre-procesos relevantes
AMERB Decretadas	Definición de variable de Componente	Web de contraparte técnica	Reproyección
AMERB Ampliadas	Definición de variable de Componente	Web de contraparte técnica	Reproyección
AMERB Rechazadas	Definición de variable de Componente	Web de contraparte técnica	Reproyección
AMERB Reducidas	Definición de variable de Componente	Web de contraparte técnica	Reproyección
AMERB Solicitadas	Definición de variable de Componente	Web de contraparte técnica	Reproyección
ECMPO	Referencial para cartografía Base	Web de contraparte técnica	Reproyección
Caletas pesqueras	Referencial para cartografía Base	Web de contraparte técnica	Ninguna
Concesiones de Acuicultura	Referencial para cartografía Base	Web de contraparte técnica	Reproyección
Acuicultura en AMERB	Referencial para cartografía Base	Web de contraparte técnica	Reproyección
Línea de Costa	Referencial para cartografía Base	AAA	Conversión y cotejo manual
Línea de Baja Marea	Referencial para cartografía Base	AAA	Conversión y cotejo manual
Monumentos históricos	Referencial para cartografía Base	Consejo de Monumentos Nacionales	Ninguna
Santuario de la Naturaleza	Referencial para cartografía Base	Consejo de Monumentos Nacionales	Ninguna
Zonas típicas o Pintoresca	Referencial para cartografía Base	Consejo de Monumentos Nacionales	Ninguna
Áreas Marinas Costeras Protegidas	Referencial para cartografía Base	Sistema Nacional de Información Ambiental	Reproyección
Monumento Natural	Referencial para cartografía Base	Sistema Nacional de Información Ambiental	Reproyección
Parque Marino	Referencial para cartografía Base	Sistema Nacional de Información Ambiental	Reproyección
Reservas Marinas	Referencial para cartografía Base	Sistema Nacional de Información Ambiental	Reproyección
Santuario de la Naturaleza – Área	Referencial para cartografía Base	Sistema Nacional de Información Ambiental	Reproyección
Red Vial	Definición de variable de Componente	Biblioteca del Congreso Nacional	Ninguna
Red Hidrográfica	Cálculo de variable de Componente	Biblioteca del Congreso Nacional	Ninguna
Masas de Agua	Referencial para cartografía Base	Biblioteca del Congreso Nacional	Ninguna
Áreas Urbanas	Referencial para cartografía Base	Biblioteca del Congreso Nacional	Ninguna

Tabla 1. Resumen de información, propósito, fuentes y pre-procesos utilizados en el proyecto SIG (continuación)

Información	Propósito	Fuente	Pre-procesos relevantes
División Regional	Referencial para cartografía Base	Biblioteca del Congreso Nacional	Ninguna
División Comunal	Referencial para cartografía Base	Biblioteca del Congreso Nacional	Ninguna
Batimetría local	Definición de variable de Componente	Elaboración propia en base a cartas SHOA provistas por la mapoteca de la facultad de Ciencias del Mar	Digitalización e Interpolación
Batimetría semilocal	Definición de variable de Componente	TOPEX, Cartas SHOA	Reproyección e Interpolación
Batimetría general	Referencial para cartografía Base	TOPEX, Cartas SHOA	Reproyección
Nombres geográficos	Referencial para cartografía Base	Biblioteca del Congreso Nacional	Ninguna
Concesiones vigentes	Referencial para cartografía Base	Subsecretaría para las Fuerzas Armadas	Extracción masiva, tabulación, vectorización, cotejo manual y reclasificación funcional
Concesiones en trámite	Referencial para cartografía Base	Subsecretaría para las Fuerzas Armadas	Extracción masiva, tabulación, vectorización, cotejo manual y reclasificación funcional
Áreas aptas para la Acuicultura	Definición de variable de Componente	Web de contraparte técnica	Vectorización
Macrozonificación borde costero	Definición de variable de Componente	Web de contraparte técnica	Ninguna
Áreas de interés inicial	Identificación de áreas de interés del estudio	Bases técnicas y reunión con contraparte	Zonificación y digitalización
Proyectos SEA	Extraer información relevante de Líneas Base de EIA y DIA	Web del SEA	Re-proyección
Datos POAL	Información sobre análisis físico, químicos, biológicos y sedimentarios	Web del POAL	Tabulación y re-proyección

Los principales formatos de salida a los que fue configurado el proyecto fueron: 582x1000mm y 216x279mm. El primero para emisión de documentos para instancias de talleres internos, mientras que el segundo diseño se planteó para la emisión de figuras con fines documentales.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Alimentación SIG con información específica

Si bien la base SIG tiene por objeto principal configurar el marco operativo del sistema y representación del mapa base, la información específica tiene relación con el cumplimiento del propósito esencial del presente trabajo (Figura 1). La información específica incorporada en el sistema se clasificó de la siguiente manera:

- **Componentes territoriales:** Éste engloba a aquellos componentes estructurados estáticos presentes en el área de estudio de relevancia para la aplicación del modelo. En particular corresponden a estructuras submarinas o costeras presentes en proyectos ingresados al Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) y Fondo de Investigación Pesquera (FIPA) anteriores (ej. Emisarios submarinos, Muelles, Cañerías aductoras, entre otras).
- **Fenómenos territoriales:** Corresponde a información territorial parcialmente estructurada de dinámica estacional como, por ejemplo: Plumas de desembocaduras, descargas de emisario y corrientes marinas. Para la determinación de esta información se utilizaron principalmente imágenes satelitales e informes previos.
- **Parámetros territoriales:** Principalmente es información no estructurada correspondiente a mediciones particulares o bien información de relevancia para el ajuste del modelo (ej. Área de influencia de la acuicultura en el ecosistema marino). Las principales fuentes de este tipo de información fueron publicaciones científicas y análisis de laboratorio. La presencia de este tipo de fuente de información determinó el radio de búsqueda del modelo de análisis, mientras por su lado, la ejecución escalar del modelo permitió intensificar la búsqueda de información en áreas donde no había registros sobre Biota, Sustrato, Parámetros Físico – Químicos y/o Contaminantes.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

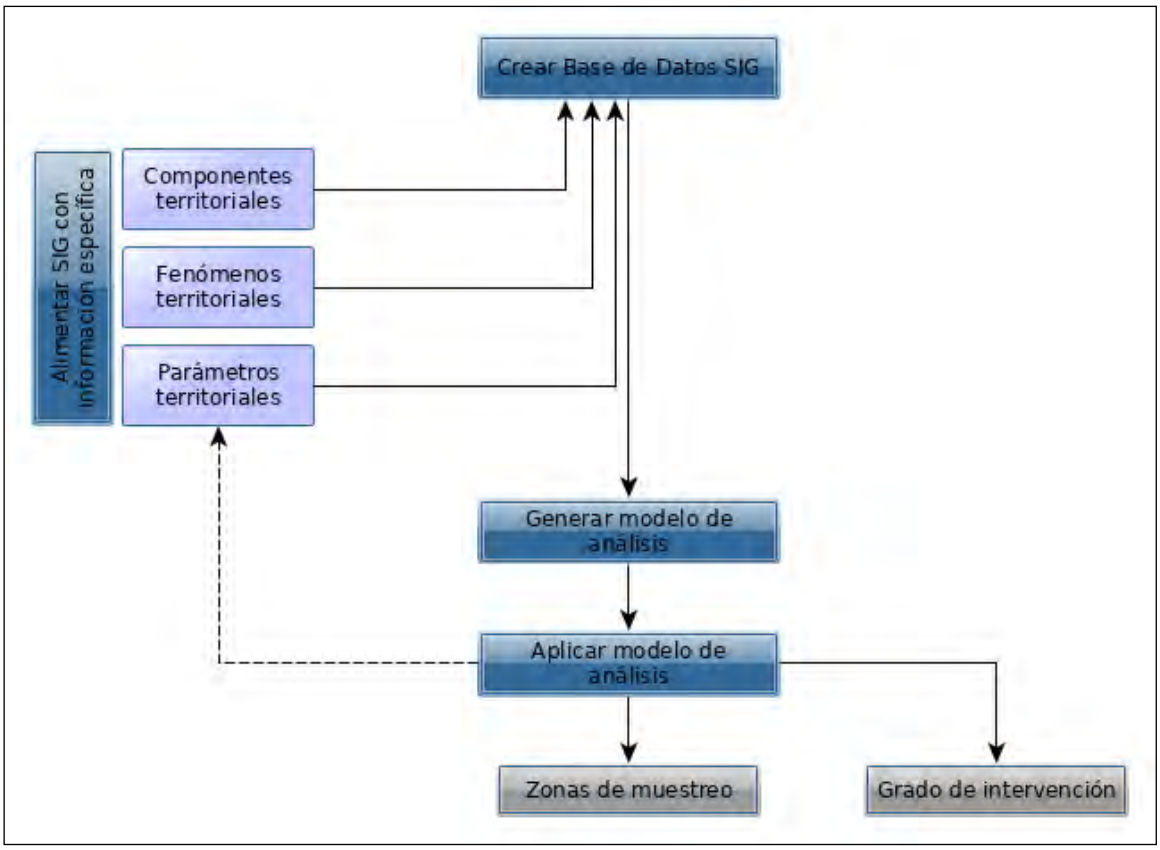


Figura 1. Etapas generales del Proyecto SIG del estudio "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)".

Aplicación modelo de análisis

Se realizó una serie de acercamientos con grillas de análisis de diferentes formas y diámetros, con el fin de evidenciar áreas donde se debía intensificar la búsqueda de información territorial (5 Kilómetros, 1 kilómetro y 500 metros).

Por su parte, la decisión de optar por el formato de una grilla de análisis cuadrangular, hexagonal o diamante se realizó en base a la que presentó la menor variación en su radio de búsqueda (Tabla 2, Figura 2).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 2. Grillas regulares de análisis hexagonal, cuadrangular y en diamante: Radio mínimo y máximo relativo

TIPO	RADIO MÍNIMO (km)	RADIO MÁXIMO (Km)
Cuadrangular	1.00	1.41
Diamante	1.00	1.41
Hexagonal	1.00	1.15

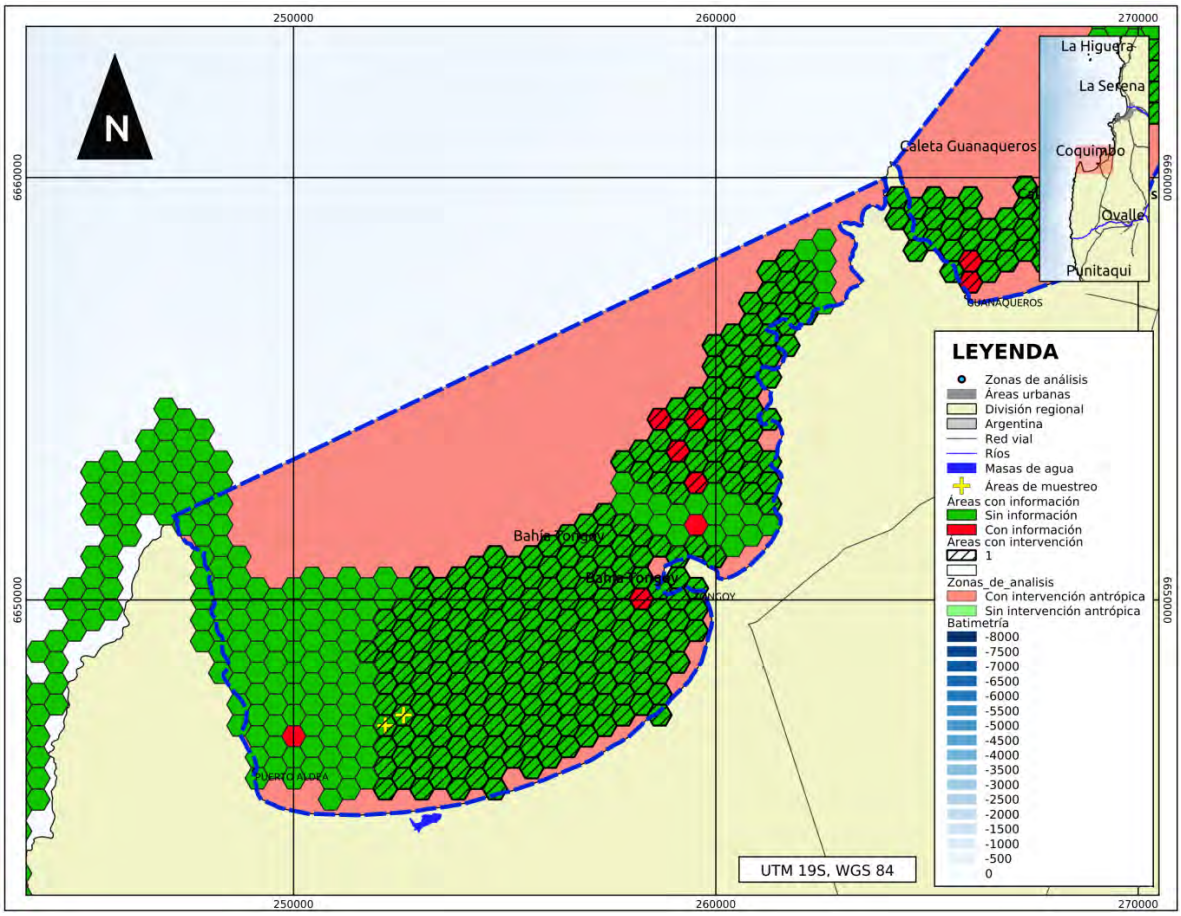


Figura 2. Ejemplo de salida del modelo con una grilla hexagonal de análisis.

Por su parte, para la determinación del diámetro de búsqueda se efectuó un análisis espacial previo en base a la información colectada mediante la triangulación Delaunay (Leach 1992, Su & Scot 1996) de la información presente en cada área de interés (Figura 3), tras la cual se efectuó un cálculo de distancias mínimas entre fuentes de información.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

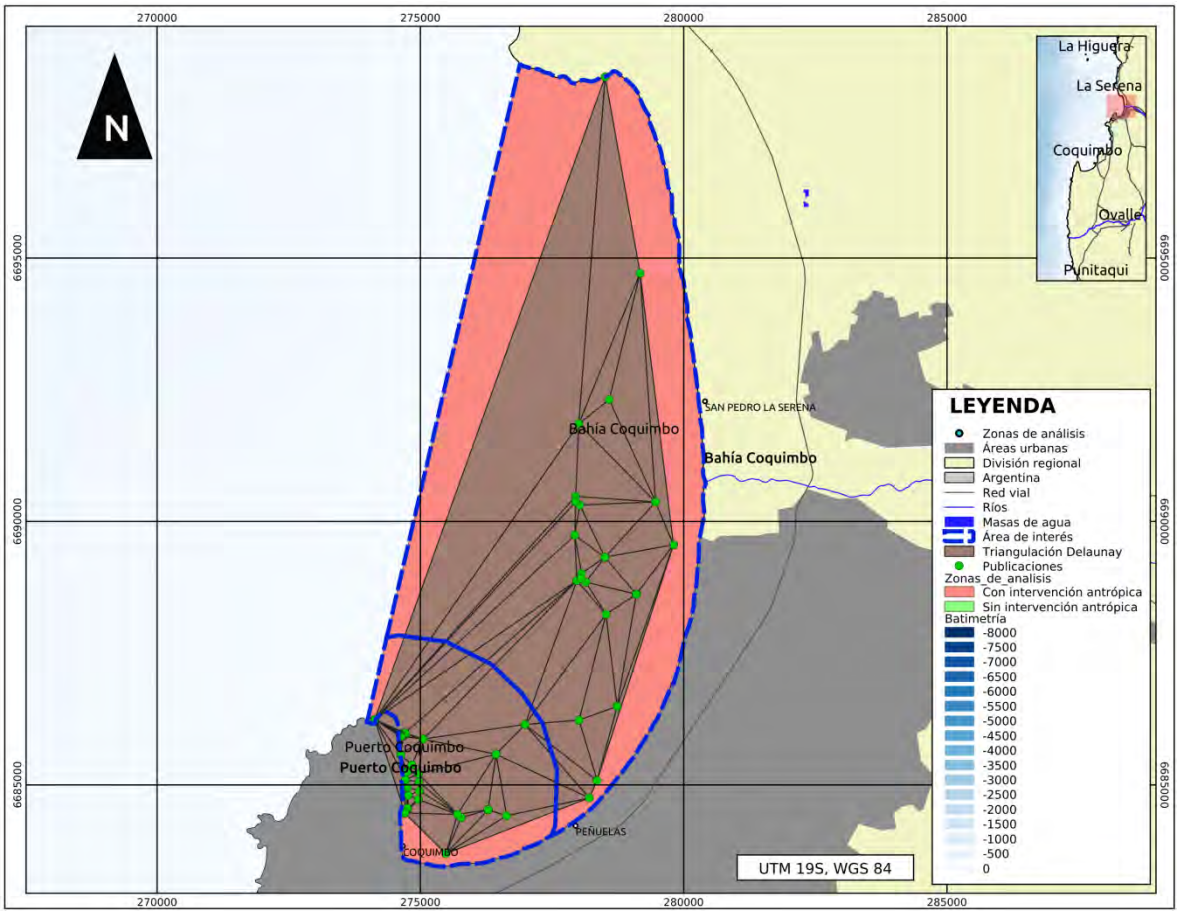


Figura 3. Ejemplo de Triangulación Delaunay en la Bahía de Coquimbo.

Generación modelo de análisis para la determinación de los sitios de muestreo

Sobre el proyecto de Sistema de Información Geográfico (SIG) generado con información secundaria, se aplicó un algoritmo multicriterio de análisis y determinación de unidades del tipo árbol de decisiones en consideración del arreglo topológico de los componentes territoriales en estudio con el siguiente enfoque jerárquico:

1. Región administrativa
2. Área de interés
3. Paisaje marino (*Seascape*)
4. Biotopo

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

El modelo de análisis multicriterio utilizado corresponde a un árbol de toma de decisiones que considera los pasos presentes en la Figura 4, en este sentido se efectuó un procedimiento metodológico basándose en la superposición cartográfica de información disponible (Camino *et al*. 2014), así como la clasificación cartográfica de la geomorfología costera de acuerdo con Connors *et al*. (1997). Los criterios establecidos fueron validados con la contraparte técnica. (Ver anexo 1. Punto 2. Acta de Reunión de Coordinación. 06 de mayo 2019).

Este modelo, permitió establecer un área de muestreo apropiada en base a una secuencia de criterios de interés, enfocada a la delimitación de espacios territoriales homogéneos que permitan efectuar un correcto seguimiento de indicadores ambientales, definiendo sectores afectados por actividad acuícola y/o por otras actividades antrópicas y sectores alejados de estas actividades antrópicas (de acuerdo a la presencia de emisarios, actividad portuaria, concesiones de acuicultura, etc.), sectores con profundidad menor de 60 metros, con fondo blando y con ausencia de información respecto a macrofauna bentónica.

Por su parte, el criterio de los especialistas consideró entre otros aspectos la accesibilidad a las zonas de monitoreo, continuidad en la propuesta de información y relevancia dentro del diseño de muestreo global respecto al propósito del estudio.

En el diseño de la herramienta de análisis se consideraron parámetros y algoritmos de procesamiento, los primeros corresponden a fuentes de información necesarias para la ejecución del modelo; mientras que los segundos son procesos de datos orientados a la generación de productos de interés.

El esquema de los principales parámetros y algoritmos presentes en el modelo de análisis se encuentra en la Figura 5.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

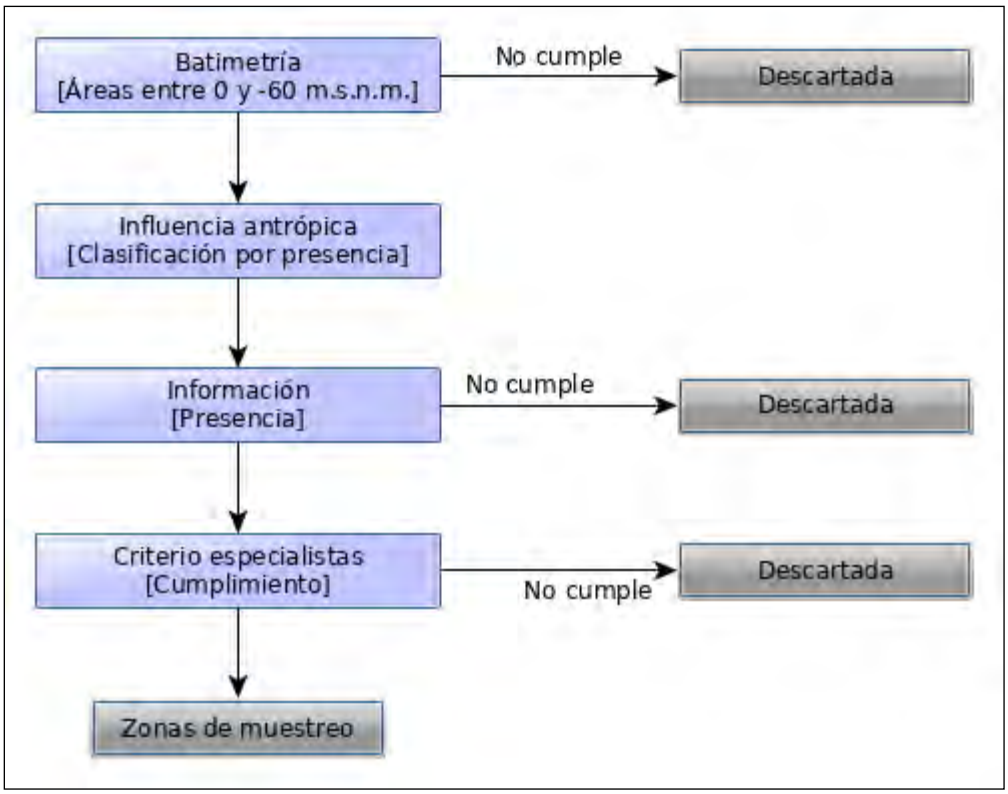


Figura 4. Árbol de decisiones general para la determinación de zonas de muestreo. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)".

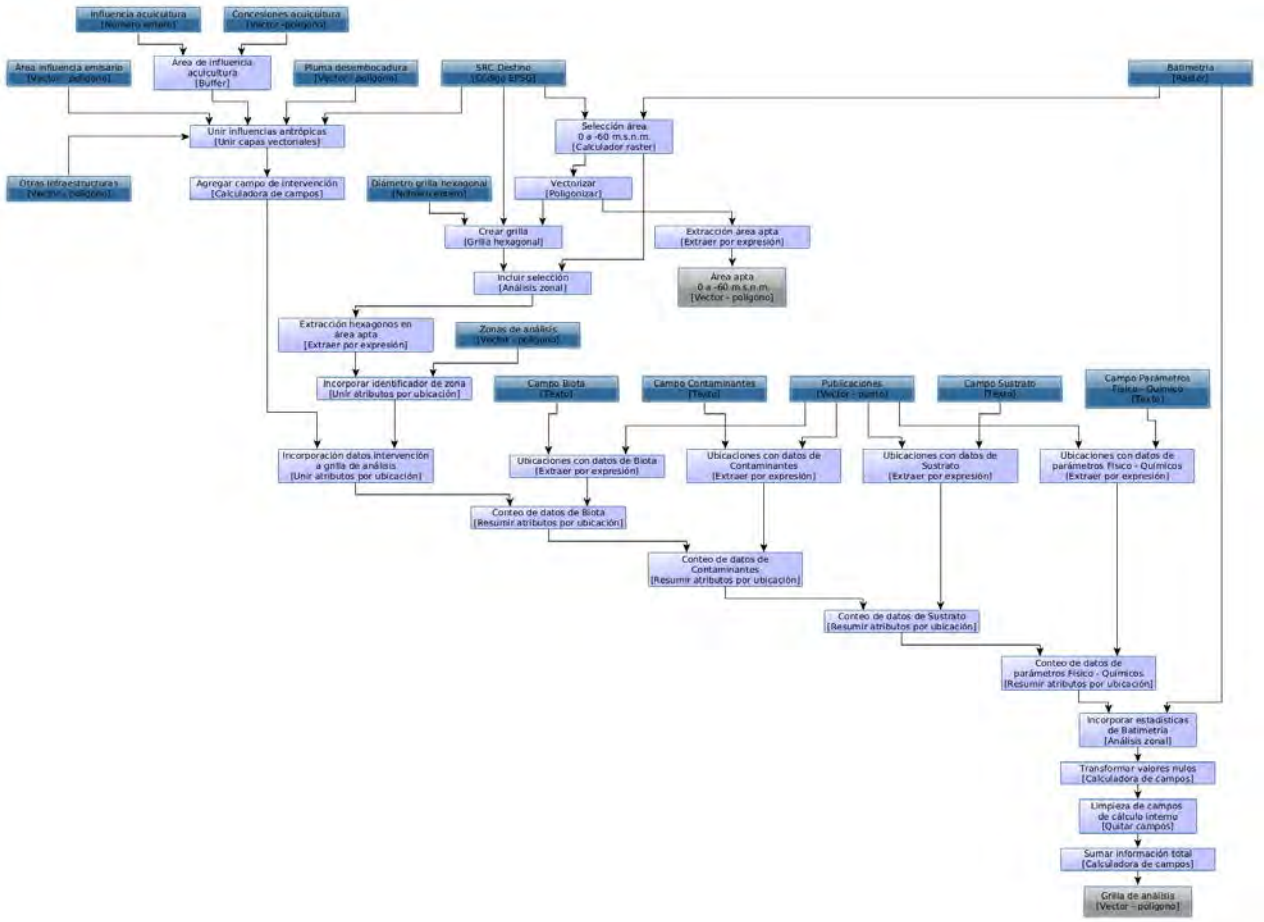


Figura 5. Descripción de principales parámetros y algoritmos del modelo de análisis. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". Leyenda de croma: Parámetros en azul oscuro; Algoritmos en azul claro y Salidas del modelo en gris.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

OBJETIVO ESPECIFICO 2 Analizar para cada estación de muestreo la macrofauna bentónica de fondos blandos, las variables físico-químicas y oxígeno disuelto en profundidad.

Plan y Diseño de muestreo

El plan y diseño de muestreo fue aprobado por la Contraparte Técnica en las primeras reuniones de coordinación (Ver Anexo 1. Acta Reuniones de Coordinación) y tuvo en consideración, la fecha de inicio del proyecto (trámite administrativo de adjudicación y firma de contrato) y definir fechas que permitan realizar los monitoreos en condiciones contrastantes según lo indicado en las bases (primavera-verano vs otoño-invierno).

El plan consensuado con la contraparte técnica fue aplicado en terreno de acuerdo con lo convenido y en el caso de que las condiciones de terreno, climáticas u otro tipo de imprevistos, impliquen alguna modificación del plan de muestreo, el Encargado de Proyecto, según lo informado por el Encargado de Terreno informará y consensuará con la contraparte técnica, antes de su aplicación.

Durante la ejecución del plan de monitoreo se registraran todas acciones que favorecieron o dificultaron su ejecución, así como sus fortalezas y debilidades, los puntos críticos en aspectos logísticos como por ejemplo: Disponibilidad y fiabilidad de la información para definir puntos de muestreo, factibilidad de acceso a los lugares, etc.), y aspectos técnicos como por ejemplo: Parámetros monitoreados, mediciones realizadas en terreno, frecuencias y otros con el fin de asegurar y/o mejorar el diseño propuesto al finalizar el estudio.

Para la ubicación de las estaciones de muestreo de cada sector seleccionado se evaluaron: 1) Las características oceanográficas (dirección de la corriente) y modelación de plumas de emisarios provenientes de Informes Técnicos (DIAs, EIAs) y revistas científicas. 2) Los criterios en términos de distancia entre estaciones definidos por Marín *et al* 2018, en el marco de la ejecución del proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y caracterización de su condición ambiental usando índices biológicos (AMBI) y variables físicas y químicos en la zona sur (1ra etapa) y 3) La definición de zonas afectadas por la actividad acuícola indicada por Thomas *et al.* 2016, proyecto "Evaluación y análisis de la biodiversidad marina y continental afectada por las actividades de acuicultura (1 era etapa), además de

la literatura y antecedentes recopilados en la etapa "Recopilación bibliográfica" relacionados con el tipo de fondo, así como cartas SHOA e imágenes de Google earth.

Se presentaron inconvenientes para el inicio de los muestreos debido a los protocolos tanto de la Universidad de Valparaíso y restricciones a nivel nacional y local producto de la Pandemia COVID-19 (Periodo 2019-2021), previa aprobación de la contraparte tecnica.

Las fechas de muestreo, para cada una de las localidades para las campañas de verano e invierno fueron las siguientes (Tabla 3).

Tabla 3. Resumen de actividades durante campaña de verano e invierno 2022.

Localidad	Campaña de Verano	Campaña de Invierno	Participantes
Bahía Caldera Región de Atacama	**13 de marzo 2022** 7 Estaciones Columna de Agua (7 CTDO y E1 O_2 Winkler) Sedimentos (7 Estaciones Con 3 Réplicas)	**21 de Julio 2022** 7 Estaciones Columna de Agua (7 CTDO y E1 O_2 Winkler) Sedimentos (7 Estaciones Con 3 Réplicas)	Mag. Viviana Martínez. Bio. Mar. Victor Gudiño Bio Mar. Sebastián Larrea Lic. Bio. Mar. Alonso Núñez
Caleta Cisnes Región de Atacama	**14 de marzo 2022** 7 Estaciones Columna de Agua (7 CTDO y E1 O_2 Winkler) Sedimentos (7 Estaciones Con 3 Réplicas)	**23 de julio 2022** 7 Estaciones Columna de Agua (7 CTDO y E1 O_2 Winkler) Sedimentos (7 Estaciones Con 3 Réplicas)	Mag. Viviana Martínez. Bio. Mar. Victor Gudiño Bio Mar. Sebastián Larrea Lic. Bio. Mar. Alonso Núñez
Carrizal Bajo Región de Atacama	**23 de febrero 2022** 7 Estaciones Columna de Agua (7 CTDO y E1 O_2 Winkler) Sedimentos (7 Estaciones Con 3 Réplicas)	**10 de septiembre 2022** 7 Estaciones Columna de Agua (7 CTDO y E1 O_2 Winkler) Sedimentos (7 Estaciones Con 3 Réplicas)	Mag. Viviana Martínez. Bio. Mar. Victor Gudiño Bio Mar. Sebastián Larrea Lic. Bio. Mar. Alonso Núñez
Ensenada Chapaco Región de Atacama	**13 de febrero 2022** 7 Estaciones Columna de Agua (7 CTDO y E1 O_2 Winkler) Sedimentos (7 Estaciones Con 3 Réplicas)	**07 de septiembre 2022** 7 Estaciones Columna de Agua (7 CTDO y E1 O_2 Winkler) Sedimentos (7 Estaciones Con 3 Réplicas)	Mag. Viviana Martínez. Bio. Mar. Victor Gudiño Bio Mar. Sebastián Larrea Lic. Bio. Mar. Alonso Núñez
Bahía Coquimbo Región de Coquimbo	**16 de marzo 2022** 7 Estaciones Columna de Agua Sedimentos	**17 de julio 2022** 7 Estaciones Columna de Agua Sedimentos	Mag. Viviana Martínez. Bio. Mar. Victor Gudiño Bio Mar. Sebastián Larrea Lic. Bio. Mar. Alonso Núñez
Bahía Tongoy Región de	**25 de febrero 2022** 7 Estaciones	**19 de julio 2022** 7 Estaciones	Mag. Viviana Martínez. Bio. Mar. Victor Gudiño

Coquimbo	Columna de Agua Sedimentos	Columna de Agua Sedimentos	Bio Mar. Sebastián Larrea Lic. Bio. Mar. Alonso Núñez
Huentelauquén Región de Coquimbo	**08 de febrero 2022** 7 Estaciones Columna de Agua (7 CTDO y E1 O2 Winkler) Sedimentos (7 Estaciones Con 3 Réplicas)	**21 de septiembre 2022** 7 Estaciones Columna de Agua (7 CTDO y E1 O_2 Winkler) Sedimentos (7 Estaciones Con 3 Réplicas)	Mag. Viviana Martínez. Bio. Mar. Victor Gudiño Bio Mar. Sebastián Larrea Lic. Bio. Mar. Alonso Núñez
Chigualoco Región de Coquimbo	**07 de febrero 2022** 7 Estaciones Columna de Agua (7 CTDO y E1 O2 Winkler) Sedimentos (7 Estaciones Con 3 Réplicas)	**20 de septiembre 2022** 7 Estaciones Columna de Agua (7 CTDO y E1 O_2 Winkler) Sedimentos (7 Estaciones Con 3 Réplicas)	Mag. Viviana Martínez. Bio. Mar. Victor Gudiño Bio Mar. Sebastián Larrea Lic. Bio. Mar. Alonso Núñez

Detalle de la forma de llevar a cabo el Muestreo de Sedimentos y Columna de Agua

A continuación, se presenta la metodología que se empleó para obtener y analizar las muestras de sedimento y la obtención de los parámetros físico-químicos del sedimento (Macrofauna bentónica en triplicado, granulometría, MOT, COT, Metales Pesados, pH, Redox y Temperatura) y Oxígeno disuelto, Temperatura, Salinidad en perfil y muestras puntuales de Oxígeno disuelto (1 metro del fondo) y transparencia en la columna de agua.

La toma de muestras de sedimentos, la medición de parámetros *in situ* de sedimentos y columna de agua, se realizó de acuerdo a lo indicado en la Resolución Exenta N° 3612 / 2009 de la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura que fija las metodologías para elaborar la caracterización preliminar de sitio (CPS) y la información ambiental (INFA) y a lo indicado en el Standard methods for the examination of water and wastewater, 22th edition, de 2012. American Public Health Association, Washington. Capítulo 10.500 (B y C), asi como lo estipulado en la Norma chilena ISO NCh: 17025.of2005: Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de calibración y ensayo, norma implementada por nuestro laboratorio (Certificados LE1530-LE1531-LE1532).

Columna de Agua

En general la toma, mantención y traslado de las muestras de agua de mar se realizó de acuerdo con las normas

- NCh411/1. Of96 Calidad del agua – Muestreo – Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo.
- NCh411/2. Of96 Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo
- NCh 411/9. Of 98 Calidad del agua – Muestreo – Parte 9: Guía para el muestreo de aguas marinas.
- Norma chilena NCh-ISO: 17025 of. 2005: Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de calibración y ensayo.
- Res.Ex. 3612/2009 SUBPESCA. Fija las metodologías para elaboración de CPS e INFA.

Equipos columna de agua

Se registra la profundidad del punto de muestreo utilizando un ecosonda Garmin. Posteriormente, se mide la transparencia de la columna de agua con un disco Secchi, que cuenta con un peso y una cuerda graduada. El disco se baja con la cuerda a través de la masa de agua hasta que deja de ser visible desde la superficie. Luego, se mide la longitud de la cuerda sumergida y se registra en la planilla. Por su parte, el oxígeno disuelto, temperatura y conductividad/salinidad en la columna de agua se realizó con un equipo CTDO y/o Multiparamétrico, este equipo posee la capacidad de medir en el mismo momento todas las variables, según lo indicado en la ResEx 3612/2009 en el punto 29.A) posee una precisión mínima de 0,1 mg OD/L; 0,1 ºC y 0,1 psu.

El equipo CTDO es verificado en forma periódica, en cada uso se realizan pruebas para verificar los sensores, para esto se realizó una muestra a un metro del fondo por sector (8 muestras en total), las que están destinadas a verificar la calibración realizada mediante el contraste de la medición con un método de determinación directa del contenido de oxígeno disuelto (método Winkler), estas muestras puntuales fueron obtenidas mediante botella oceanográfica accionada mediante mensajero.

Además, el primer día de terreno se procedió a ejecutar el lanzamiento del CTDO y/o multiparamétrico de prueba junto con recoger muestras de agua con botellas oceanográfica en 5 profundidades para posteriormente realizar una regresión entre las concentraciones indicadas por el CTDO y/o multiparametrico y las titulaciones.

Los datos fueron descargadas al final de la jornada de trabajo y estuvo a cargo del Encargado de Terreno la realización de la curva de regresión, con el fin de asegurar que el CTDO se encuentra midiendo correctamente.

Toma de datos Columna de agua

i) El tiempo mínimo de estabilización de los sensores fueron de cuatro minutos a un metro de superficie, contados desde que el equipo ingresa al agua. Una vez finalizado este tiempo, se subió el equipo a superficie sin sacarlo del agua para comenzar el lance.

ii) Se utilizó un peso muerto adecuado a cada uno de los sitios de medición, que permitió un ángulo mínimo de inclinación del cable. Se contó con un inclinómetro con el fin de tener certeza de la profundidad de la última medición (1 metro del fondo).

iii) El Inspector Ambiental a cargo de la toma de los datos de la columna de agua debió mantener una velocidad de bajada constante, de acuerdo a los valores recomendados por el fabricante (1 metro por segundo), la que deberá mantenerse para la subida.

iv) La medición se debió realizar, cada 5 metros, desde la superficie hasta los 30 metros de profundidad. Bajo los 30 metros y hasta a 1 metro desde el fondo, se debía medir cada 10 metros.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Sedimentos

En general la toma, mantención y traslado de las muestras de sedimentos se realizó de acuerdo con las siguientes metodologías:

- Res.Ex. 3612/2009 SUBPESCA. Fija las metodologías para elaboración de CPS e INFA.
- Standard methods for the examination of water and wastewater, 22th edition, de 2012. American Public Health Association, Washington. Capítulo 10.500 (B y C)
- Norma chilena NCh-ISO: 17025.of 2005: Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de calibración y ensayo.

Equipos sedimentos

i) Para la toma de muestras se utilizó una draga de 0,1 m^2 de mordida que cierre herméticamente. Si el sedimento está densamente compactado se agregó un mayor número de plomos, para asegurar una penetración adecuada.

ii) En terreno, la elevación de la draga se realiza mediante un winche mecánico.

iii) En laboratorio, para el análisis de las muestras de granulometría se utilizó 6 tamices, de acuerdo con la escala Wentworth, estufa, balanza analítica (0,001 gramos de precisión) solución de hexametafosfato de sodio 0,2 N (20,4 g/L en agua destilada), desecador, vasos precipitados, termómetro patrón calibrado.

iv) En laboratorio, para el análisis de las muestras de MOT se utilizó: estufa, mufla, balanza analítica (0,001 gramos de precisión), desecador, crisoles, termómetro patrón calibrado.

v) En laboratorio, para el análisis de las muestras de macrofauna bentónica se utilizó lupa estereoscópica, microscopio, balanza analítica (0,001 gramos de precisión) y claves taxonómicas utilizadas por profesionales con experiencia comprobada en taxonomía de macrofauna bentónica de fondos blandos.

vi) Los tamices a utilizados en terreno fueron fabricados en malla de acero inoxidable, rectangular, de un tamaño de manera que la draga pueda ser depositada íntegramente dentro del set de tamices. Antes de su uso, la malla de los tamices fue verificada en un laboratorio de referencia.

Toma de muestras de sedimento

i) Para la toma de muestras de MOT y Granulometría se tomaron aproximadamente 150 gramos de sedimento desde la draga, extrayendo sólo de los primeros 3 centímetros de este

ii) Una vez a bordo de la embarcación, se realizó una descripción de las características organolépticas del sedimento (color, olor, textura, etc.).

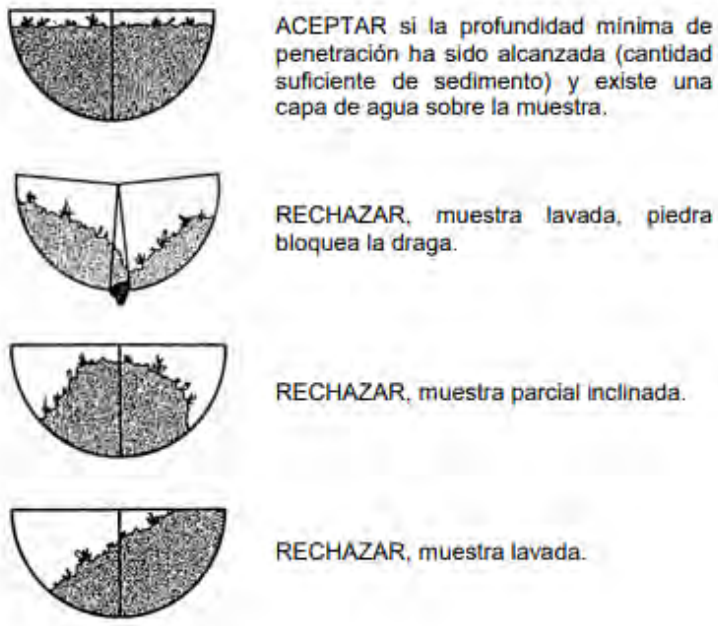
iii) Dado que las muestras obtenidas, fueron transportadas e ingresadas a laboratorio después de trascurridas 24 horas o más desde el momento de muestreo, se mantuvieron en el rango comprendido entre el congelamiento hasta 4ºC como máximo antes de su ingreso al laboratorio.

iv) Para las muestras de macrofauna bentónica, se analizó todo el contenido de la draga, para este estudio se tamizó con un set de dos tamices 0,5 y 1 milímetro en terreno. Esta técnica entregará antecedentes para determinar si existen diferencias en relación con la selección de organismos de acuerdo al tamaño.

v) Las muestras, se fijaron con formalina al 4% diluida en agua de mar y etiquetada adecuadamente para su posterior determinación en el laboratorio

vi) Al momento de llegar a la superficie y recuperar las muestras, se constató que esté cerrada y contenga una cantidad de sedimento aceptable. La aceptación o rechazo de cada muestra fue definida según las siguientes condiciones:

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile



Materia Orgánica Total: Para el análisis de las muestras destinadas a determinar Materia Orgánica se siguió lo descrito en el punto 26 C) de la Res EX 3612/2009, para eso se homogenizo la muestra, se tomó una submuestra de aproximadamente 10 gramos y se secó entre 100 a 105 °C por un periodo de 8 horas.

i) Se tararon los crisoles;
ii) Se pesaron los crisoles con las submuestras;
iii) Las submuestras se calcinaron a 450°C (mufla) durante 5 horas;
iv) Los crisoles con las submuestras se dejaron enfriar en un desecador;
v) Se pesaron los crisoles con las submuestras calcinadas;

Granulometría: Para el análisis de las muestras de Granulometría se siguió lo descrito en el punto 25 C) de la Res EX 3612/2009, en relación con:

i) Tamizar en Seco,
ii) Tamizar en Húmedo
iii) Calculo de humedad (factor c=0,034).

Macrofauna bentónica: Para el análisis de las muestras de Macrofauna bentónica se siguió lo descrito en el punto 28 de la Res EX 3612/2009, en cada punto de muestreo bentónico se tomaron tres réplicas (21 muestras por sitio de muestreo). Sumadose a lo

definido en el Standard methods for the examination of water and wastewater, 22th edition, de 2012. American Public Health Association, Washington. Capítulo 10.500 (B y C), y las bases Técnicas del proyecto (R. Ex N° 3819 de 2018):

i) Cada estación de muestreo de macrofauna bentónica fue tomada por triplicado y los organismos se separaron del sedimento grueso a través de un set de tamices de 0,5 y 1 milímetro, ayudado con un aspersor de agua.

ii) Finalizado el tamizado con agua, se eliminaron las piedras y trozos calcáreos de gran tamaño. Como solución preservante se utilizó etanol al 70% diluido en agua potable.

iii) Los organismos se separaron, bajo lupa o microscopio, de las partículas de detrito y se agruparan los organismos por taxón, para posteriormente determinar hasta el nivel taxonómico más bajo posible, en este caso debido a que el índice a utilizar exige determinación hasta nivel de especie se trabajó procurando determinar hasta nivel de especie en la mayoría de los animales retenidos. En una primera instancia, la macrofauna de cada muestra fue separada y clasificada primero a nivel grupos principales: Anélidos, Crustáceos, Moluscos, Equinodermos y Sipuncúlidos, depositándose en frascos de vidrio con contratapa, en alcohol 70%. Cada frasco se conservó la información de la estación a la que pertenece, indicando, Campaña, Área, Sector, Estación, Muestreador, Analista, con el fin de asegurar la trazabilidad de los resultados.

iv) La macrofauna bentónica fue analizada por personal con experiencia en la determinación de especies de estas comunidades.

v) Algunos organismos fueron teñidos con azul y verde de metileno.

vi) Se utilizó la base de datos del proyecto "Elaboración de un catastro de macrofauna bentónica y la aplicación de índices biológicos para la evaluación ambiental de las comunidades bentónicas submareales", donde como resultado se han acordado los nombres de la mayor parte de las especies citadas en publicaciones científicas, declaraciones de impacto e informes ambientales, así como los resultados derivados del proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y caracterización de su condición ambiental usando índices biológicos

(AMBI) y variables físicas y químicos en la zona sur (1ra etapa) (Subpesca 2016) y la información recopilada en relación a las zonas de influencia de la actividad acuícola indicada en el proyecto "Evaluación y análisis de la biodiversidad marina y continental afectada por las actividades de acuicultura (1 era etapa) (Subpesca 2016) además de la literatura y antecedentes recopilados en la etapa "Recopilación bibliográfica".

vii) Todos los nombres de las especies reportadas fueron corroborados en la base de datos WoRMS (World Register of Marine Species) e ITIS.

viii) La preservación de los organismos se llevó a cabo con alcohol al 70%-80% con 15% a 20% de glicerol.

ix) Con fines de difusión cada taxón fue fotografiado con el fin de generar fichas y claves taxonómicas actualizadas con fines de difusión y educación tanto en revistas científicas y congresos.

x) Una vez determinados los organismos y después de un drenado de 5 a 10 minutos, se pesaron en una balanza analítica de 0,0001 gramos, cada taxón por separado, incluyendo los exoesqueletos, para obtener el peso húmedo alcohólico expresado en gramos. Debido a que esta técnica destruye en algunos casos a los organismos, esta medición se realizara una vez que los especialistas hayan realizado el trabajo taxonómico.

xi) Los datos de identificación de la especie (o taxón), número de individuos y peso, fueron registrados, para luego obtener la abundancia estandarizada (Número de individuos/m^2) y la biomasa (gramos/m^2) de las especies (taxón) identificadas en cada muestra. Esta información será organizada en columnas y filas y será la base para los análisis a realizar.

Parámetros físico-químicos del sedimento mediciones *In situ*

Medición in situ del potencial redox, pH y temperatura del sedimento

Para la medición de los parámetros *in situ* para sedimentos se utilizaron dos equipos Hanna HI 98191 midiendo en forma simultánea, con electrodos diseñados especialmente para semisólidos.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Para las mediciones de pH, se utilizó un electrodo de punta cónica (Sensor Hanna HI1053). El pH metro tiene incorporado un compensador de temperatura. La precisión mínima reportada fue de 0,1 unidades de pH y 0,1° C

Para mediciones de potencial redox, el electrodo es de electrolito en gel o polímero, con sistema de referencia Ag/AgCl saturado (3,5 M KCl), con sensor de platino, oro o grafito (HI 3230).

Los equipos de medición forman parte del sistema de gestión de nuestro laboratorio por lo que son mantenidos y verificados periódicamente por entes externos y verificados previo a cada campaña de muestreo con soluciones certificadas trazables al NIST (pH cercanos a 4, 7 y 10) para la sonda de pH y con una solución de referencia estándar de 200 a 275 mV, para la sonda de potencial redox, por su parte la sonda de temperatura es contrastado contra termómetro patrón calibrado.

En terreno y cada vez que el equipo se apague o cada 10 mediciones, se realizaron una verificación de los sensores, mediante la medición en soluciones pH 4, 7 y 10 para la sonda de pH, y con una solución de referencia estándar de 200 a 275 mV, para la sonda de potencial redox.

Los valores a registrar, serán los indicados directamente en el equipo, potencial redox (mV Ag/AgCl), pH y temperatura (°C), sin ninguna corrección. Los datos fueron registrados en planillas de terreno.

Una vez en terreno las planillas serán fotografiadas y los datos de la jornada de trabajo traspasados a una planilla Excel.

Metodologías específicas de análisis de sedimentos

Las muestras de carbono orgánico total (COT) y metales fueron externalizadas al laboratorio SGS, que empleó la siguiente metodología para su análisis.

Carbono Orgánico total: Se utilizó la metodología de Walkley-Black, el cual consiste en oxidar la materia orgánica del sedimento con dicromato de potasio en un medio fuertemente ácido y el exceso de oxidante se titula por retroceso como solución ferrosa y en presencia de difenilamina como indicador (Jackson 1964).

Metales pesados: Se utilizó la técnica ICP-MS (espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo) y/o Absorción Atómica Generación de Hidruro, según corresponda al tipo de metal pesado. Para los siguientes metales:

1. Arsénico
2. Cadmio
3. Zinc
4. Cobre
5. Hierro
6. Níquel
7. Plomo
8. Vanadio

Calibración y verificación de equipos y aseguramiento de calidad de los resultados.

Según lo definido en nuestro sistema de calidad, todos los equipos (Estufa, mufla, balanza, CTDO, Equipos Multiparamétrico pH, Redox, temperatura) y patrones (Termocupla y masas patrón) de nuestro laboratorio son calibrados de manera externa de acuerdo con lo indicado en la NCh ISO 17025 en laboratorios de calibración acreditados con una frecuencia anual. Además, todos los equipos son verificados previos a cada uso con patrones y masas calibrados y soluciones estándar pH 4,7 y 10 y 240 mv trazables al NIST. (Ver Anexo 8 Calibración y aseguramiento de la calidad)

Además, junto con las verificaciones se aplicarán procedimientos de aseguramiento de calidad de los resultados, aplicando duplicados cada 30 muestras destinadas al análisis de granulometría y cada muestra destinada al análisis de MOT, por su parte cada 30 muestras destinadas al análisis de macrofauna bentónica se realizan análisis cruzados entre analistas (Ver Anexo 8).

OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Determinar la condición ambiental de los sectores estudiados en base a los resultados de la aplicación del índice biológico AMBI y variables físicas y químicas analizadas,

El Indice Biotico marino (AMBI), este índice se fundamenta en la modificación de la riqueza de especies, su abundancia y la sensibilidad de especies dominantes ante la polución, en respuesta a cambios en la calidad del hábitat. Para alcanzar niveles de

precisión óptimos, se empleó un equipo altamente experimentado en taxonomía, cuyas competencias se detallan en la siguiente Tabla.

Tabla 4. Descripcion de los profesionales y años de experiencias de los grupos taxonómicos.

Profesional	Años de experiencia área taxonomía	Principal Grupo
Prof. En Biología Nicolás Rozbaczylo Narváez	50 años	Poliqueto
Msc. Pedro Baez Retamales	45 años	Crustáceos
PhD. Oscar Diaz Diaz	25 años	Poliquetos, crustáceos, equinodermos, tunicados, ophiuros.
BioMar Victor Gudiño Gacitúa	15 años	Poliquetos, moluscos
BioMar Mauricio Valenzuela	10 años	Poliquetos, moluscos, crustáceos, equinodermos

El Índice Biológico agrupa especies en categorías conocidas como grupos ecológicos, basadas en su sensibilidad al incremento de materia orgánica (MO). Propuestos por Grall & Glémarec (1997), estos grupos incluyen:

Grupo I: Especies altamente sensibles al enriquecimiento orgánico.

Grupo II: Especies indiferentes al enriquecimiento orgánico.

Grupo III: Especies tolerantes al exceso de enriquecimiento de MO.

Analisis de componentes abióticos y bióticos.

Para evaluar, estadísticamente alguna relación de la comunidad de macrofauna bemtonica y las condiciones ambientales de los sitios estudiados, se empleo el Analisis paramétrico de componentes principales (PCA) que proporcionó una visión inicial de la variación en las variables ambientales, mientras que el análisis BIOENV ayudó a

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

identificar las variables ambientales que mejor explican los patrones biológicos. La correlación de Spearman cuantificó la relación entre las matrices de distancia biológica y ambiental. Esta metodología permitió comprender de manera integral la relación entre los factores ambientales y las comunidades biológicas. La combinación de estas técnicas proporciona una metodología robusta y flexible para analizar la condición ambiental de las variables físicas y químicas, así como su relación con los patrones biológicos en los sectores estudiados.

OBJETIVO ESPECIFICO 4. Ingresar la información obtenida a la base de macrofauna bentónica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Toda la información generada en el proyecto, incluyendo mediciones, datos y resultados de laboratorio, ha sido presentada en formato digital, conforme a los estándares establecidos. Se han proporcionado los metadatos necesarios para identificar el conjunto de datos almacenados. Estos metadatos incluyen información detallada como:

- Latitud
- Longitud
- Nombre del equipo
- Fecha de última calibración
- Profundidad de instalación
- Profundidad del fondo
- Horas de instalación y retiro

La información se entrega de acuerdo a lo establecido en las Resoluciones Ex. N°932-18 y N°934-18, disponibles en el enlace proporcionado por la Subsecretaría (http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-100081.html), y según lo solicitado mediante correo electrónico (Darwin Core).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

RESULTADOS

OBJETIVO ESPECIFICO 1: Proponer un diseño de monitoreo en áreas influenciadas por la acuicultura y alejadas de la influencia antrópica, en las zonas Norte y Centro Norte del país durante los periodos otoño-invierno y primavera-verano.

Resumen de reunión de Coordinación con la contraparte técnica

Se realizaron las dos reuniones de coordinación definidas en el Plan de Actividades del proyecto (Tabla 5), la primera de ellas el 06 de mayo de 2019, la cual tuvo como objetivo presentar el equipo de trabajo de la Universidad de Valparaíso, entregar antecedentes respecto a la metodología a desarrollar, las actividades propuestas para llevar a buen término el proyecto y plazos comprometidos para la ejecución de cada una de ellas. Se aclaran dudas respecto a la metodología de toma de muestras, con el fin de validarla. (Ver anexo 1. Actas de reunión de coordinación).

La segunda reunión de coordinación se lleva a cabo el 09 de agosto de 2019, y tuvo como objetivo exponer los resultados correspondientes a las actividades N°3 (Levantamiento de información bibliográfica), N°4 (Validar Plan y diseño de muestreo) y N°5 (Descripción de sectores) del Plan de Actividades del proyecto (Ver anexo 1. Actas de reunión de coordinación).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 5. Detalle de temas tratados y participación en reuniones de coordinación con la contraparte técnica.

Fecha	Temas tratados	Nombre participante	Institución	Lugar
06-05-2019	• Revisión de metodologías y Plan de Trabajo. • Presentación equipo de trabajo.	Gabriela Romero	Subsecretaria de Pesca	Oficinas Subsecretaria de Pesca
		Malú Zavando	FIPA	
		Flor Uribe	Subsecretaria de Pesca	
		Victor Gudiño	Universidad de Valparaíso	
		Gerardo Leighton	Universidad de Valparaíso	
09-08-2019	• Definir bahías levantamiento de información (intervenida vs no intervenida). • Definir fechas de muestreo. • Definir ubicación de las estaciones de monitoreo.	Gabriela Romero	Subsecretaria de Pesca	Oficinas Subsecretaria de Pesca
		Flor Uribe	Subsecretaria de Pesca	
		Carlos Arenas	Universidad de Valparaíso	
		Victor Gudiño	Universidad de Valparaíso	
		Gerardo Leighton	Universidad de Valparaíso	

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Recopilación de antecedentes (Mes 1 al mes 10)

A continuación, se entregan los resultados de la recopilación de antecedentes.

Con el fin de caracterizar las actividades acuícolas e industriales desarrolladas en los sectores de estudio propuesto en las bases técnicas, así como recopilar información referente a estudios relacionados a Macrofauna Bentónica, se realizó búsqueda a partir de información secundaria (estudios de línea base y monitoreos, programas de vigilancia, artículos científicos y otras investigaciones), esta información permitió describir la distribución de las variables ambientales consideradas como relevantes, permitiendo generar un primer diagnóstico territorial integrado (Tabla 6) (Ver Anexo 6.Revisión Bibliografica)

Tabla 6 Sectores de monitoreo indicados en las bases técnicas del Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)".

Área	Región	Sector de monitoreo
Copiapó	Atacama	Bahía Caldera
		Bahía Huasco
		Ensenada Chapaco
Coquimbo	Coquimbo	Bahía Coquimbo
		Puerto Coquimbo
		Bahía Tongoy
		Bahía Los Vilos

Para la recopilación de información referente a los sitios de estudio se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva consultando las siguientes bases de datos:

- Bibliografía sobre la Biodiversidad Acuática de Chile (BBAC). Sergio Palma, Pedro Báez & Germán Pequeño (Eds.) 2010. (Actualizado al 2010).
- Latin American Journal of Aquatic Research (LAJAR) (2010-2019).
- Revista de Biología Marina y Oceanografía (RBM) (2010-2019).
- Gayana (2010-2019).
- Informes FIPA de la Región de Atacama y Región de Coquimbo.
- Informes de Declaración de Impacto Ambiental (DIA) de la Región de Atacama y Región de Coquimbo.
- Informes de Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la Región de Atacama y Región de Coquimbo.
- Informes LEIA (Laboratorio de Ecología e Impactos Ambientales de la Universidad de Valparaíso (FNDR y PVA) de la Región de Atacama y Región de Coquimbo.
- POAL (Programa de Observación del Ambiente Litoral) de la Región de Atacama y Región de Coquimbo.
- Tesis Pre y Post grado
- Concesiones borde costero Región de Atacama y Región de Coquimbo.

Revistas científicas

Como resultado de la revisión bibliográfica de revistas científicas, se han analizaron un total de 2.077 publicaciones de origen nacional e internacional, de las cuales solo el 3,9% (80 publicaciones) presentaron información competente para los fines del Proyecto (Figura 6). De estas 80 publicaciones el 72,5 % (58) correspondieron a la base de datos de BBAC, el 10% (8) correspondieron a la base de datos de la RBM, el 8,8% (7) a LAJAR, el 8,8% (7) y por último la base de datos de Gayana con 0% de publicaciones útiles (Figura 7).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

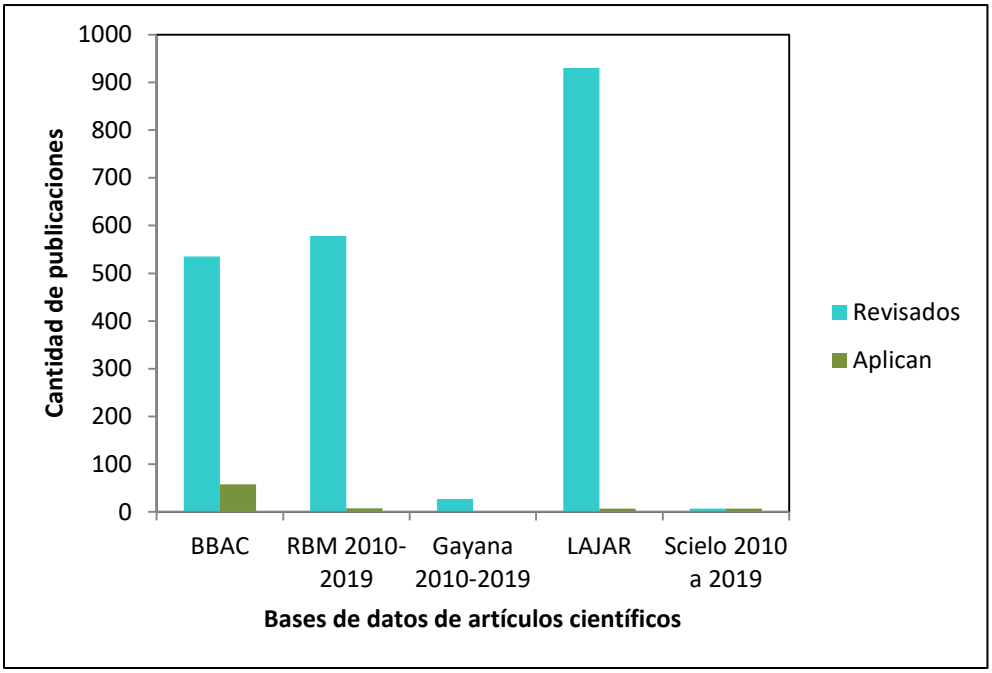


Figura 6. Detalle de los artículos científicos revisados en diversas bases de datos. BBAC: Bibliografía sobre Biodiversidad Acuática de Chile, RBM: Revista de Biología Marina y Oceanografía, LAJAR: Latin American Journal of Aquatic Research

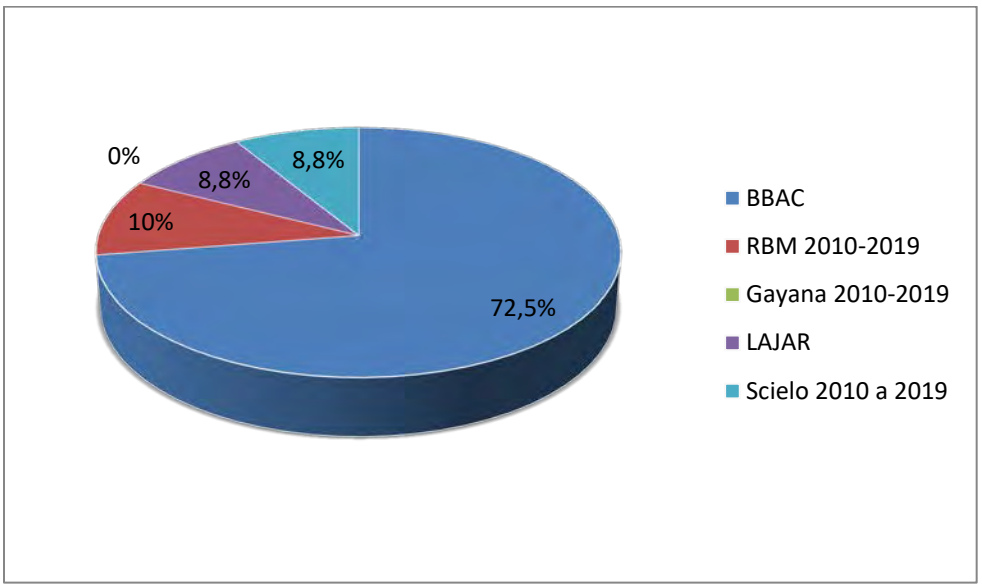


Figura 7. Porcentaje de artículos científicos con información relevante para el proyecto. BBAC: Bibliografía sobre Biodiversidad Acuática de Chile, RBM: Revista de Biología Marina y Oceanografía, LAJAR: Latin American Journal of Aquatic Research

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

De acuerdo con el año de las publicaciones, es posible evidenciar una baja cantidad de referencias con información útil entre los años 1945 a 1998, y, por el contrario, solo en los últimos 20 años se agrupan el mayor número de referencias con información relevante para los fines del presente proyecto (Figura 8).

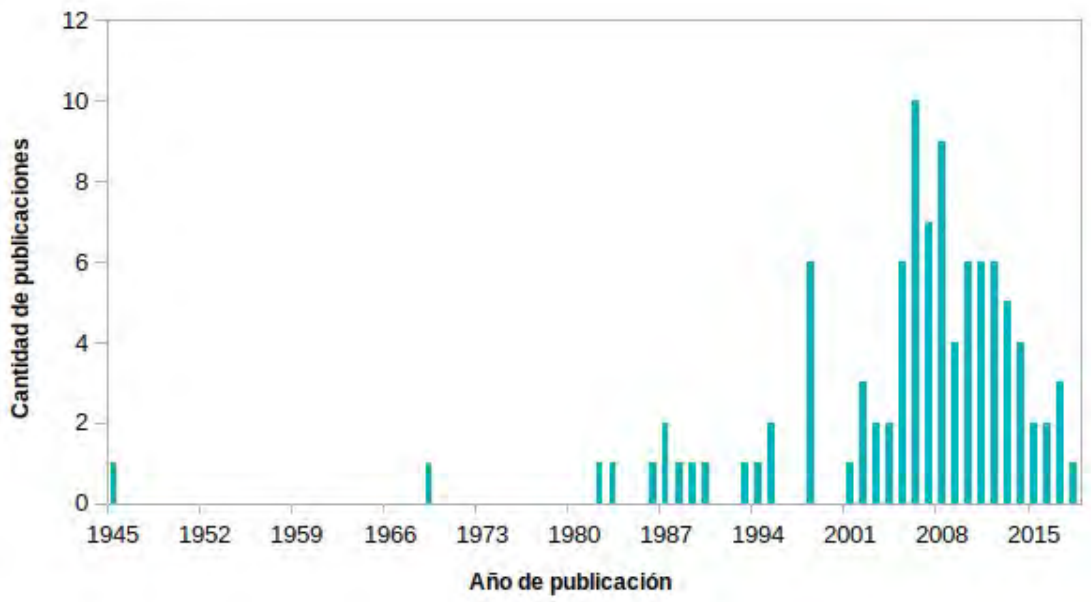


Figura 8. Cantidad de artículos científicos por año con información útil para el Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)".

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Informes Técnicos

Como resultado de la revisión bibliográfica de informes técnicos (FIPA, SEA, FNDR, etc.), se analizaron un total de 708 documentos de las cuales el 11,7% (83 informes) presentaron información competente para los fines del presente Proyecto (Figura 9). Es decir, con información referente a macrofauna bentónica, características del sedimento y/o columna de agua. De estas 83 publicaciones el 92 % (76 informes técnicos) correspondieron a la base de datos de Sistema de Evaluación Ambiental (SEA), es decir Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) y Estudios de impacto Ambiental que aportan 66,3 % y 25,3 % respectivamente. El 4,8% (4 Informes técnicos) correspondieron a biblioteca del Laboratorio de Ecología e Impactos Ambientales de la Universidad de Valparaíso, principalmente Informes de Programas de Vigilancia Ambiental y el 3,6% restante es aportado por información proveniente de informes finales de proyectos financiados por del Fondo de Investigación de Pesca y Acuicultura (FIPA) (Figura 10).

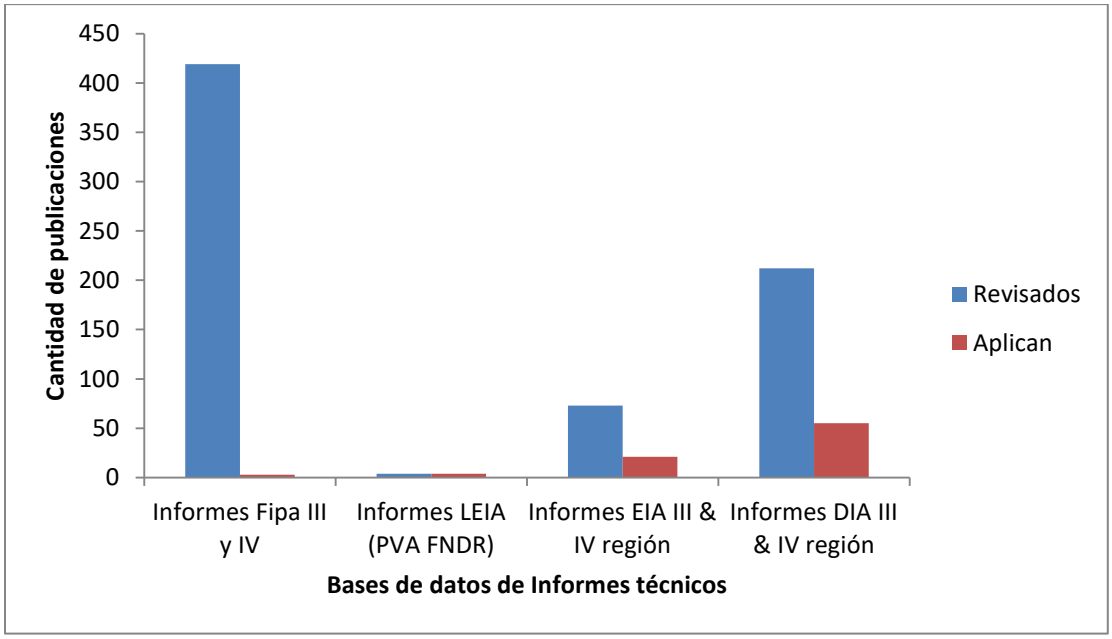


Figura 9. Detalle de los informes técnicos revisados en diversas bases de datos. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)".

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

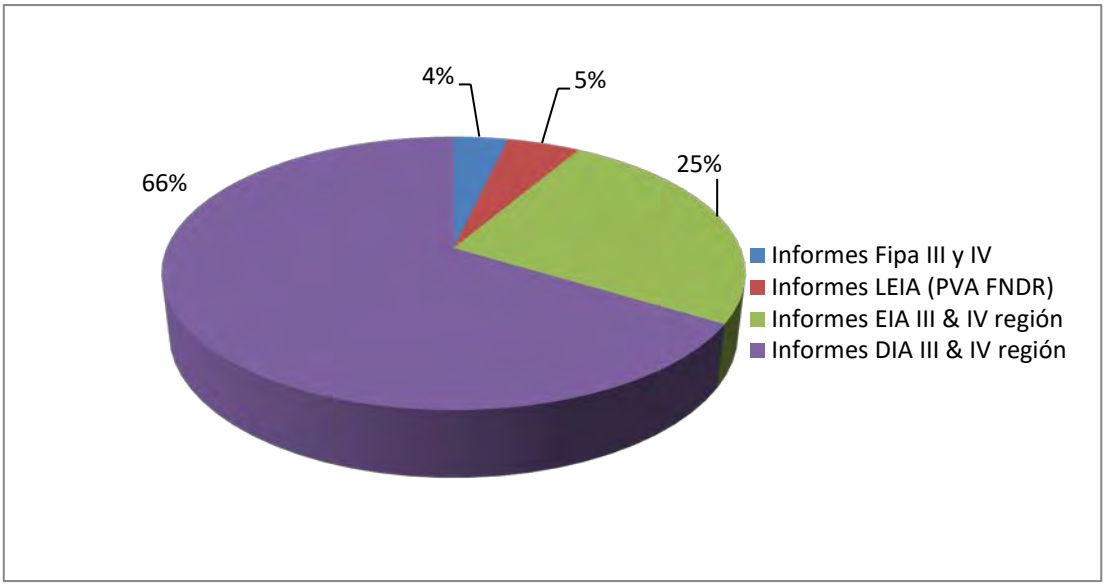


Figura 10. Porcentaje de Informes Técnicos con información relevante para el Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)".

La información obtenida fue ingresada en planillas Excel, para generar la base de datos de trabajo que fue vinculada al software QGIS 3.8.1 (Figura 11).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Estación	Nombre indicado en el paper	Ambiente (i: Intermareal; S: Submareal)	LAT_CONV	LONG_CONV	LATITUD (gg:mm:ss.ssX; donde X es N/S)	LONGITUD (gg:mm ss.ssX; donde X es E/W)	UTM zona (#+N/S)	UTM N (m.m)	UTM E (m.m)	DATUM	Tipo de fondo (R: Rocoso; G: Grava; A: Arena; F: Fango)	Biota (X: presencia)	Parámetros físico-químicos (X: presencia)	Contaminantes (X: presencia)
VG1	Playa Hornitos	I	22:54:00.00S	70:17:00.00W	22:54:00.00S	70:17:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	X	ND
VG2	Playa Mejillones	I	23:05:00.00S	70:26:00.00W	23:05:00.00S	70:26:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	X	ND
VG3	Playa La Rinconada	I	23:28:00.00S	70:31:00.00W	23:28:00.00S	70:31:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	X	ND
VG4	Playa Rodillo	I	26:59:00.00S	70:48:00.00W	26:59:00.00S	70:48:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	ND	ND
VG5	Playa El Cisne	I	27:14:00.00S	70:57:00.00W	27:14:00.00S	70:57:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	ND	ND
VG6	Playa El Apolillado	I	29:10:00.00S	71:29:00.00W	29:10:00.00S	71:29:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	X	ND
VG7	Playa San Pedro	I	29:52:00.00S	71:16:00.00W	29:52:00.00S	71:16:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	X	ND
VG8	Playa Tongoy	I	30:16:00.00S	71:30:00.00W	30:16:00.00S	71:30:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	X	ND
VG9	Bahía Rinconada	S	23:45:00.00S	70:28:00.00W	23:45:00.00S	70:28:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	ND	ND
VG10	Bahía Coloso	S	23:45:00.00S	70:28:00.00W	23:45:00.00S	70:28:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	ND	ND
VG11	Bahía Bolfin	S	23:50:00.00S	70:30:00.00W	23:50:00.00S	70:30:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	ND	ND
VG12	Bahía Caldera	S	27:03:00.00S	70:49:00.00W	27:03:00.00S	70:49:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	ND	ND
VG13	Bahía Herradura	S	29:59:00.00S	71:22:00.00W	29:59:00.00S	71:22:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	ND	ND
VG14	Bahía Guanaqueros	S	30:09:00.00S	71:25:00.00W	30:09:00.00S	71:25:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	ND	ND
VG15	Bahía Tongoy	S	30:16:00.00S	71:30:00.00W	30:16:00.00S	71:30:00.00W	ND	ND	ND	ND	A	X	ND	ND
AM1	CTRL	S	29:51:30.22S	71:17:09.81W	ND	ND	ND	6696559.207	279136.761	WGS 1984	A	ND	X	X
AM2	P1	S	29:53:46.97S	71:17:58.58W	ND	ND	ND	6692354.210	279521.164	WGS 1984	ND	ND	X	X
AM3	P2	S	29:53:52.32S	71:17:55.72W	ND	ND	ND	6692191.342	279601.130	WGS 1984	ND	ND	X	X
AM4	P3	S	29:53:51.36S	71:17:02.11W	ND	ND	ND	6692217.992	279429.839	WGS 1984	ND	ND	X	X
AM5	PC	S	29:53:50.22S	71:17:58.58W	ND	ND	ND	6692254.112	279523.152	WGS 1984	A	X	X	X
AM6	E1	S	29:54:34.57S	71:17:55.49W	ND	ND	ND	6690890.647	279633.542	WGS 1984	ND	ND	X	X
AM7	E2	S	29:54:39.91S	71:17:52.63W	ND	ND	ND	6690727.778	279713.498	WGS 1984	ND	ND	X	X
AM8	E3	S	29:54:38.93S	71:17:58.98W	ND	ND	ND	6690754.428	279542.230	WGS 1984	ND	ND	X	X
AM9	EC	S	29:54:37.81S	71:17:55.86W	ND	ND	ND	6690790.548	279625.530	WGS 1984	A	X	X	X
AM10	D1	S	29:56:39.43S	71:17:22.13W	ND	ND	ND	6687031.320	278995.382	WGS 1984	ND	ND	X	X
AM11	D2	S	29:56:44.78S	71:17:19.27W	ND	ND	ND	6686868.456	279075.326	WGS 1984	ND	ND	X	X
AM12	D3	S	29:56:43.79S	71:17:25.62W	ND	ND	ND	6686895.093	278904.114	WGS 1984	ND	ND	X	X
AM13	DC	S	29:56:42.78S	71:17:21.94W	ND	ND	ND	6686928.971	279002.054	WGS 1984	A	X	X	X
AM14	C1	S	29:57:58.11S	71:19:26.92W	ND	ND	ND	6684541.212	275697.752	WGS 1984	ND	ND	X	X
AM15	C2	S	29:57:03.46S	71:19:24.06W	ND	ND	ND	6684378.368	275777.726	WGS 1984	ND	ND	X	X
AM16	C3	S	29:57:02.50S	71:20:30.41W	ND	ND	ND	6684404.951	275606.540	WGS 1984	ND	ND	X	X
AM17	CC	S	29:57:01.46S	71:19:26.74W	ND	ND	ND	6684438.865	275704.456	WGS 1984	F	X	X	X

Figura 11. Detalle de la información sistematizada de los artículos científicos e informes técnicos. ND: No informado. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)".

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Resumen geográfico de la información

De las fuentes de información indicadas previamente se extrajeron diversos aspectos relacionados al desarrollo del presente proyecto, pero no todas ellas aportaron con información georreferenciada o bien contenían errores no rectificables en su información geográfica, aspecto de especial recurrencia en las líneas base presentes en el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

A nivel general, y a la fecha, se geo procesaron 102 fuentes de información que contenían información válida para ser incorporada en el Sistema de Información Geográfico (Tabla 7).

Tabla 7. Cantidad de documentos seleccionados por fuente de información.

Tipo de fuente de información	Cantidad datos
Publicación científica	40
Informe técnico	4
Declaración de Impacto Ambiental	47
Estudio de Impacto Ambiental	8
Datos POAL	3
Total	**102**

De estás 102 fuentes de información se obtuvieron 1.447 ubicaciones con información geográfica válida (Figura 12 y 13). La extensión de las ubicaciones encontradas abarcó la zona de estudio y parte de las regiones aledañas, las que se mantuvieron en el sistema en vías de favorecer ciertos procesos de información (ej. Interpolaciones) y apoyar a la discusión de resultados. De este modo, tenemos el siguiente desglose de información territorial por región (Tabla 8 a 10):

Tabla 8. Resumen de ubicaciones por tipo de fuente de información para la región de Antofagasta.

Tipo de fuente de información	Cantidad datos
Publicación científica	13
Informe técnico	17
Declaración de Impacto Ambiental	0
Estudio de Impacto Ambiental	0
Datos POAL	0
Total	**30**

Tabla 9 Resumen de ubicaciones por tipo de fuente de información para la Región de Atacama.

Tipo de fuente de información	Cantidad datos
Publicación científica	66
Informe técnico	0
Declaración de Impacto Ambiental	146
Estudio de Impacto Ambiental	0
Datos POAL	647
Total	**859**

Tabla 10. Resumen de ubicaciones por tipo de fuente de información para la Región de Coquimbo.

Tipo de fuente de información	Cantidad datos
Publicación científica	52
Informe técnico	50
Declaración de Impacto Ambiental	64
Estudio de Impacto Ambiental	69
Datos POAL	311
Total	**546**

Tabla 11 Resumen de ubicaciones por tipo de fuente de información para la región de Valparaíso.

Tipo de fuente de información	Cantidad datos
Publicación científica	12
Informe técnico	0
Declaración de Impacto Ambiental	0
Estudio de Impacto Ambiental	0
Datos POAL	0
Total	**12**

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

En una primera aproximación al análisis de la información contenida en cada una de estas locaciones geográficas, se procedió a tabular cada uno de los datos, georreferenciados respecto a la siguiente tipología:

- Información de Tipo de Fondo. Clasificado respecto a las siguientes tipologías fundamentales: Rocoso, Grava, Arena y Fango.
- Información de Sustrato. Corresponde a información respecto a granulometría y materia orgánica del sustrato.
- Información de Biota. En referencia a la existencia de información de especies.
- Información de Contaminantes. Incluye organismos y compuestos considerados nocivos conforme a la normativa vigente.
- Información de Parámetros Físico – Químicos. Corresponde a toda aquella información relacionada a mediciones de variables físico y químicas no relacionadas a contaminantes.

De este modo, se obtuvieron los siguientes resúmenes de información tabulada por región (Tabla 12 a 15):

Tabla 12. Resumen de tipo de información por ubicación para la región de Antofagasta. Cada dato corresponde a una coordenada que presento información útil para cumplir los objetivos del proyecto.

Tipo de información	Cantidad de datos (N°)
Tipo de Fondo	23
Biota	23
Parámetros Físico - Químicos	9
Contaminantes	11
Sustrato	23
Total	**89**

Tabla 13. Resumen de tipo de información por ubicación para la región de Atacama. Cada dato corresponde a una coordenada que presento información útil para cumplir los objetivos del proyecto.

Tipo de información	Cantidad de datos (N°)
Tipo de Fondo	1.672
Biota	662
Parámetros Físico - Químicos	1.282
Contaminantes	878
Sustrato	985
Total	**5.479**

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 14. Resumen de tipo de información por ubicación para la región de Coquimbo. Cada dato corresponde a una coordenada que presento información útil para cumplir los objetivos del proyecto.

Tipo de información	Cantidad de datos (N°)
Tipo de Fondo	595
Biota	179
Parámetros Físico - Químicos	531
Contaminantes	411
Sustrato	228
Total	**1.944**

Tabla 15. Resumen de tipo de información por ubicación para la región de Valparaíso. Cada dato corresponde a una coordenada que presento información útil para cumplir los objetivos del proyecto.

Tipo de información	Cantidad de datos (N°)
Tipo de Fondo	6
Biota	6
Parámetros Físico - Químicos	0
Contaminantes	0
Sustrato	5
Total	**17**

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Figura 12. Ubicación de puntos geográficos con información respecto de biota, tipo de sustrato, parámetros físico-químicos y contaminantes. Región de Atacama. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)".

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Figura 13. Ubicación de puntos geográficos con información respecto de biota, tipo de sustrato, parámetros físico-químicos y contaminantes. región de Coquimbo. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)".

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Como resultado de este diagnóstico territorial integrado, fue posible concluir que los 8 sectores indicados en las bases técnicas presentan una condición de "Influenciado antrópicamente" (Tabla 16, Figura 14 y 15).

Tabla 16. Condición de los sectores de monitoreo indicados en las bases técnicas del Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)". Indicando la principal fuente antrópica registrada.

Área	Región	Sector de monitoreo	Condición
Copiapó	Atacama	Bahía Caldera	Influenciada antrópicamente **(Emisario Empresa Sanitaria Atacama)**
		Bahía Huasco	Influenciada antrópicamente **(Emisario Empresa Sanitaria Atacama)**
		Ensenada Chapaco	Influenciada antrópicamente **(Emisario CIA Minera del Pacífico)**
Coquimbo	Coquimbo	Bahía Coquimbo	Influenciada antrópicamente **(Emisario Empresa Sanitaria Aguas del Valle)**
		Puerto Coquimbo	Influenciada antrópicamente **(Actividad Portuaria)**
		Bahía Tongoy	Influenciada antrópicamente **(Acuicultura)**
		Bahía Los Vilos	Influenciada antrópicamente **(Emisario Empresa Sanitaria Aguas del Valle-Minera los Pelambres)**

A raíz de esta situación, se realizó un nuevo análisis de la información disponible evaluando nuevos sectores (Bahías, Ensenadas, Radas) en ambas regiones, con este nuevo diagnóstico territorial, se identificaron bahías y sectores con características similares (Figura 14 y 15). Además, se aplicaron criterios de especialistas, que consideró los aspectos de: Accesibilidad a las zonas de monitoreo, continuidad en la propuesta de información y relevancia dentro del diseño de muestreo global respecto al propósito del estudio. Como resultado de este análisis se pudo identificar sectores en ambas regiones que lograron ser catalogados como: "No Intervenida antrópicamente".

La selección de las bahías y zonas de muestreo que se entrega en la siguiente Tabla (Tabla 17) fue validada por la contraparte técnica en segunda reunión de coordinación (Ver anexo 1. Acta reuniones de coordinación).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

En cada uno de estos sectores se distribuirán 7 estaciones de muestreo, en total, para cada campaña se analizarán 168 muestras de macrofauna bentónica y 56 muestras para la determinación de materia orgánica, carbono orgánico, granulometría, metales pesados (Arsénico, Cadmio, Cobre, Hierro, Níquel, Plomo, Vanadio, Zinc). Estos puntos de muestreo consideran fondos blandos y profundidades no mayores a los 60 metros.

Tabla 17. Selección de los sectores de monitoreo y condición. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental, zonas norte a la centro-norte (2da etapa)".

Área	Región	Sector de monitoreo	Condición
Copiapó	Atacama	**Bahía Caldera (*)**	**Influenciada antrópicamente (Emisario Empresa Sanitaria Atacama)**
		Bahía Huasco	Influenciada antrópicamente (Emisario Empresa Sanitaria Atacama)
		Ensenad Chapaco(*)	**Influenciada antrópicamente (Emisario CIA Minera del Pacífico)**
		Punta Alcalde	Influenciada antrópicamente (Emisario ENEL Generadora-Termoelectrica)
		Caleta Flamenco	Influenciada antrópicamente (Emisario Angloamericana)
		Bahía Inglesa	Influenciada antrópicamente (Acuicultura)
		Caleta Cisnes(*)	**No Intervenida antrópicamente**
		Carrizal Bajo(*)	**No Intervenida antrópicamente**
		Chañaral de Aceituno	No Intervenida antrópicamente
		El Apolillado	No Intervenida antrópicamente
Coquimbo	Coquimbo	**Bahía Coquimbo(*)**	**Influenciada antrópicamente (Emisario Empresa Sanitaria Aguas del Valle)**
		Puerto Coquimbo	Influenciada antrópicamente (Actividad Portuaria)
		Bahía Tongoy(*)	**Influenciada antrópicamente (Acuicultura)**
		Bahía Los Vilos	Influenciada antrópicamente (Emisario Empresa Sanitaria Aguas del Valle-Minera los Pelambres)
		Huentelauquén(*)	**No Intervenida antrópicamente**
		Chigualoco(*)	**No Intervenida antrópicamente**

Rojo: Influenciada antrópicamente; Verde: No Intervenida antrópicamente; (*) Sector Seleccionado

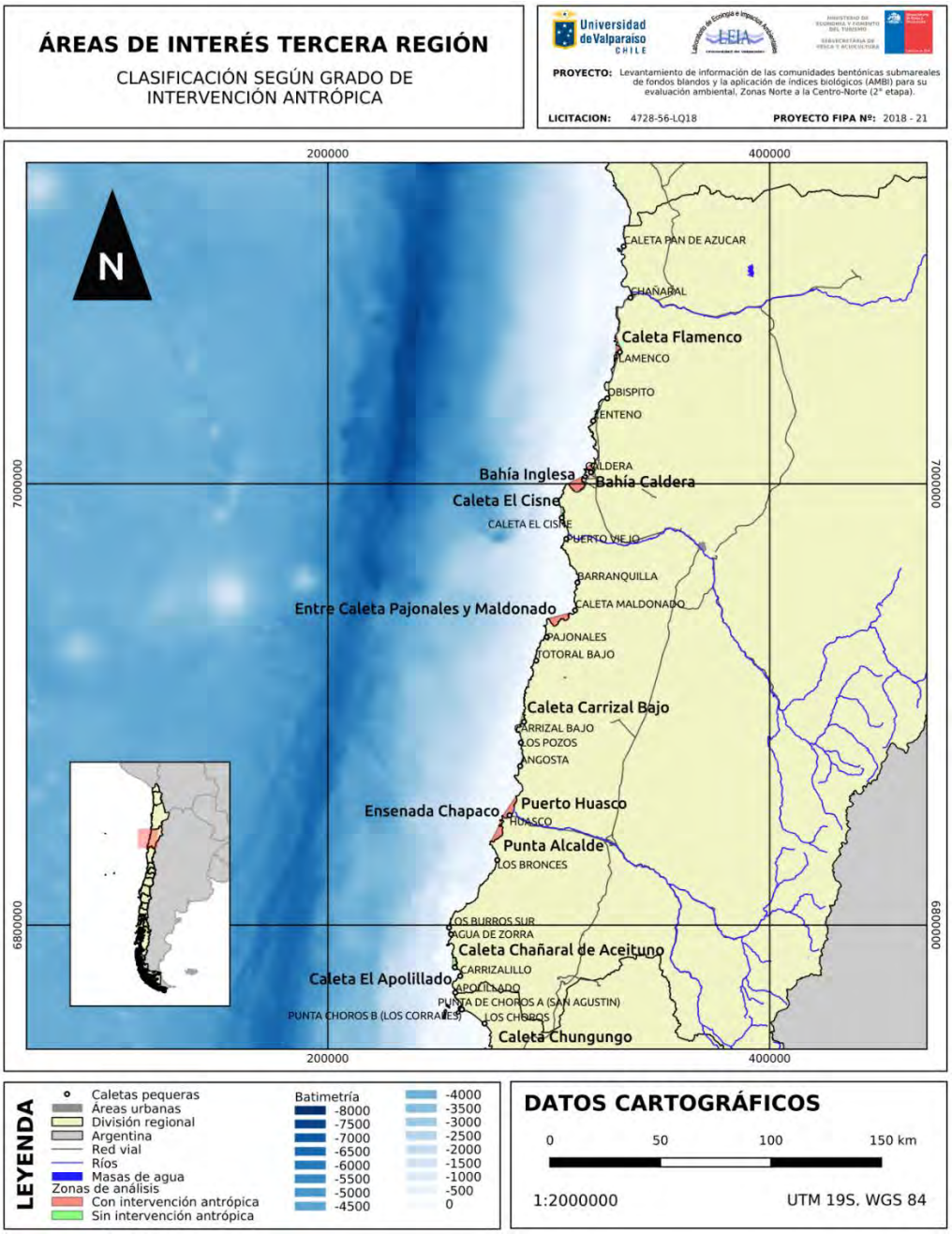


Figura 14. Condición y selección, de los sectores de monitoreo Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental. Región de Atacama. Rojo: Influenciada antrópicamente; Verde: No Intervenida antrópicamente.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Figura 15. Condición y selección, de los sectores de monitoreo. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental. Región de Coquimbo. Rojo: Influenciada antrópicamente; Verde: No Intervenida antrópicamente.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Sistematización y análisis de información sitios seleccionados

Para los sitios seleccionados, se efectuó un análisis de información espacial, con el fin de determinar el diámetro de búsqueda, en base a la sistematización de información recopilada mediante la triangulación Delaunay de la información presente en cada área de interés (Figura 16), tras la cual se efectuó un cálculo de distancias mínimas entre fuentes de información, la cual en promedio fue de 403,5m por lo que, una grilla de análisis inferior al valor indicado no sería procedente, asumiéndose el valor regular inmediatamente superior (500 m) (Tabla 18).

Tabla 18. Distancias entre fuentes de información por área de interés que presentó información útil: Máximas, Mínimas y Promedio en metros.

Estadígrafos	B. Caldera	B. Coquimbo	B. Tongoy	E. Chapaco	P. Coquimbo
Promedio (m)	425	1890	2852	1360	339
Máximo (m)	1874	8795	8154	1360	1386
Mínimo (m)	22	118	733	1360	16

Por su parte, la decisión de optar por una grilla de análisis hexagonal se debe a la menor variación en su radio de búsqueda respecto a otras alternativas como la cuadrangular o en diamante.

Para la ubicación de los puntos de monitoreo de los sitios que fueron catalogados como "Afectados antrópicamente" se tomó en consideración la ubicación de la fuente de contaminación, los antecedentes de dirección de la corriente y modelación de plumas de dispersión de emisarios, recopilados durante la revisión bibliográficos, así como lo indicado por Marín *et al* 2018 y Thomas *et al* 2016 en relación a la distancias entre estaciones de muestreo (100 a 200 metros) y a la distancia respecto a los centros de cultivo (500 metros) (Figura 16). Sin embargo, la ubicación precisa de las estaciones fue definida en terreno con el fin de asegurar fondos con características del sedimento similares.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

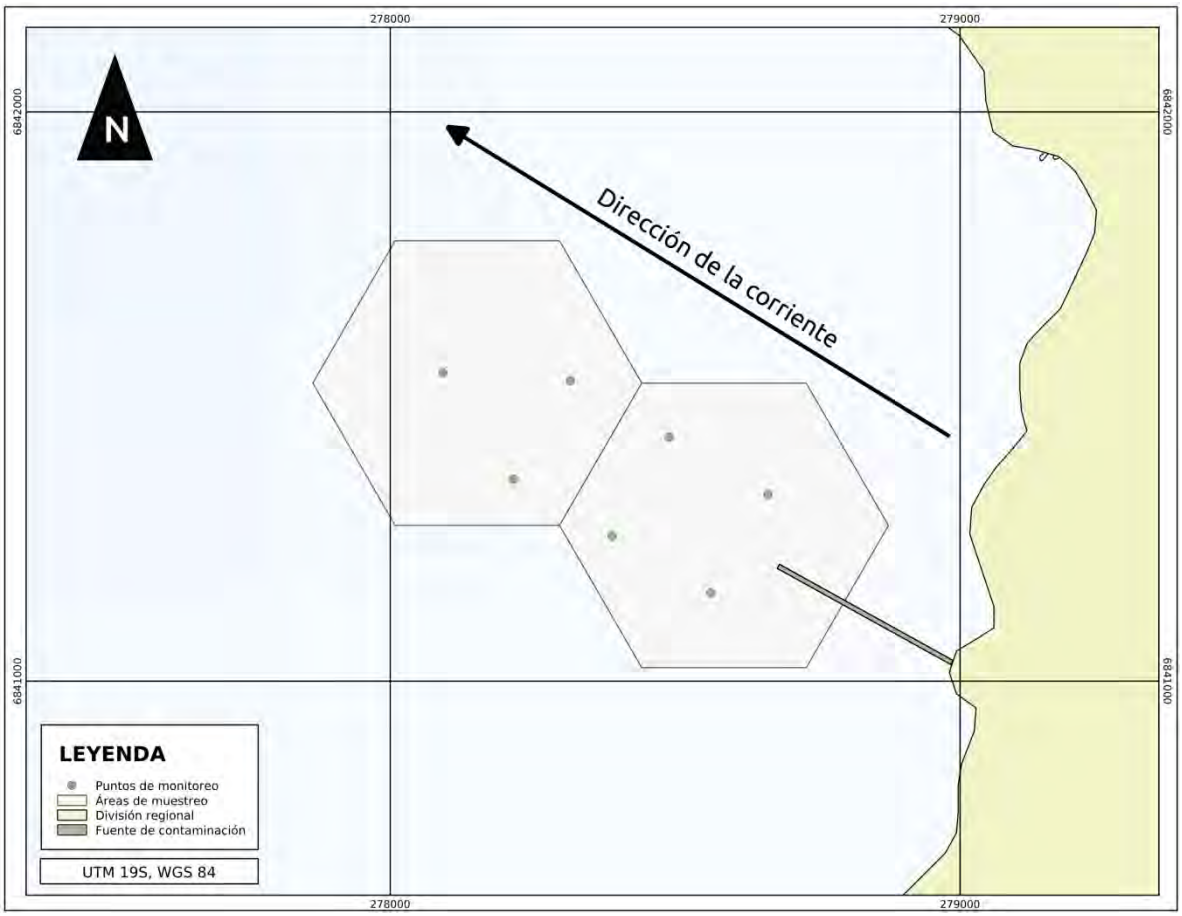


Figura 16. Esquema de ubicación de los puntos de monitoreo de los sitios seleccionado. Proyecto "Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y la aplicación de índices biológicos (AMBI) para su evaluación ambiental.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Caracterización de los sitios seleccionados y ubicación de sitios de muestreo Sector Bahía Caldera

Categorización: Influenciada antrópicamente

Bahía Caldera posee una forma rectangular, con su eje longitudinal orientado al noroeste. Posee características de cuerpo de agua semicerrado, por lo que es objeto de múltiples usos, entre ellos el turístico y la recreación; transporte marítimo; actividad industrial y artesanal (Caleta Caldera) y para actividades municipales (descarga de aguas servidas emisario Empresa Sanitaria Atacama).

Se identificaron 6 concesiones de acuicultura 5 de ellas correspondiente a algas y 1 para ostión y una AMERB denominada Caldera Sector C (S.T.I. Buzos mariscadores y recolectores de orilla del Puerto de Caldera) (Figura 17). No se registran áreas con alguna categoría de protección ambiental.

La información científico-técnica recopilada en Bahía Caldera es escasa, proveniente principalmente de la elaboración de estudios de líneas de base, declaraciones y estudios de impacto ambiental (DIA, EIA). La revisión bibliográfica entrego un total de 213 puntos con información ambiental (Figura 17 y 18).

Mediciones de correntometría euleriana, indican que la magnitud de las corrientes en la columna de agua fue menores a 30 cm/s y en Punta Padrones presentó una dirección predominante hacia el NW (noroeste) en la capa superficial, mientras que los estratos de mayor profundidad rotaron gradualmente en sentido contra el reloj hasta alcanzar la componente hacia el SE (sureste) a los 20 metros de profundidad. Con respecto a las corrientes lagrangianas, se observó que presentaron un comportamiento de corrientes similar en el estrato superficial en ambas campañas de monitoreo, cuyas trayectorias se dirigieron con predominio hacia el cuadrante E (este) y NE (noreste). No se presentaron diferencias significativas entre las fases de marea mencionadas en cuanto a trayectoria y magnitud, lo cual describiría un patrón permanente en el sector. Por otra parte, las trayectorias de la capa subsuperficial (8 metros) fueron similares a lo descrito anteriormente, presentando un flujo hacia los cuadrantes NE y E. (Acardis Geotecnia .2010. Estudio de Línea Base desarrollado para el proyecto "Planta Desalinizadora Minera Candelaria).

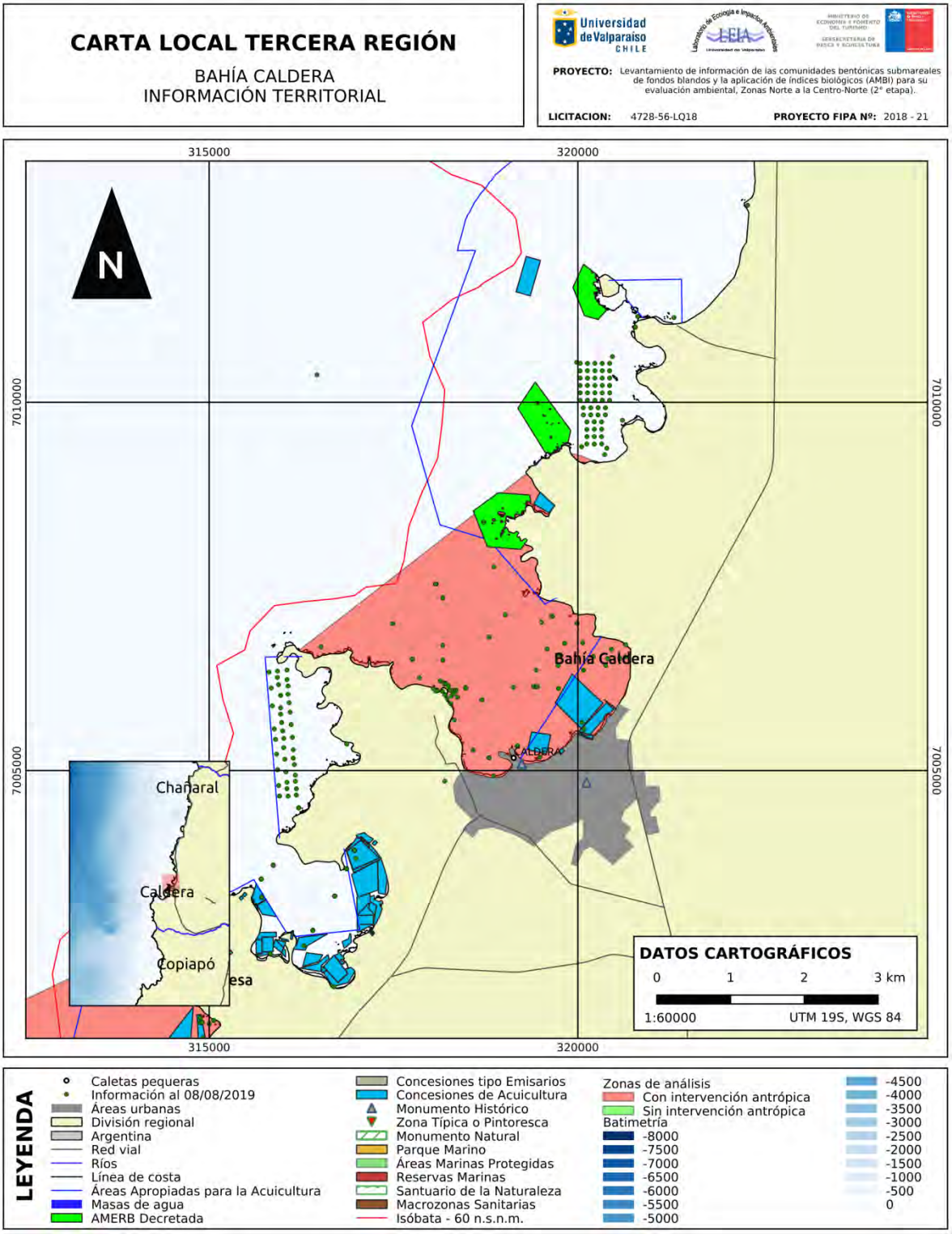


Figura 17. Información territorial Bahía Caldera, región de Atacama.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

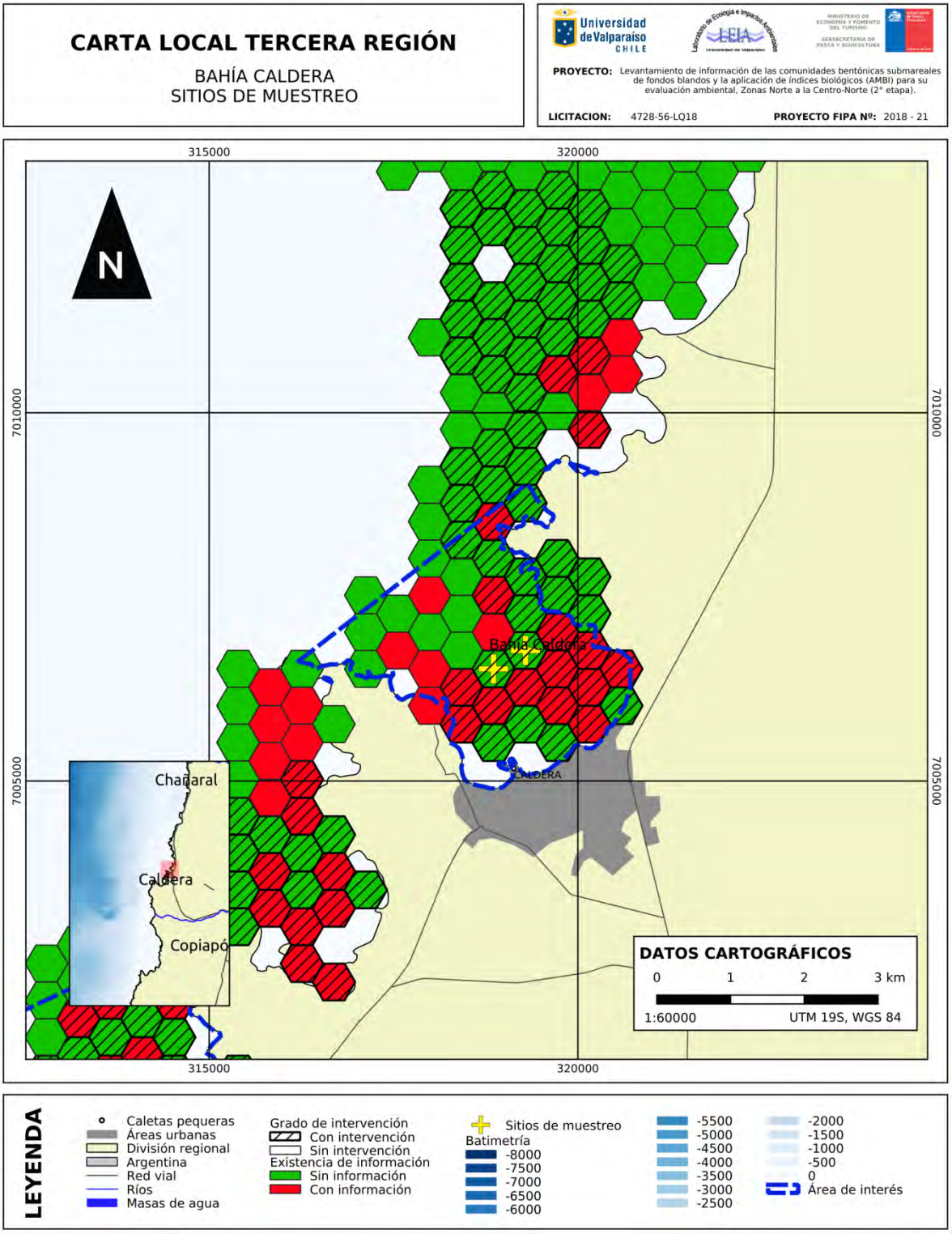


Figura 18. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Bahía de Caldera, región de Atacama.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Sector Punta Alcalde

Categorización: Influenciada antrópicamente

Punta Alcalde es una bahía ubicada aproximadamente a 15 km al suroeste de Huasco, y al sur de Ensenada Chapaco, se encuentra delimitada por Punta Alcalde por el sur y Punta Huasco Sur por el norte.

Es objeto de uso, en particular por la empresa En el Generación Chile S.A (Central Termoeléctrica Punta Alcalde), la cual producto de la utilización del agua en la generación de electricidad genera un efluente el cual es descargado al mar mediante un ducto submarino a una profundidad aproximada de 25 metros (Figura 19).

Se identificaron 3 concesiones de acuicultura dos para algas y una para cultivo de dorado, no se identificaron AMERB decretadas. Además, no se registran áreas con alguna categoría de protección ambiental.

La información científico-técnica recopilada en Punta Alcalde es escasa, proveniente principalmente de la elaboración de estudios de líneas de base incluidas en declaraciones y estudios de impacto ambiental (DIA, EIA). La revisión bibliográfica entrego un total de 12 puntos con información ambiental (Figura 20).

Mediciones de correntometría euleriana, muestran una variación estacional en la dirección de la capa superficial, en donde el flujo tiende a mostrar un predominio hacia N-NE en primavera, mientras que en otoño-invierno el flujo se dirige hacia el W. Por su parte, los estratos intermedios y fondo de la columna de agua mostraron direcciones predominantes hacia el N-NE y hacia el NW-N. Además, estudios de correntometría lagrangiana con derivadores en períodos de sicigia y cuadratura lunar, en marea llenante y vaciante, los resultados indican que, para la condición de cuadrante lunar, las mayores magnitudes de las corrientes fueron detectadas en la capa superficial en todos los casos y en todas las condiciones de marea evaluadas, la dirección de los derivadores fue hacia el NE. En condición lunar de sicigia, la trayectoria de los derivadores tuvo una tendencia hacia el S-SW y SE-S durante la marea llenante, tanto en superficie como en subsuperficie (5 metros). Sin embargo, en marea vaciante se mantuvo una dirección hacia el NE para

todos los puntos y estratos monitoreados (Costasur 2008, Gestión Ambiental Consultores 2008, Arcadis Geotecnia. 2010).

El sector Punta Alcalde, a pesar de haber sido monitoreado durante las dos campañas de muestreo, fue excluido del estudio, ya que el financiamiento solo abarcaba 8 sectores de muestreo, de los cuales 4 estaban catalogados como influenciados y 4 como no influenciados.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

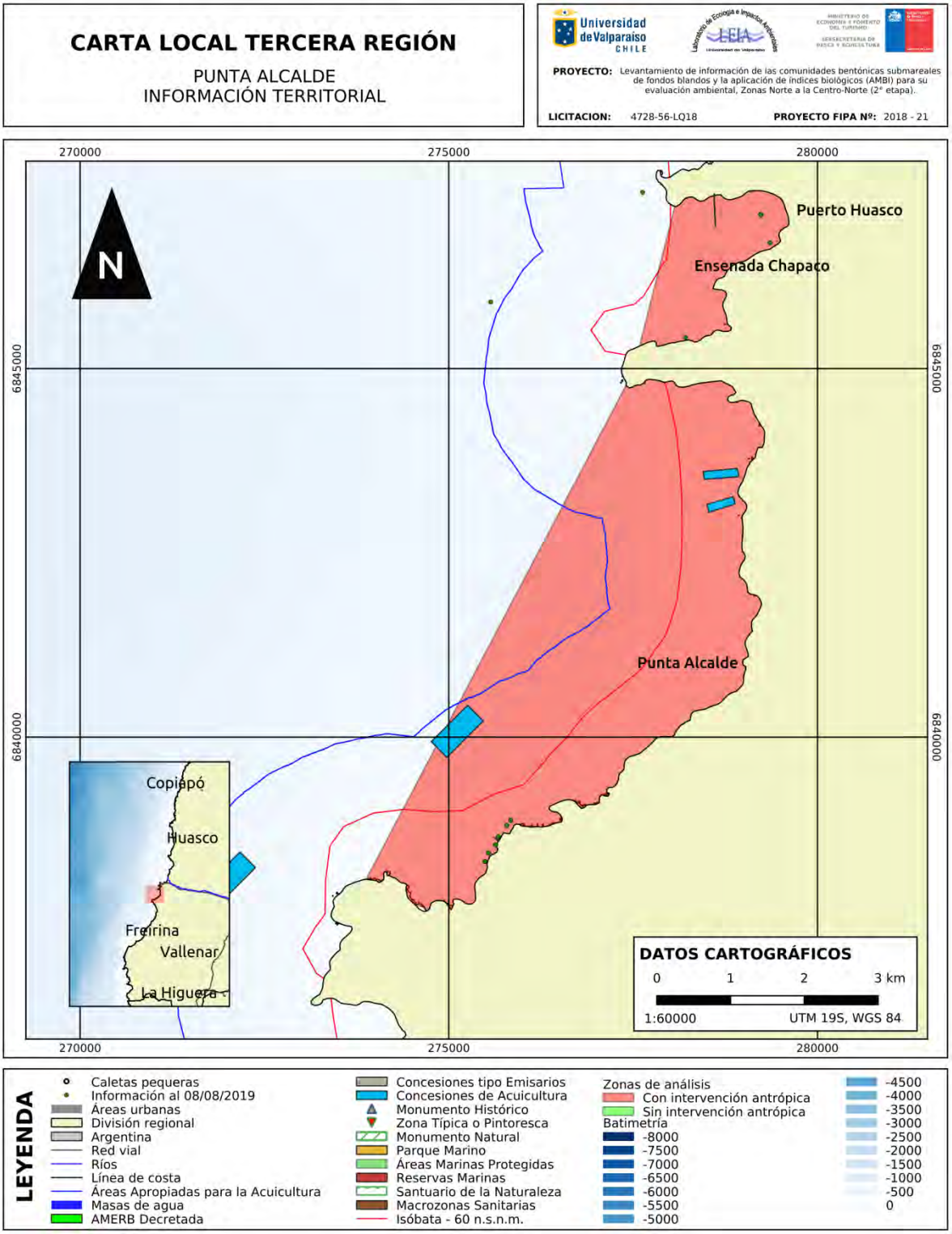


Figura 19. Información territorial Punta Alcalde, región de Atacama.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

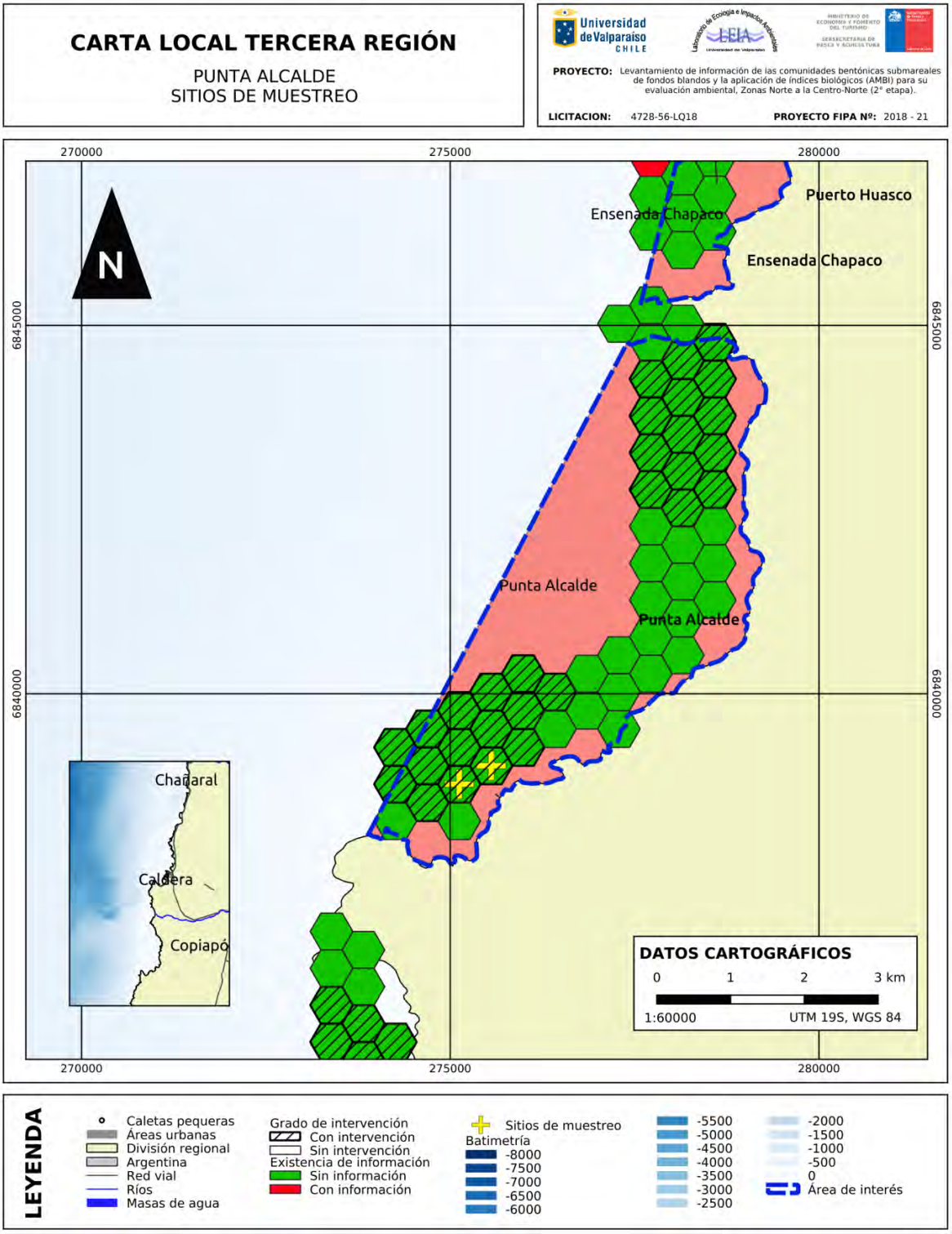


Figura 20. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Punta Alcalde, región de Atacama.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Sector Ensenada Chapaco

Categorización: Influenciada antrópicamente

Ensenada Chapaco es una pequeña bahía ubicada aproximadamente a 3 km al suroeste de Huasco, presenta bajos valores de profundidad y está compuesta de dos bahías menores, una bahía interior con una longitud norte-sur aproximada de 1 km y anchura este-oeste de 1,5 km) y una segunda bahía exterior cuya apertura es de aproximadamente 2 km de ancho.

Es objeto de uso principalmente industrial, en particular la Planta de Pellets de Huasco, de la Compañía Minera del Pacífico S.A. (CAP Minería), se localiza a casi 3 km al suroeste de Huasco y descarga a la ensenada las aguas procesadas de relaves, mediante un relaveducto submarino (Figura 21).

No se identificaron concesiones de acuicultura, ni AMERB decretadas. Además, no se registran áreas con alguna categoría de protección ambiental.

La información científico-técnica recopilada en Ensenada Chapaco es escasa, proveniente principalmente de la elaboración de estudios de líneas de base presentes en declaraciones y estudios de impacto ambiental (DIA, EIA) y proyectos FIPA (2015-18). La revisión bibliográfica entrego un total de 13 puntos con información ambiental (Figura 22).

Mediciones de correntometría euleriana a 20 m de profundidad y a sólo unos 75 m de distancia de la costa de Ensenada Chapaco indican que las corrientes con dirección SW son una característica dominante de la columna de agua, particularmente en invierno, aunque las magnitudes de las velocidades fueron 2 a 3 veces menores que las registradas anteriormente en las estaciones más alejadas de la costa. (Rescam 2013. EIA Actualización del Sistema de Depositación de Relaves de Planta de Pellets).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

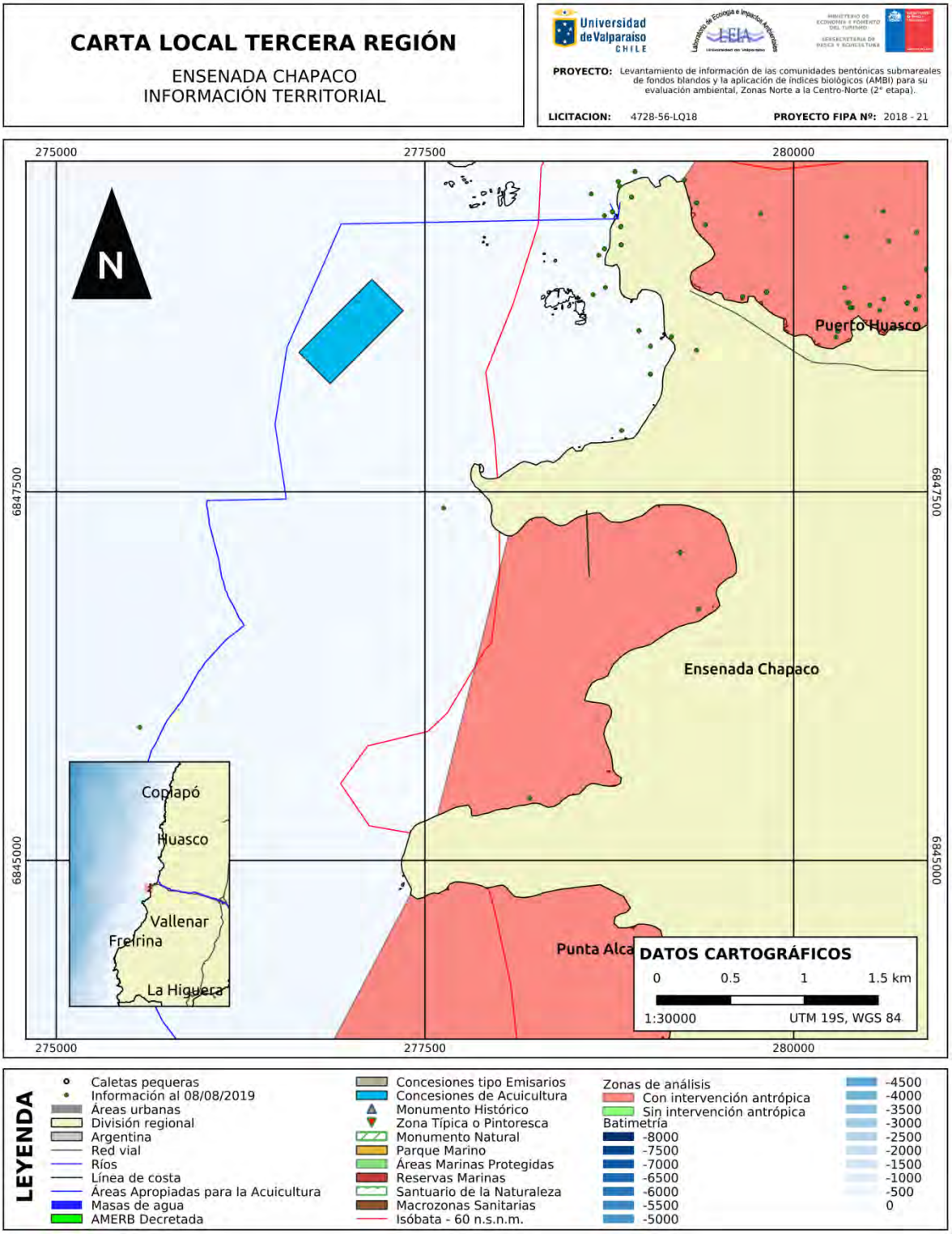


Figura 21. Información territorial Ensenada Chapaco, región de Atacama.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

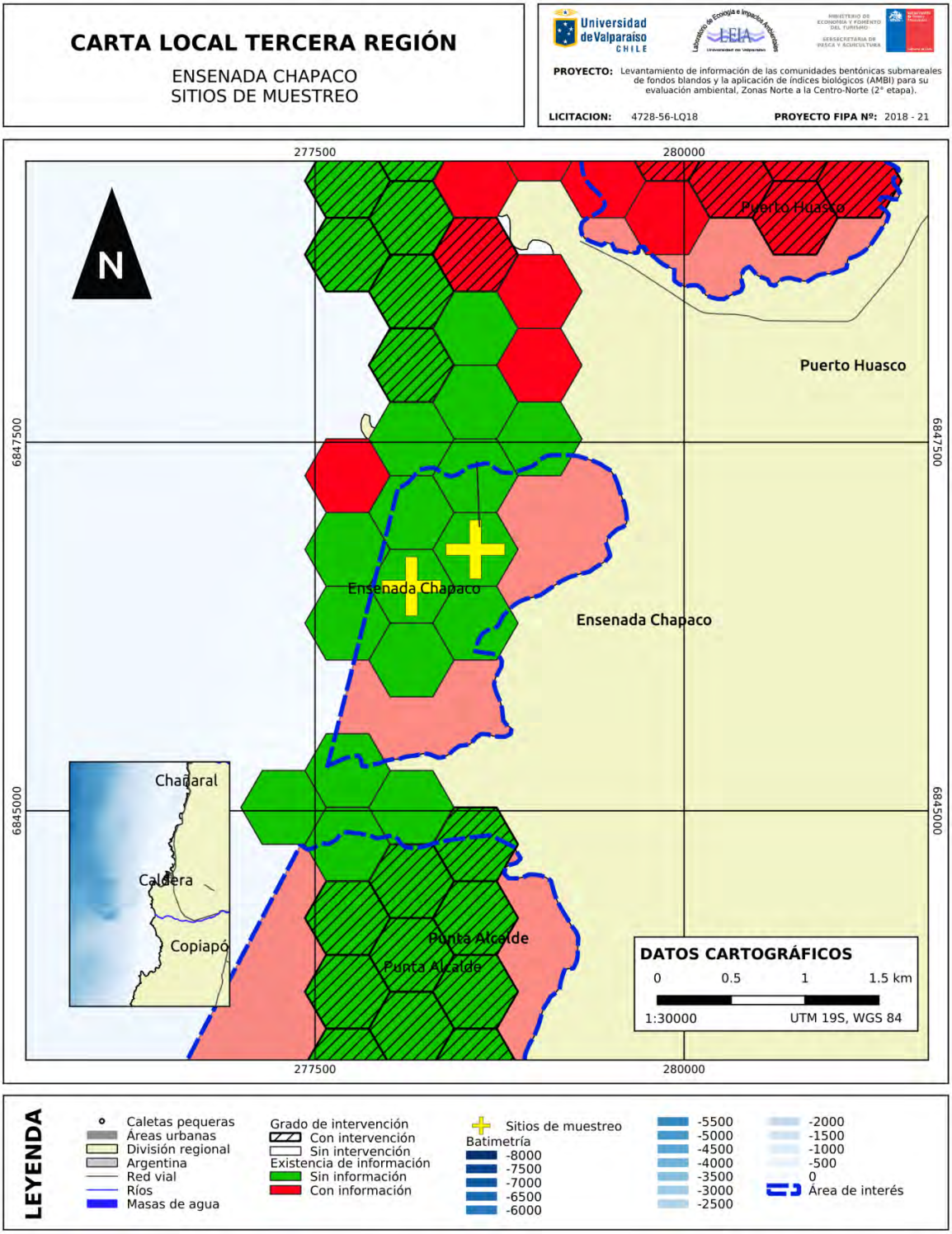


Figura 22. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Ensenada Chapaco, región de Atacama.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Sector Carrizal Bajo

Categorización: No Intervenida antrópicamente

Carrizal Bajo es una localidad Puerto ubicada aproximadamente a 45 km al norte de Huasco, presenta bajos valores de profundidad (20 metros Carta Shoa N°3122), se encuentra delimitada por Punta Carrizal por el sur y Punta Barruel por el norte.

Es objeto de uso principalmente artesanal, en particular por el STI de buzos mariscadores y pescadores artesanales en todas sus categorías, organizados en la Caleta de Pescadores de Carrizal bajo. Se identificaron 2 AMERB decretadas Carrizal Bajo y Carrizal Bajo, ambas otorgadas al Sindicato y un área asignada para el cultivo de algas (Pelillo) (Figura 23).

No se registran áreas con alguna categoría de protección ambiental.

La información científico-técnica recopilada en Carrizal Bajo es escasa, proveniente principalmente de la elaboración de estudios de situación de base (ESBA) orientada a fondos rocosos. La revisión bibliográfica no entrego puntos con información ambiental (Figura 24).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

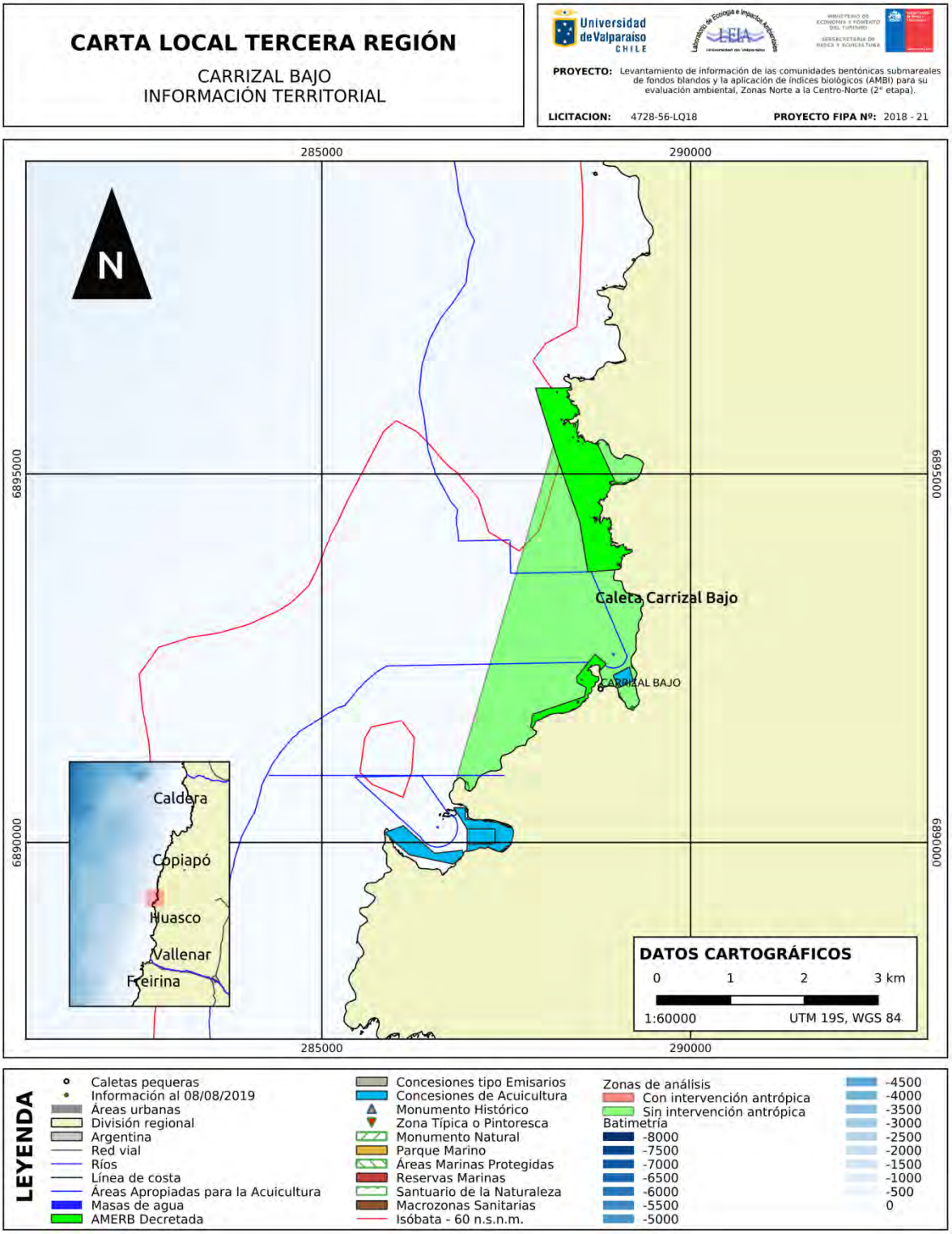


Figura 23. Información territorial Carrizal Bajo, región de Atacama.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

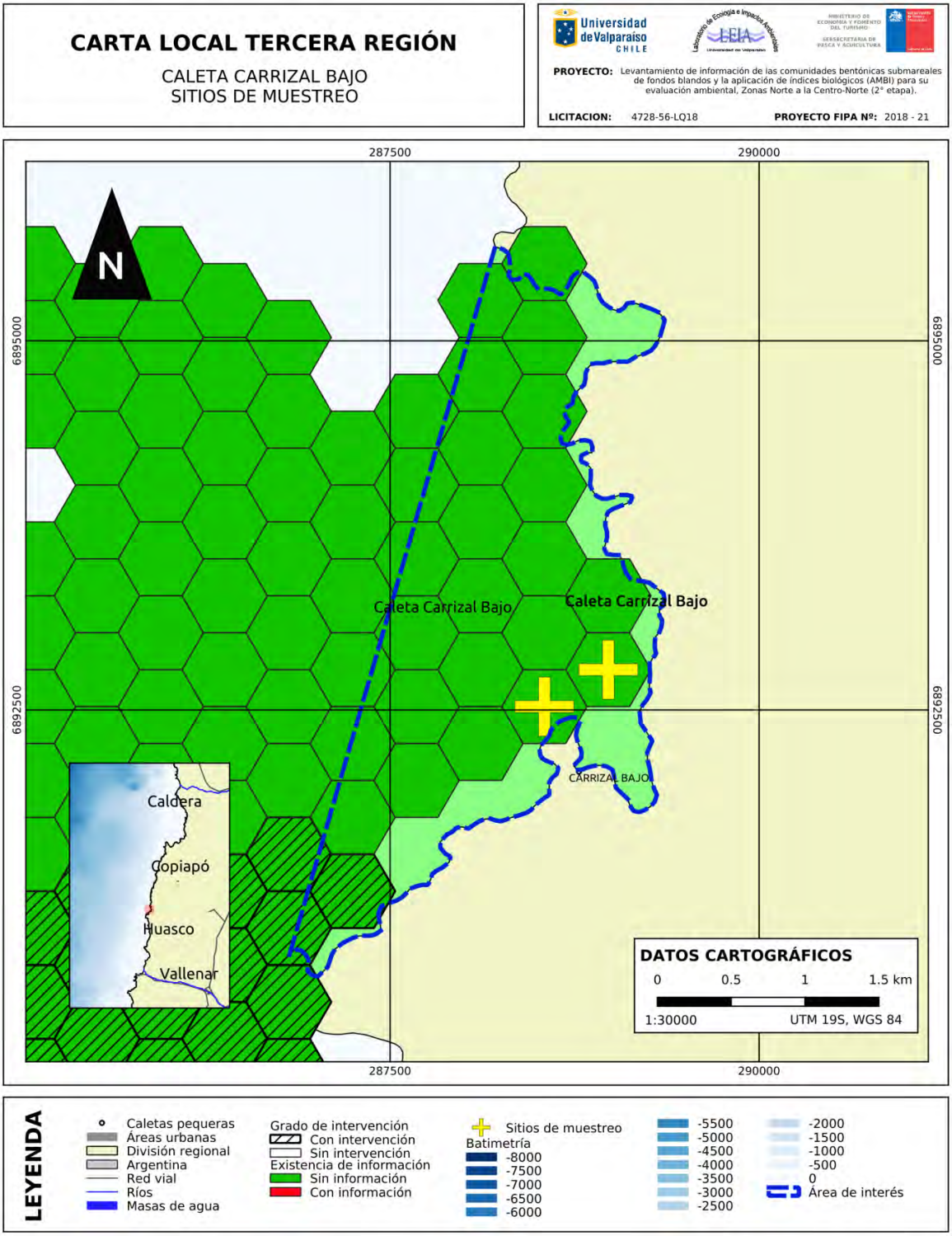


Figura 24. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Carrizal Bajo, región de Atacama.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Sector Caleta Cisne

Categorización: No Intervenida antrópicamente

Es sector Caleta Cisne es una localidad ubicada aproximadamente a 27 km al sur de Caldera, se observan tres puntas: Punta Vial por el norte, Punta Totoral (Caleta Turenne) centro y Punta Hüber por el sur (Carta Shoa N°3122).

Es objeto de uso principalmente artesanal, en particular por el STI buzos mariscadores y recolectores de orilla del puerto de Caldera. Cercano a la zona de interés se identificaron 2 AMERB decretadas El cisne sector A y El cisne sector B ambas otorgadas al Sindicato (Figura 25). El sector forma parte del Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos Isla Grande de Atacama (AMCP-MU IGA).

La información científico-técnica recopilada a la fecha en Caleta Cisne es escasa, proveniente principalmente de la elaboración de estudios de situación de base (ESBA) orientada a fondos rocosos y antecedentes enmarcados en el diseño de un plan de manejo de prácticas pesqueras del Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos isla Grande de Atacama (AMCP-MU IGA) (Thomas *et al* 2018). La revisión bibliográfica entrego 1 punto con información ambiental (Figura 26).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

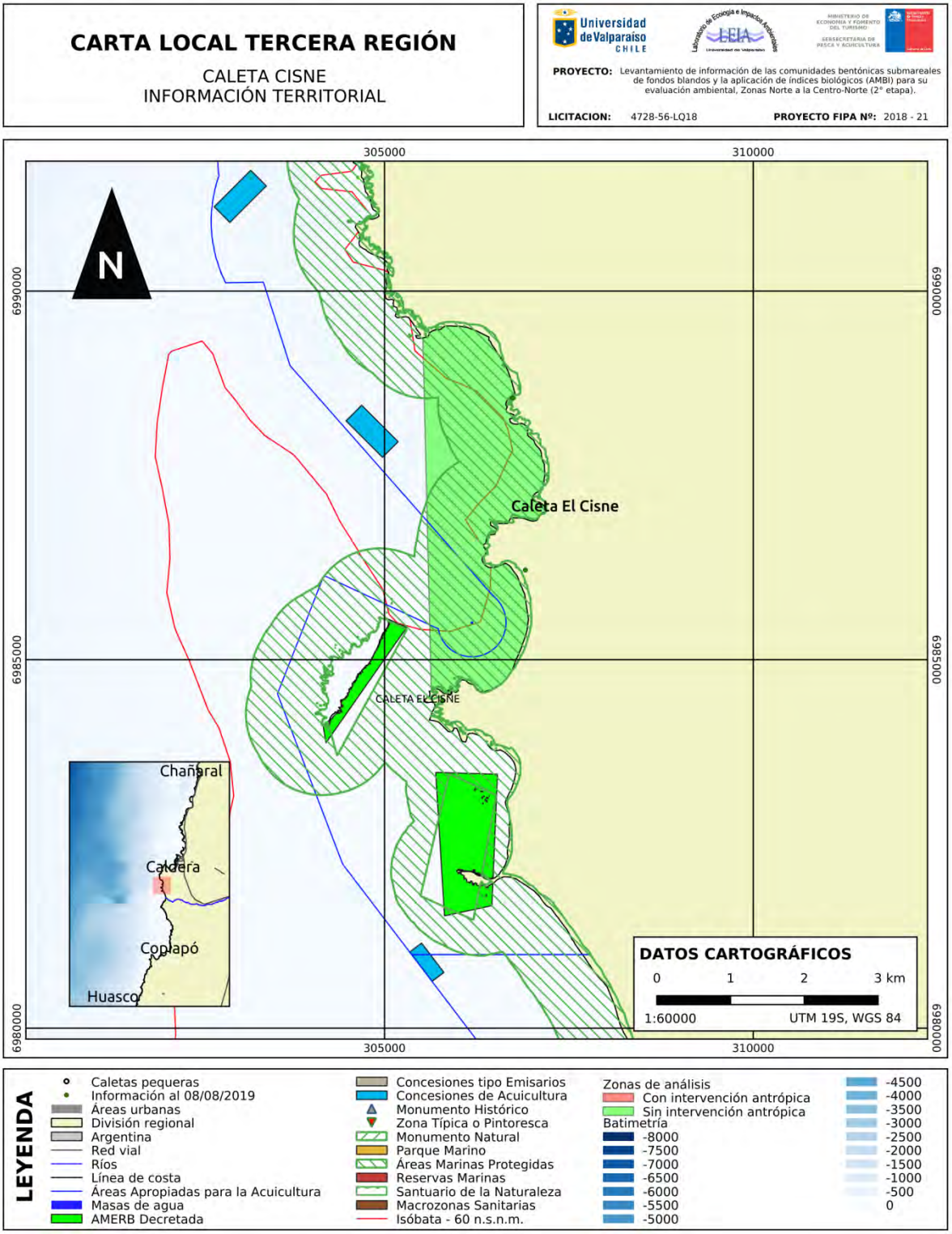


Figura 25. Información territorial Caleta Cisne, región de Atacama.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

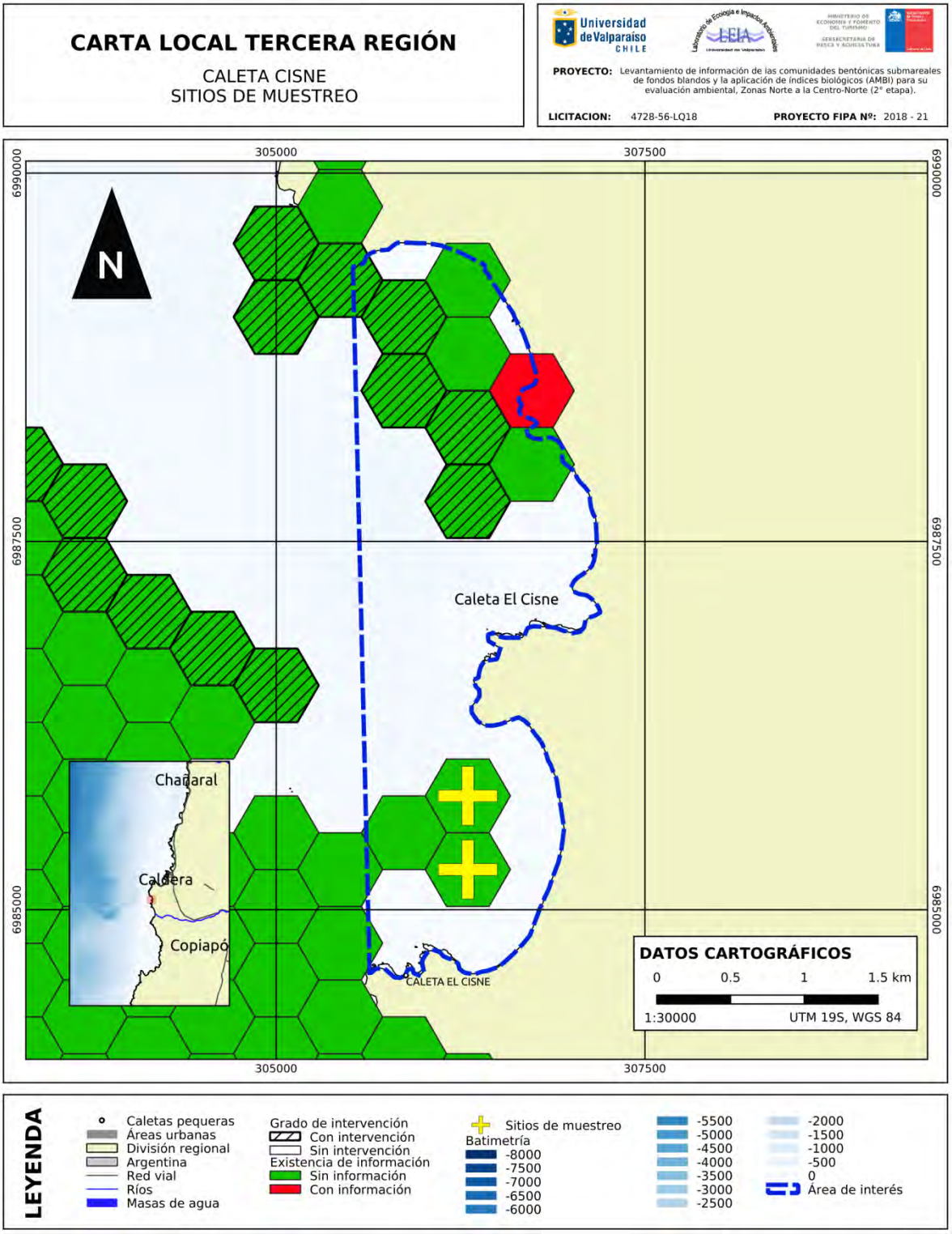


Figura 26 Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Caleta Cisne, región de Atacama.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Sector Bahía Coquimbo

Categorización: Influenciada antrópicamente

La Bahía de Coquimbo comprende una amplia franja litoral ubicada en la región de Coquimbo, presenta orientación N-S y se abre al Oeste. Se encuentra delimitada por dos puntas prominentes, al sur por Punta Tortuga y al norte por Punta Teatinos, las cuales juegan un rol importante en la configuración de los flujos que entran y salen de la bahía (Valle-Levinson *et al*. 2010).

Es objeto de múltiples usos, entre ellos el turístico y la recreación; transporte marítimo (Puerto de Coquimbo); actividad industrial y artesanal (Caleta Peñuelas, Caleta Coquimbo y Caleta San Pedro de la Serena) y para actividades municipales (descarga de aguas servidas emisario Empresa Sanitaria Aguas del Valle).

Se identificaron 4 concesiones de acuicultura 3 de ellas correspondiente a algas (Pelillo) y 1 para ostión-piure y 6 AMERB decretadas (Tabla 19; Figura 27). No se registran áreas con alguna categoría de protección ambiental.

Tabla 19. Áreas de Manejo y Extracción de Recursos Bentónicos decretadas, Bahía de Coquimbo

Nombre AMERB	Organización de Pescadores Artesanales
Peñuelas sector A	A.G. de pescadores y buzos de peñuelas - IV Región
Peñuelas sector B	A.G. de pescadores y buzos de peñuelas - IV Región
Punta Teatinos	A.G. de pescadores artesanales y buzos mariscadores de Caleta San Pedro La Serena
Coquimbo	S.T.I Buzos peñuelas-S.T.I de pescadores 16 septiembre
Playa changa sector A	Cooperativa pesquera pescalmar limitada
Playa Changa	S.T.I. de recolectores de algas marinas gracilarias, sector playa Changa de Coquimbo

La información científico-técnica recopilada en Bahía Coquimbo, proveniente principalmente de la elaboración de estudios de líneas de base, declaraciones y estudios de impacto ambiental (DIA, EIA) y estudios financiados por el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR). La revisión bibliográfica entrego un total de 229 puntos con información ambiental (Figura 27).

De estudios oceanográficos existentes de la bahía de Coquimbo, se conoce que la columna de agua presenta una estratificación que se inicia a fines de primavera, continuando en el verano y terminando en el otoño (Olivares, 1989).

Los patrones de corrientes indican que las direcciones Norte son dominantes en ambos estratos, con direcciones ocasionales Noroeste. Se evidenció dominancia de una corriente costera residual orientada en la dirección norte-noroeste en la capa profunda que domina la extensión latitudinal de la bahía de Coquimbo. La capa superficial (primeros 5 m) de esta corriente hacia el norte presentó mayor variabilidad en sus direcciones, atribuido a una mayor exposición a los cambios del viento reinante. El punto de nacimiento de esta corriente costera se ubica en la región sur y este de la bahía, aproximadamente en la latitud de Punta Tortuga. Esta corriente costera sigue la orientación general de las isobatas en la bahía. (Universidad de Valparaíso 2009).

Por su parte Valle-Levinson et al. (2010) describe la circulación submareal de la Bahía de Coquimbo y demuestran que esta presentó dos giros contra rotativos cerca de la superficie, a una profundidad de 3 m. Un prominente giro anticiclónico (en sentido contra horario) dominaba las tres cuartas partes del norte de la bahía.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

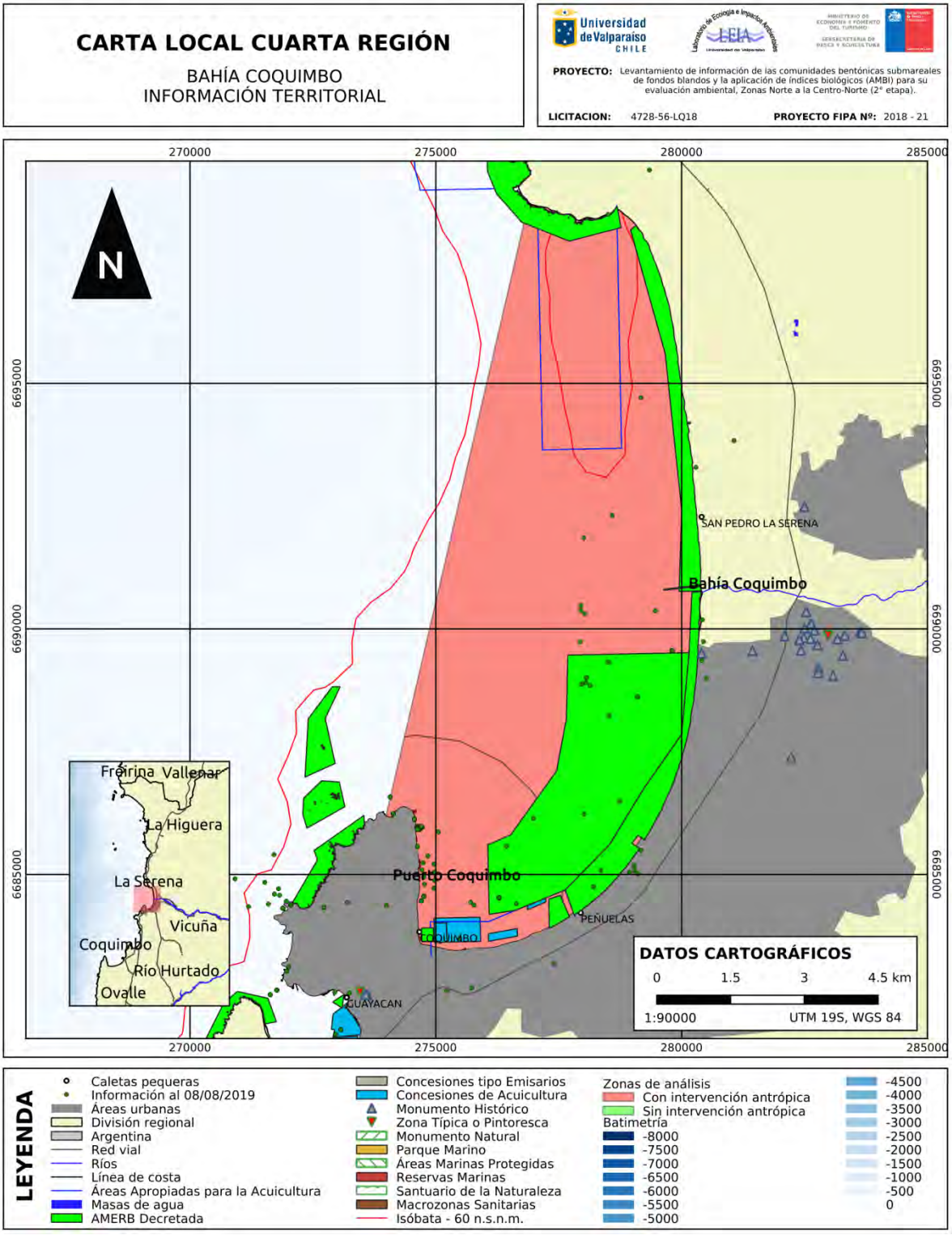


Figura 27. Información territorial Bahía Coquimbo, región de Coquimbo.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

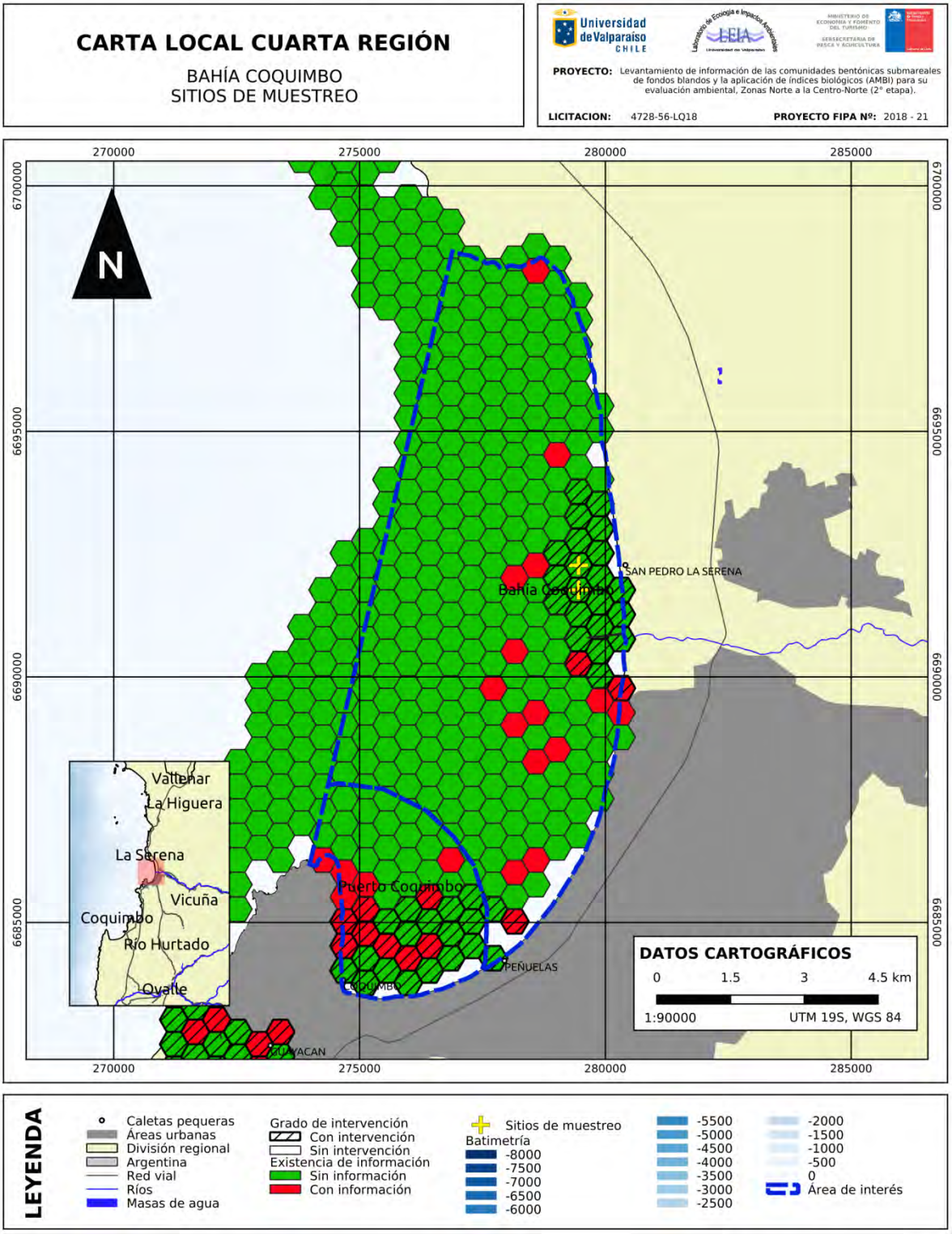


Figura 28. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Bahía Coquimbo, región de Coquimbo.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Sector Bahía Tongoy

Categorización: Influenciada antrópicamente

El sector Bahía de Tongoy comprende una amplia franja litoral ubicada al sur de la Bahía Guanaquero, presenta orientación N-S y se abre al Norte. La componen la Bahía de Tongoy y la Bahía Barnes, esta zona se encuentra delimitada por dos puntas prominentes, al sur por Punta Lengua de Vaca y al norte por Punta Guanaqueros (Carta SHOA N°4100). No se registran áreas con alguna categoría de protección ambiental.

Es objeto de múltiples usos, entre ellos el turístico y la recreación; sin embargo, el más importante en términos de superficie es el relacionado con la actividad de acuicultura, en la bahía se observaron 47 concesiones de acuicultura, 41 de ellas destinadas al cultivo de ostión, 2 de algas y 4 para peces, presenta dos caletas pesqueras (Caleta Tongoy y Puerto Aldea) descarga en esta bahía en épocas de aumento de caudal el río Tangue (Figura 29). Se identificaron 4 AMERB decretadas (Tabla 28; Figura 30).

Tabla 20. Áreas de Manejo y Extracción de Recursos Bentónicos decretadas, Bahía de Tongoy.

Nombre AMERB	Organización de Pescadores Artesanales
Guanaquero Sector C	A.G de pescadores artesanales buzos y mariscadores de Guanaqueros
Tongoy	A.G. de buzos, pescadores y ramos similares artesanales independientes de Tongoy
Puerto Aldea Sector B	A.G. de buzos, asistentes y pescadores artesanales de Puerto Aldea
Puerto Aldea	

Desde el punto de vista oceanográfico Bahía Tongoy se caracteriza por presentar un foco de surgencia frente a Punta de la Vaca, que le otorga un alto grado de variabilidad espacio-temporal (Moraga *et al* 2001). Registros de correntometría realizados a 10 metros de profundidad indicaron un valor medio al sur muy pequeño y una componente neta al oeste, estas condiciones difieren en magnitud entre estaciones del año, pero conservando la dirección (Uribe *et al* 1995). Por su parte, mediciones realizadas por Vidal *et al* (2006), indican que, a 10 metros de la superficie, es mayoritariamente en dirección norte, noroeste y en menor grado hacia el sureste a 1,5 m sobre el fondo, el comportamiento de las corrientes fue en dirección sur, suroeste y oeste, con una velocidad entre 5,1 y 10,0 cm/s.

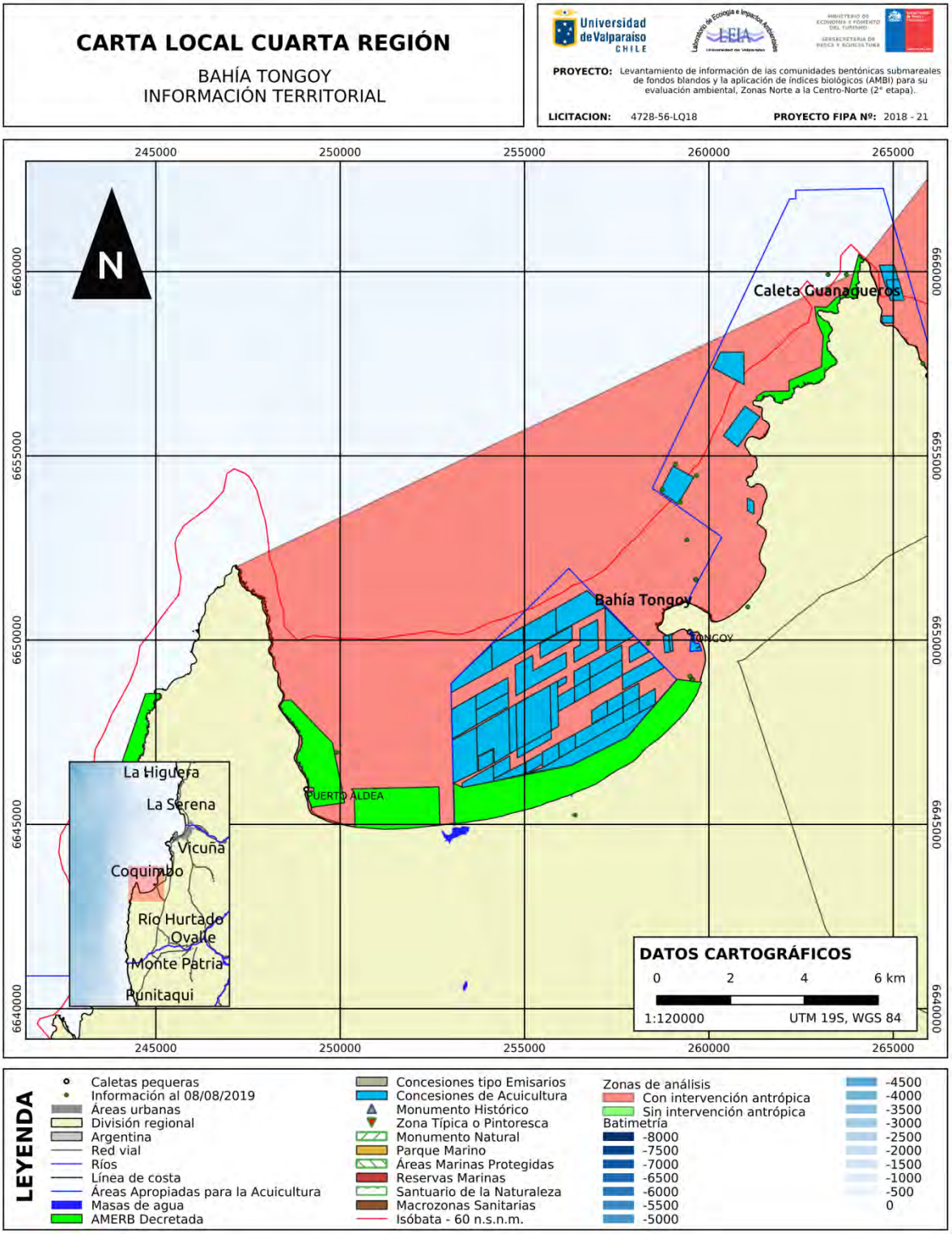


Figura 29. Información territorial Bahía Tongoy, región de Coquimbo.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

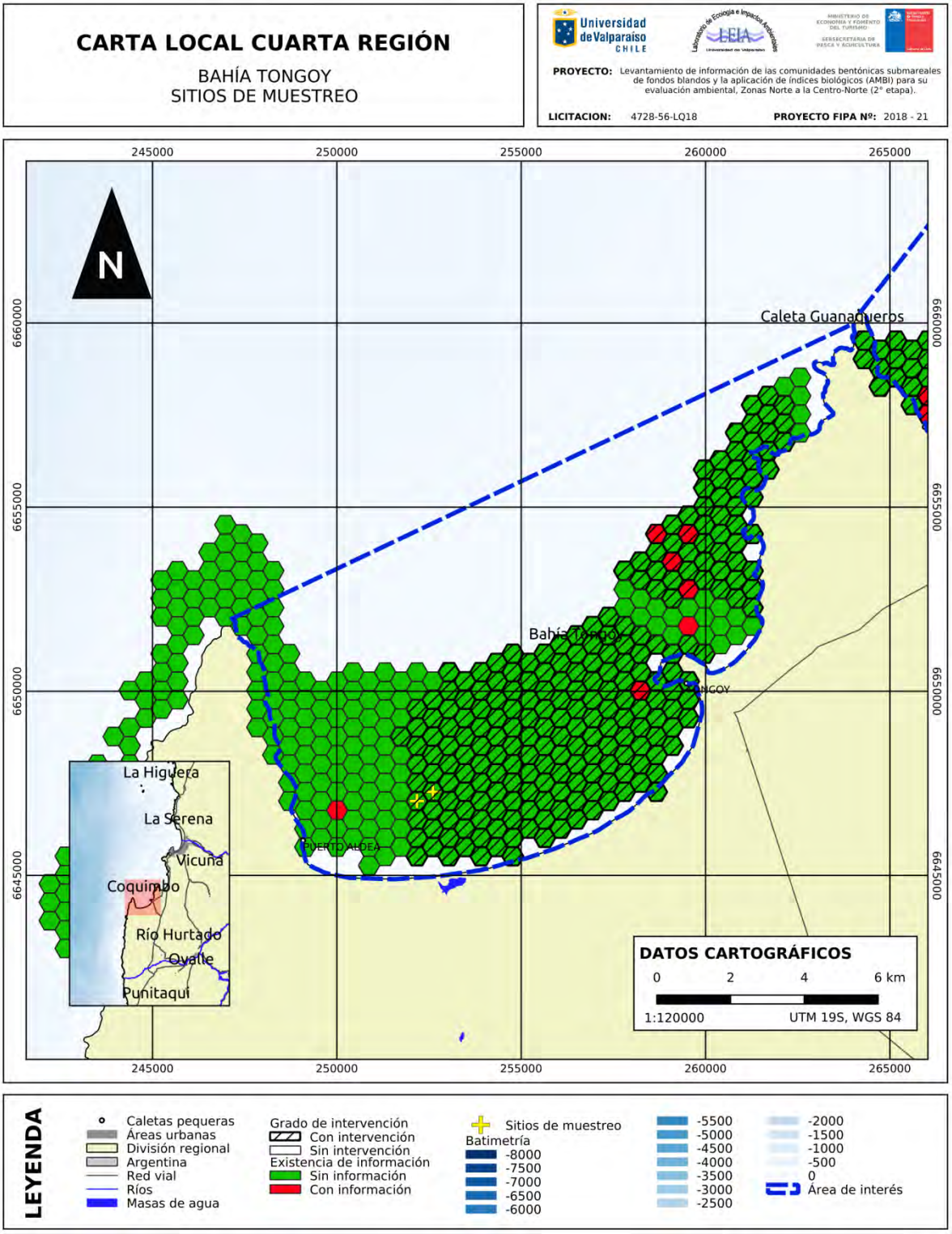


Figura 30. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Bahía Tongoy, región de Coquimbo.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Sector Caleta Huentelauquén

Categorización: No Intervenida antrópicamente

Caleta Huentelauquén es una localidad Puerto ubicada aproximadamente a 35 km al norte de Los Vilos, presenta bajos valores de profundidad (20 metros Carta Shoa N°4211), se encuentra delimitada por Punta Huentelauquén y El Islote por el sur y Punta Pozo por el norte. En este sector desemboca el río Choapa en épocas de aumento de caudal.

Es objeto de uso principalmente artesanal, en particular por el S.T.I. de pescadores artesanales y buzos mariscadores extractores de productos marinos de la provincia del Choapa, Caleta Huentelauquén. Se identificaron 1 AMERB decretada denominada Huentelauquén otorgada al Sindicato (Figura 31).

Al norte del sector de interés se encuentra el sitio Ramsar Las Salinas de Huentelauquén que incluye el tramo final del Río Choapa y su extensa laguna estuarina.

La información científico-técnica recopilada en Caleta Huentelauquén es escasa, proveniente principalmente de la elaboración de estudios de situación de base (ESBA) orientada a fondos rocosos. La revisión bibliográfica no entrego puntos con información ambiental (Figura 32).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

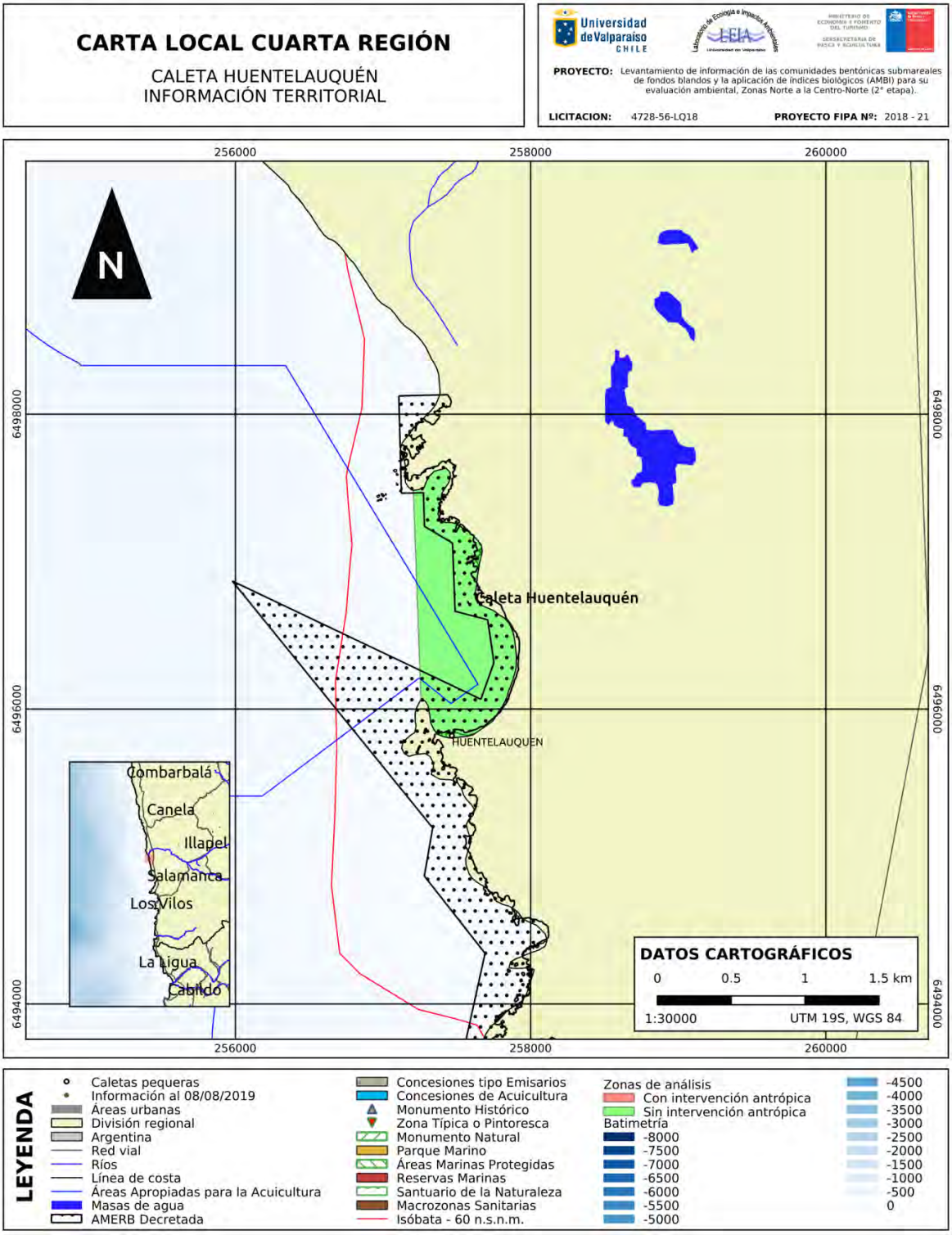


Figura 31. Información territorial Caleta Huentelauquén, región de Coquimbo.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

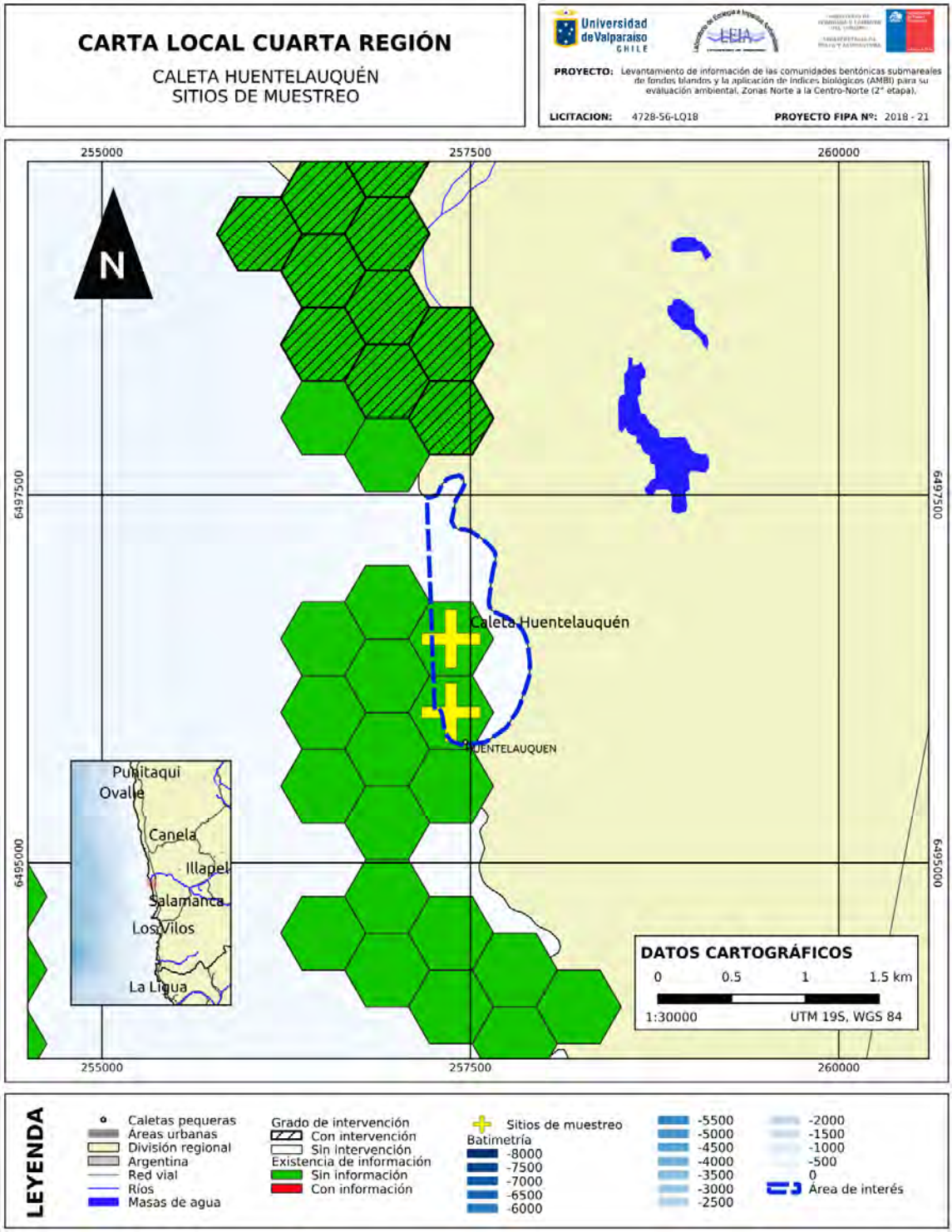


Figura 32.Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Caleta Huentelauquén, región de Coquimbo.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Sector Rada Chigualoco

Categorización: No Intervenida antrópicamente

La Rada Chigualoco es una localidad pesquera ubicada aproximadamente a 15 km al norte de Los Vilos, presenta bajos valores de profundidad (20 metros Carta Shoa N°4211), se encuentra delimitada por Punta Panguecito por el sur y Punta Lobería por el norte.

Es objeto de uso principalmente artesanal, en particular por el S.T.I. de pescadores artesanales y buzos mariscadores extractores de productos del mar, Caleta Chigualoco. Se identificaron 2 AMERB decretada denominadas Caleta Boca del Barco y Chigualoco ambas otorgadas al Sindicato (Figura 33).

No se registran áreas con alguna categoría de protección ambiental.

La información científico-técnica recopilada en la Rada Chigualoco es escasa, proveniente principalmente de la elaboración de estudios de situación de base (ESBA) orientada a fondos rocosos. La revisión bibliográfica no entrego puntos con información ambiental (Figura 34).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

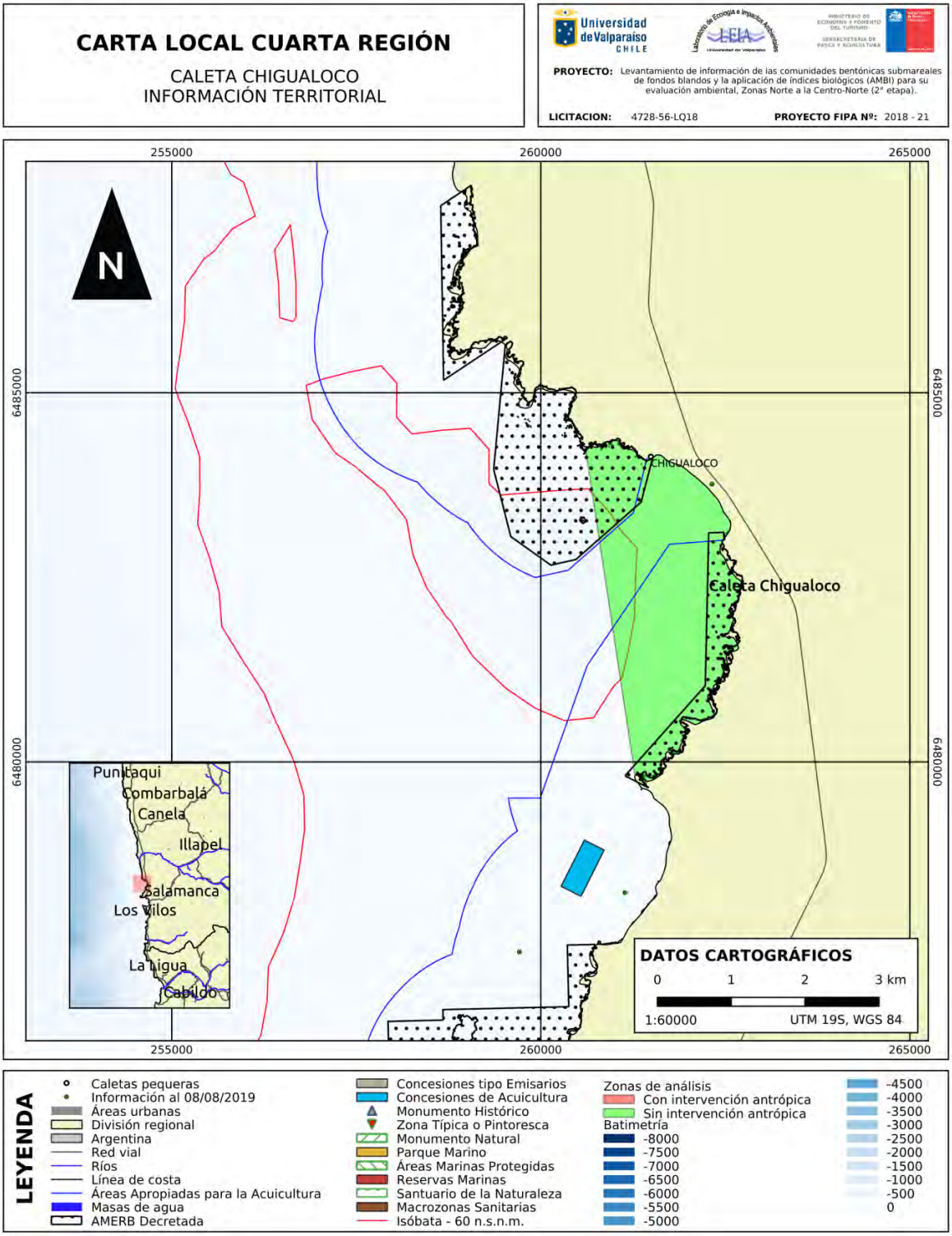


Figura 33.Información territorial Rada Chigualoco, región de Coquimbo.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

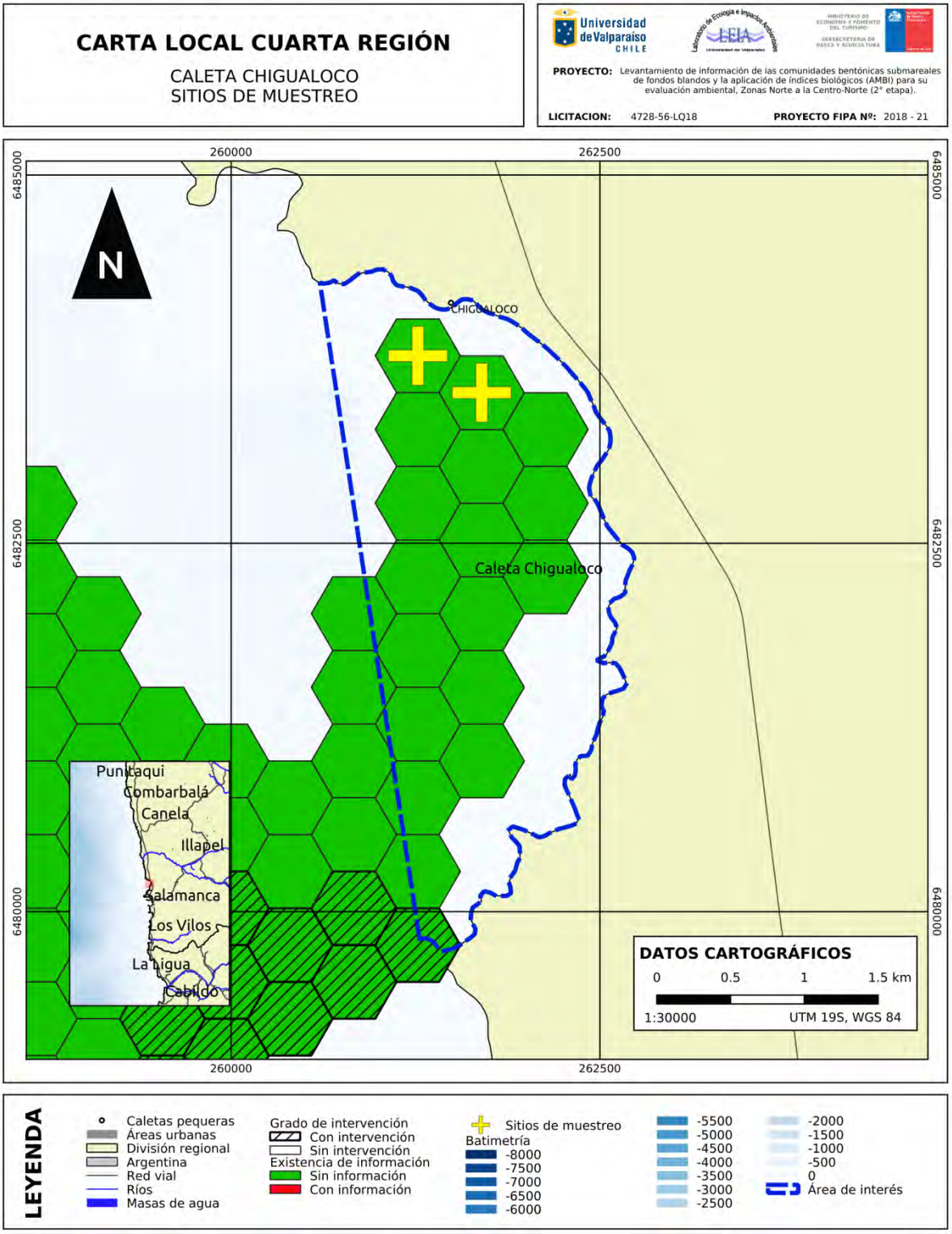


Figura 34. Análisis de información para la determinación de los sitios de muestreo. Rada Chigualoco, región de Coquimbo.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

OBJETIVO ESPECIFICO 2. Analizar para cada estación de muestreo la macrofauna bentónica de fondos blandos, las variables físico-químicas y oxígeno disuelto en profundidad.

Comunidades de macrofauna bentónica submareal de fondos blandos

A continuación, se entregan los resultados del análisis taxonómico de las distintas localidades estudiadas realizadas por los siguientes especialistas:

Especialistas

- **Nicolas Rozbaczylo:** Poliquetos
- **Msc. Pedro Baez:** Crustáceos
- **PhD. Oscar Diaz:** Poliquetos, Sipunculidos
- **BioMar. Victor Gudiño:** Equinodermos, Moluscos, Ofiuros
- **BioMar. Mauricio Valenzuela:** Poliquetos, Moluscos, Crustáceos, Equinodermos
- **BioMar Alejandra Miranda:** Poliquetos, Moluscos, Crustáceos
- **BioMar. Sebastián Larrea:** Poliquetos, Moluscos, Crustáceos

ABUNDANCIAS TOTALES

Los resultados de la campaña verano-22, indican que la riqueza registrada durante esta campaña fue de 167 taxa, con una abundancia total de 46.913 individuos. Por su parte los resultados de la campaña invierno-22, indican que la riqueza registrada durante esta campaña fue de 134 taxa, con una abundancia total de 37.293 individuos. De la abundancia total recolectada en las localidades estudiadas en ambas campañas, se llegó a nivel de especie-genero en 134 taxones, que corresponden a 67.591 individuos, lo cual equivale al 80,45% del total de ejemplares recolectados. Además, 21 taxones a nivel de familia con 927 individuos (2,20%); 3 taxa a nivel de orden (0,1%); 6 taxones a nivel de clase (12,28%) y 4 taxa clasificados a nivel de Phylum con un 4.8% (Tabla 21). Estos resultados fueron observados utilizando un tamiz de 0,5 mm.

Para el Tamiz de 1mm, los resultados de la campaña de verano 2022 indican que la riqueza registrada durante esta campaña fue de 144 taxones, con una abundancia total de 23,920 individuos. Por su parte, los resultados de la campaña de invierno 2022 muestran una riqueza de 131 taxones y una abundancia total de 22,885 individuos. (Tabla 21)

De la abundancia total recolectada en las localidades estudiadas en ambas campañas, se alcanzó el nivel de especie-género en 143 taxones, que corresponden a 41,370 individuos, lo cual equivale al 88.6% del total de ejemplares recolectados. Además, 13

taxones fueron identificados a nivel de familia con 649 individuos (1.40%); 2 taxones a nivel de orden con 2,036 individuos (4.36%); 9 taxones a nivel de clase con 2,421 individuos (5.19%); y 1 taxón clasificado a nivel de phylum con 326 individuos (0.70%) (Tabla 21).

Estos resultados fueron observados en el procesamiento de las muestras utilizando un tamiz de 1 mm, demostrando la eficacia del uso de un tamiz de mayor abertura para la identificación precisa de la macrofauna bentónica (Tabla 21).

Tabla 21. Clasificación de la macrofauna bentónica submareal según el nivel taxonómico alcanzado en las localidades influenciadas y no influenciadas, obtenida a partir del tamiz 1mm y de 0,5 mm, durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Abertura de malla	Clasificación	Campaña Verano 2022		Campaña Invierno 2022	
		Nro. de individuos según nivel taxonómico	Nro. de taxa según nivel taxonómico	Nro. de individuos según nivel taxonómico	Nro. de taxa según nivel taxonómico
0,5mm	Nro. de individuos a nivel de Especie	30.289	85	22.421	86
	Nro. de individuos a nivel de Género	6.522	47	8.359	32
	Nro. de individuos a nivel de Subfamilia	1	1	-	-
	Nro. de individuos a nivel de Familia	927	21	925	7
	Nro. de individuos a nivel de Suborden	70	1	-	-
	Nro. de individuos a nivel de Orden	34	3	51	2
	Nro. de individuos a nivel de Clase	6.691	6	3.629	4
	Nro. de individuos a nivel de SubPhylum	-	-	-	-
	Nro. de individuos a nivel de Phylum	2.379	3	1.71	3
	Total	**46.913**	**167**	**37.293**	**134**
1 mm	Nro. de individuos a nivel de Especie	17919	83	17181	82
	Nro. de individuos a nivel de Género	2308	37	3962	25
	Nro. de individuos a nivel de Subfamilia	-	-	-	-
	Nro. de individuos a nivel de Familia	215	13	434	13
	Nro. de individuos a nivel de Suborden	-	-	-	-
	Nro. de individuos a nivel de Orden	1607	1	429	2
	Nro. de individuos a nivel de Clase	1545	9	876	8
	Nro. de individuos a nivel de SubPhylum	-	-	3	1
	Nro. de individuos a nivel de Phylum	326	1	-	-
	Total	**23920**	**144**	**22885**	**131**

Cabe destacar que en aquellos casos en que solo fue posible la identificación a nivel de familia y género, especialmente para el caso de anfípodos encontrados, no fue posible realizar una identificación taxonómica a nivel de especie, debido a que en la actualidad no se cuenta con material bibliográfico que permita llegar al nivel señalado. Por otra parte, la identificación a los niveles taxonómicos de phylum, clase y orden fue realizada de esta forma debido a que el procesamiento de los datos para la obtención del índice biótico AMBI permite utilizar este nivel en ciertos grupos, por ejemplo, Nemertea, Ostracoda y Nematoda, los cuales estuvieron presentes en áreas correspondientes a este estudio.

A modo general, la composición de la comunidad bentónica de los fondos blandos del área submareal en la campaña de verano e invierno, mostró que Arthropoda presentó un 33,55% del total de las especies, seguido por Annelida con 32,35% y Mollusca, que aportó con un 28,93%, siendo estos grupos mayores los más abundantes. Los taxa más dominantes fueron *Nucula pisum* (18,83%), Ostracoda (14,18%), *Spiophanes duplex* (10,82%) y *Phoxocephalopxis zimmeri* (5,48%) (Figura 35).

En la Figura 36, se entregan imágenes de los organismos más representativas registrados durante ambas campañas de verano en áreas Influenciadas y No influenciada, en ambas campañas de muestreo.

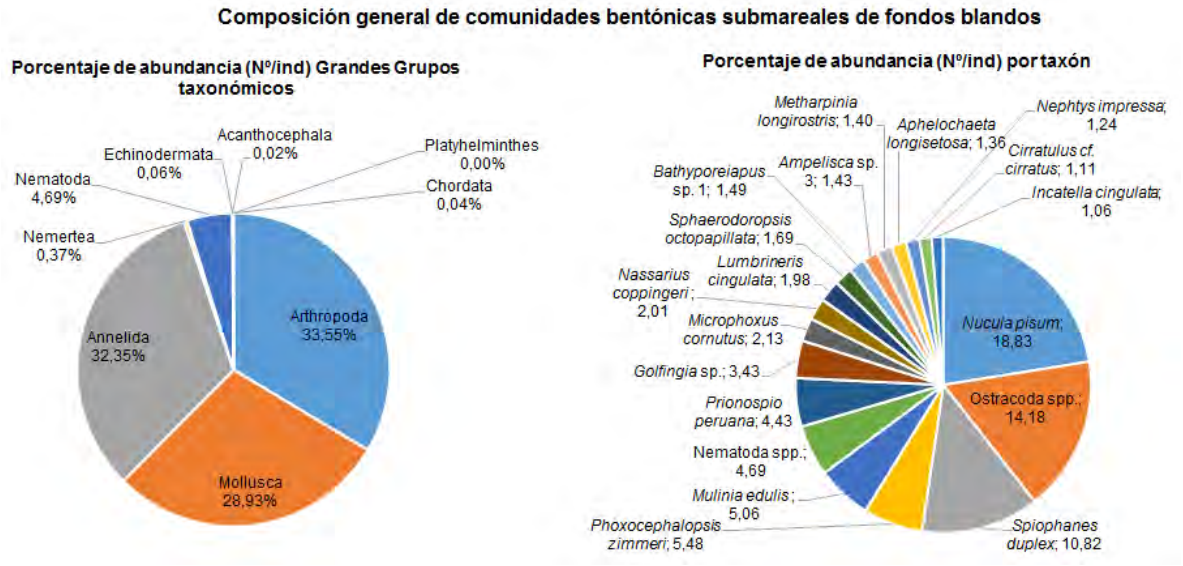


FIGURA 35. Distribución general la de abundancia (N°/ind) en porcentaje de grandes grupos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, pertenecientes a las localidades estudiadas en la región de Atacama y Coquimbo. Campañas de verano e invierno 2022. Proyecto FIPA 2018-21 AMBI.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Figura 36. Taxones más abundantes (N°ind) registrados durante las campañas de verano e invierno en áreas Influenciadas y No influenciada. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. Los nombres de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha: *Spiophanes duplex*, Ostracoda, *Phoxocephalopsis zimmeri* vista lateral, *P. zimmeri* vista ventral, *Golfingia* sp., *Nucula pisum*, Nematoda y Paraonidae.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

En relación con las áreas clasificadas como influenciadas antrópicamente, para ambas campañas, se registró un total de 28.473 individuos, de los cuales se observó que los grupos mayores con la más alta representación porcentual en términos de abundancia fueron Mollusca (42,31%), Annelida (25,82%) y Arthropoda (23,93%), siendo *Nucula pisum* (28,94%) y Ostracoda spp. (16,11%) los más abundantes (Figura 37). Por su parte, en cuanto a las áreas clasificadas como no influenciadas, de un total de 20.638 organismos, los grandes grupos taxonómicos más abundantes fueron Arthropoda con 43,24% y Annelida con 37,92%, registrándose como las especies más abundantes los taxa *Spiophanes duplex* (24,37%), *Phoxocephalopsis zimmeri* (12,45%) y Nematoda spp (10,65%) (Figura 38).

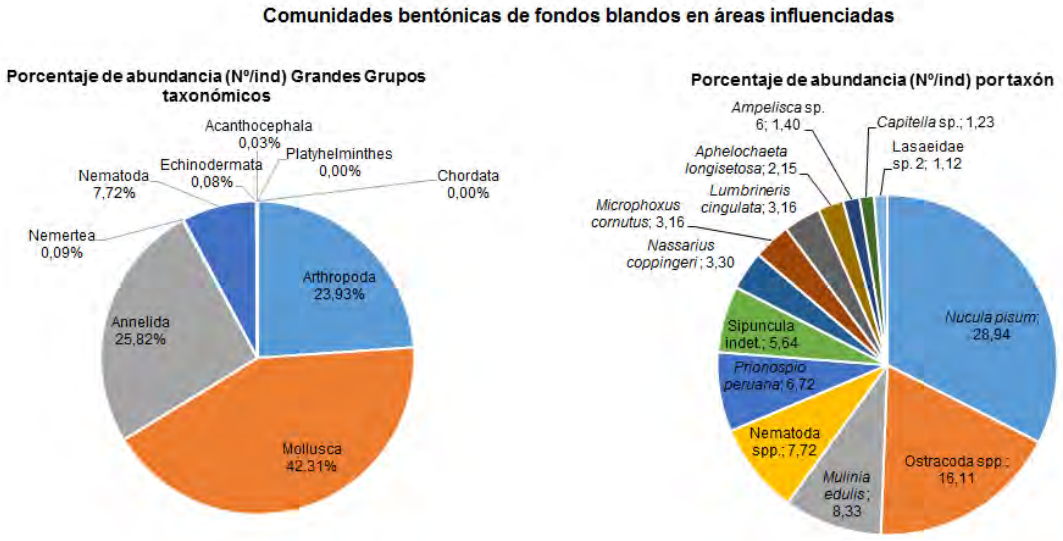


FIGURA 37. Gráfico de distribución de abundancia (N°/ind) en porcentaje de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos de las áreas influenciadas, pertenecientes a las localidades estudiadas en la Región de Atacama y Coquimbo. Proyecto FIPA 2018-21 AMBI.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

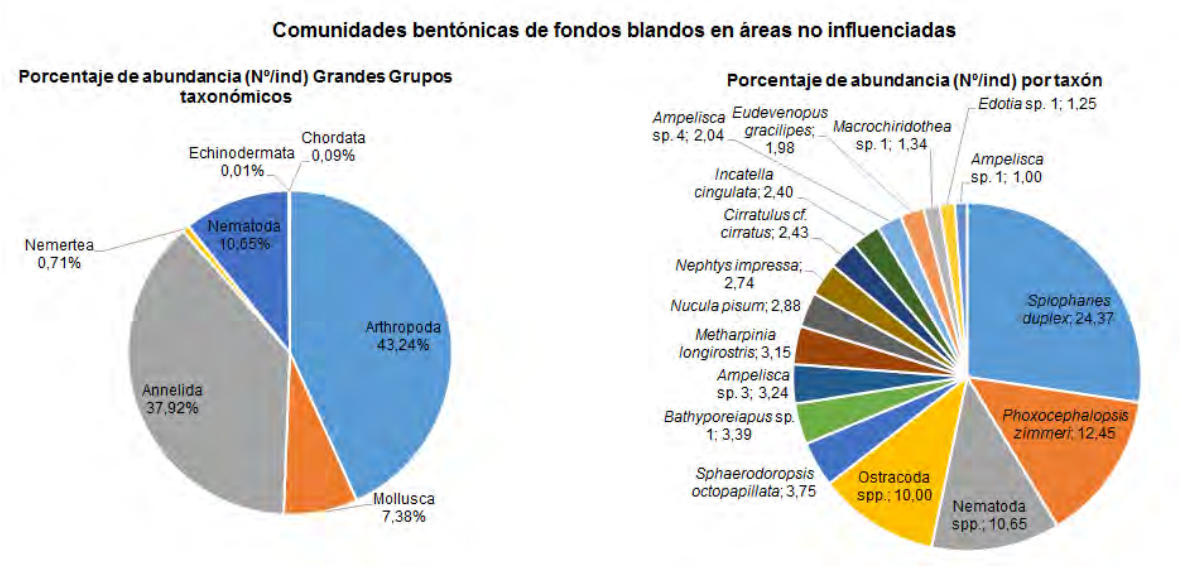


FIGURA 38. Gráfico de distribución de abundancia (N°/ind) en porcentaje de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos de las áreas no influenciadas, pertenecientes a las localidades estudiadas en la Región de Atacama y Coquimbo, Proyecto FIPA 2018-21 AMBI.

La Figuras 39, 40 y 41 muestran especies que fue posible encontrar en las localidades estudiadas, las cuales pertenecen a los principales componentes de la macrofauna bentónica recolectada, es decir, poliquetos (Figura 39), crustáceos (Figura 40) y moluscos gastrópodos y bivalvos (Figura 41).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Figura 39. Taxones más abundantes registrados en áreas Influenciadas y No influenciada. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. Fotografías de Poliquetos, los nombres de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha: *Aglaophamus peruana*, cirro interrramal de *Aglaophamus peruana*, *Goniada uncinigera*, *Aphelochaeta longisetosa*, *Kinbergonuphis lineata*, *Nereis dorsolobata*, vista dorsal; vista ventral, *Goniada uncinigera*.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Figura 40. Taxones más abundantes registrados en áreas Influenciadas y No influenciada. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. Fotografías de Arthropoda. Los nombres de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha: *Anchistylis watlingi* (T 0.5mm), *Blepharipoda spinosa* (T1mm), *Ancinus* sp., *Heterosquilla polydactyla*, *Macrochiridothea* sp (T 0.5mm), Estado megalopa, estado megalopa y Oedicerotidae sp.

Figura 41. Taxones más abundantes registrados en áreas Influenciadas y No influenciada. Proyecto FIPA AMBI 2018-21. Fotografías de Mollusca. Los nombres de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha *Nucula pisum*, *Cumingia mutica* (T 0.5mm), *Eurhomalea lenticularis*, *Felicioliva peruviana* (T1mm), *Ensis macha*, *Natica sp.*, *Tegula tridentata* y *Nassarius coppingeri*.

Composición bentónica de fondos blandos por área de estudio

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la composición de la macrofauna bentónica encontrada en las áreas influenciadas y no influenciadas antrópicamente de la Región de Atacama y Coquimbo:

Áreas influenciadas:

Bahía Caldera: La comunidad bentónica de la localidad de Bahía Caldera, para la campaña de verano 22 estuvo compuesta por un total de 15.946 individuos con 56 taxa, donde las mayores magnitudes observadas fueron en especies pertenecientes a los grandes grupos taxonómicos de Arthropoda, Mollusca y Annelida, los cuales tuvieron una proporción porcentual en términos de abundancia correspondientes al 34,25%, 26,84% y 24,99%, respectivamente. En adición a lo anterior, las mayores abundancias porcentuales

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

fueron registradas para los taxa Ostracoda spp. (26,71%), *Nucula pisum* (25,67%) y Nematoda spp. (13,78%) (Figura 42).

Al comparar el número total de ejemplares y taxa al utilizar un tamiz de 1 mm de apertura de malla, las magnitudes señaladas se vieron disminuidas, registrándose un total de 7.499 individuos y 48 taxones.

Por su parte durante, la campaña de invierno-22, esta estuvo compuesta por un total de 6.397individuos con 70 taxa, donde las mayores magnitudes observadas fueron en especies pertenecientes a los grandes grupos taxonómicos de Annelida, Arthropoda, y Mollusca, los cuales tuvieron una proporción porcentual en términos de abundancia correspondientes al 37,1%, 31,4% y 22,9%, respectivamente. En adición a lo anterior, las mayores abundancias porcentuales fueron registradas para los taxa *Ostracoda* spp. (33,1%), *Nucula pisum* (26,9%) y *Nassarius coppingeri* (12,7%) (Figura 42).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

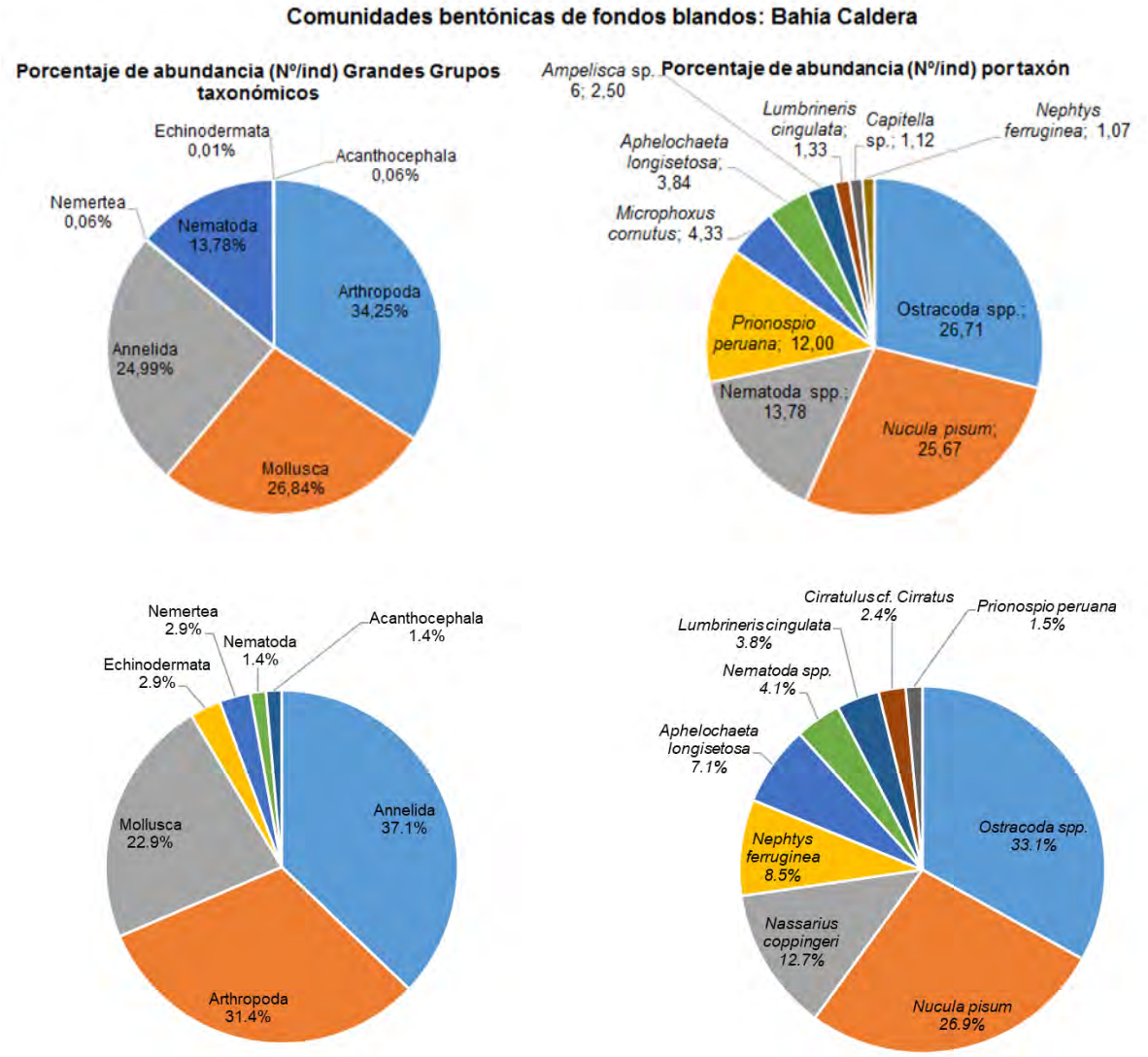


FIGURA 42. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Bahía Caldera, durante la campaña de verano 2022 (Arriba) e invierno 2022 (Abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Ensenada Chapaco: La localidad de Ensenada Chapaco en la campaña de verano-22, estuvo compuesta por un total de 3.042 organismos con 35 taxa, donde se observó una alta dominancia de ejemplares pertenecientes al phylum Annelida, con un 74,69% del total de individuos encontrados. Adicionalmente, la comunidad bentónica se compuso los grupos taxonómicos de Arthropoda, Mollusca y Nematoda, sin embargo, estos últimos fueron reportados en menor proporción (12,75; 10,95 y 1,61%, respectivamente). Los taxa que presentaron un mayor porcentaje a la abundancia total corresponden al sipúnculo *Golfingia* sp., con un 52,83%, y el poliqueto *Lumbrineris cingulata*, con un 17,29% (Figura 43).

Adicionalmente, se presentó una disminución en la cantidad de individuos y taxa al utilizar el tamiz de 1 mm de abertura de malla, donde se obtuvo un total de 2.206 organismos con 22 taxones.

Por su parte durante la campaña de invierno-22, estuvo compuesta por un total de 7.597organismos con 23 taxa, donde se observó una dominancia de ejemplares pertenecientes al phylum Arthopoda, con un 37,5% del total de individuos encontrados. Adicionalmente, la comunidad bentónica se compuso los grupos taxonómicos de Annelida 33,3%), Mollusca (25%) y Nematoda (4,2%), sin embargo, este último fue reportados en menor proporción. Las taxa que presentaron un mayor porcentaje a la abundancia total corresponden al Amphipoda *Ampelisca* sp. 2. con un 75,4%, seguido por el poliqueto *Lumbrineris cingulata*, con un 16,2% (Figura 43).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

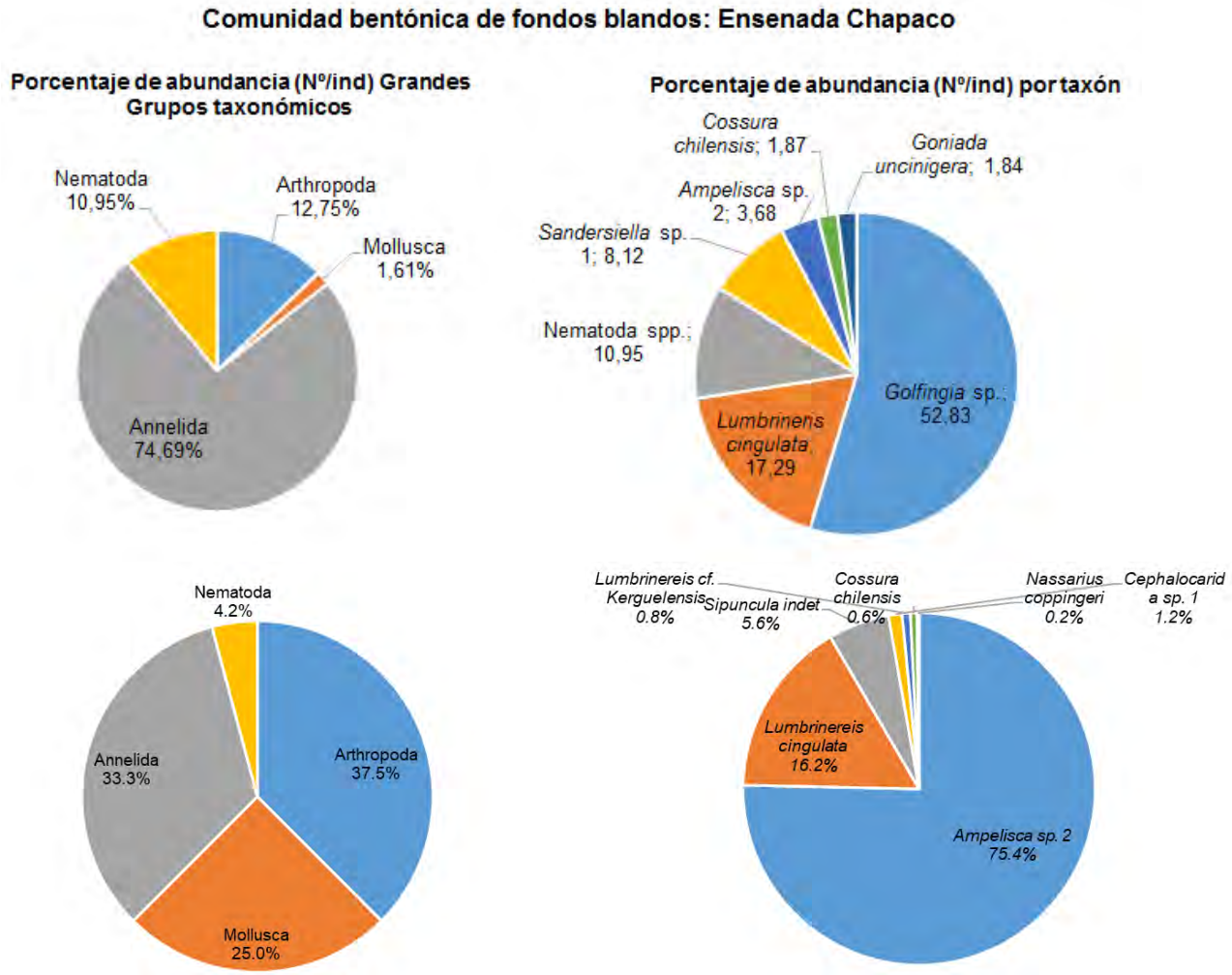


FIGURA 43. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Ensenada Chapaco, durante la campaña de verano 2022 (Arriba) e invierno 2022 (Abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Bahía Coquimbo: Para el caso de la localidad de Bahía Coquimbo, en verano-22 la macrofauna bentónica estuvo conformada por 3.357 ejemplares recolectados, clasificados en 32 taxones. Además, la comunidad estuvo mayormente constituida por el phylum Mollusca, con una alta representación porcentual equivalente al 79,92%, donde la especie predominante fue *Mulinia edulis* (70,66%). La Figura 44 muestra la distribución porcentual para esta área de estudio.

Cabe destacar que se observó un descenso en el número total de organismos recolectados y la cantidad de taxones presentes al utilizar el tamiz de 1 mm de abertura de malla, cuyos valores corresponden a 2.440 y 19, respectivamente.

Durante la campaña de invierno-22, la localidad de Bahía Coquimbo, la macrofauna bentónica estuvo conformada por 2.422, ejemplares recolectados, clasificados en 40 taxones. Además, la comunidad estuvo constituida por el phylum Arthopoda (45%), Annelida (35,0%), Mollusca 10% y Echinodermata y Nemertea con un 5% cada una. La especie predominante fue *Mulinia edulis* (43,2%), seguida por el Bivalvo Lasaeidae sp. 2 con un 20,3%. La Figura 44 muestra la distribución porcentual para esta área de estudio.

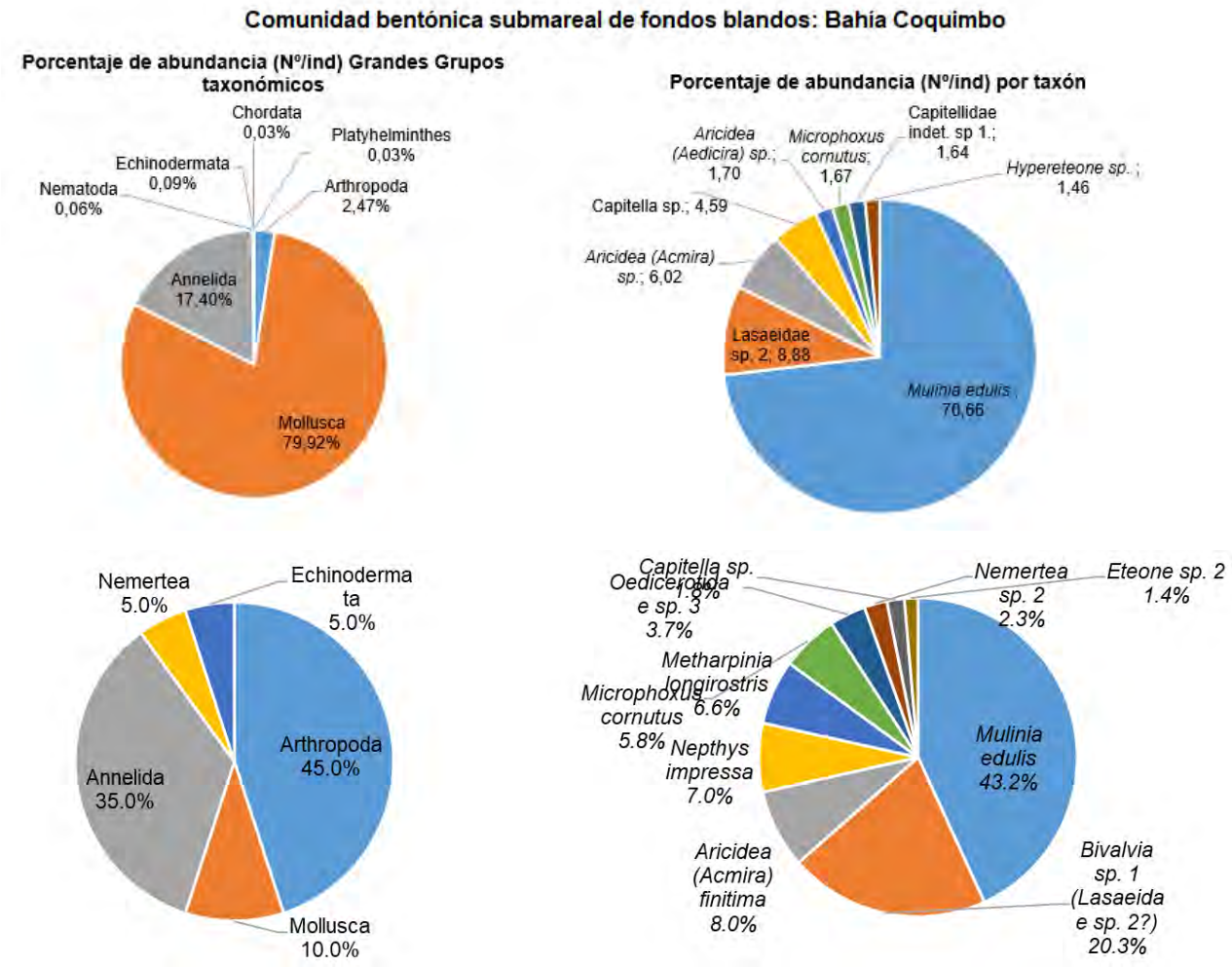


FIGURA 44. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Bahía Coquimbo, durante la campaña de verano 2022 (arriba) e invierno 2022 (abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Bahía Tongoy: El área de Bahía Tongoy presentó en la campaña verano-22 una comunidad bentónica con un total de 7.271 individuos identificados en 50 taxa. Además, estuvo constituida principalmente por ejemplares del phylum Mollusca, el cual mostró la mayor representación porcentual con un 69,26%, seguido de Arthropoda (12,13%) y Nematoda (11,11%). En relación con lo anterior, la especie que presentó mayor dominancia en esta localidad fue *Nucula pisum*, con un 57,01% de representatividad (Figura 45).

La comunidad bentónica de esta localidad se vio disminuida al utilizar un tamiz de 1 mm de abertura de malla, donde se registraron 5.389 individuos y 45 taxa.

Por su parte durante a campana invierno-22, el área de Bahía Tongoy presentó una comunidad bentónica con un total de 8.081 individuos identificados en 55 taxa. Además, estuvo constituida por ejemplares del phylum Arthopoda (34,5%), Annelida (34,5%) y Mollusca (21,8%) principalmente. En relación con lo anterior, la especie que presentó mayor dominancia en esta localidad fue *Nucula pisum*, con un 45,7% de representatividad, seguido por *Nassarius coppingeri* con 9,5% (Figura 45).

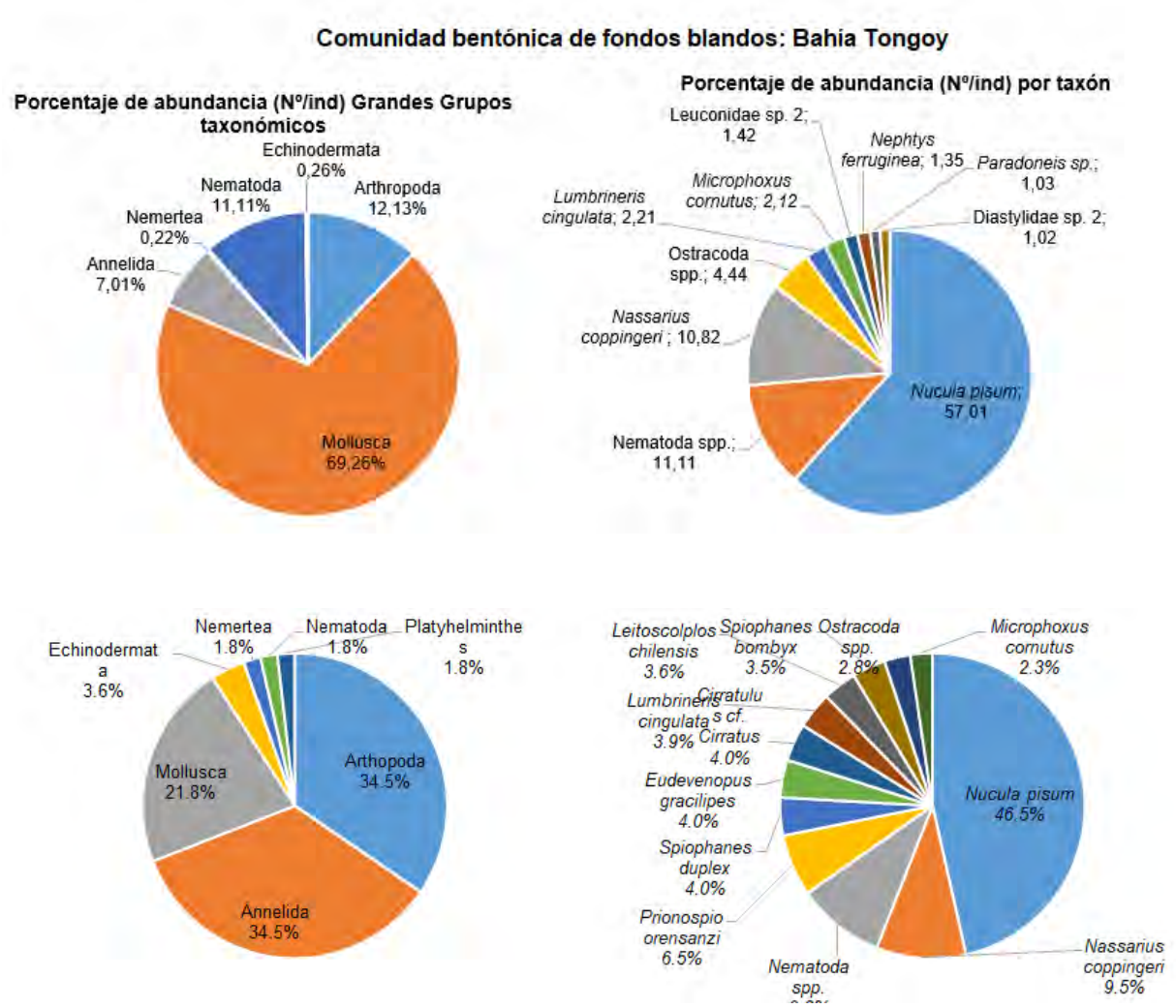


FIGURA 45. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Bahía Tongoy, durante la campaña de verano 2022 (Arriba) e invierno 2022 (Abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Áreas no influenciadas:

Caleta Cisnes: La comunidad bentónica de Caleta Cisnes en verano-22 estuvo compuesta por 5.685 individuos y 64 taxones, donde la mayor proporción estuvo representada por Arthropoda y Annelida, en términos de abundancia de grandes grupos taxonómicos, con un 53,67 y 36,29% respectivamente. A nivel de taxa, la especie observada con mayor representatividad fue el poliqueto *Sphaerodoropsis octopapillata* (13,61%), seguido de los anfípodos *Ampelisca* sp. 3 (11,76%) y *Phoxocephalopsis zimmeri* (10,41%) (Figura 46).
Al comparar el número total de ejemplares y taxa al utilizar un tamiz de 1 mm de apertura de malla, las magnitudes señaladas se vieron disminuidas, registrándose un total de 3.304individuos y 57 taxones.

Por su parte, en invierno-22, la comunidad bentónica de Caleta Cisnes estuvo compuesta por 2.744individuos y 48 taxones, donde la mayor proporción estuvo representada por Arthropoda y Mollusca, en términos de abundancia de grandes grupos taxonómicos, con un 51,6 y 29,0% respectivamente. A nivel de taxa, la especie observada con mayor representatividad fueron los poliquetos *Cirratulus cf. Cirratus* (28,7%), y *Paradoneis* sp. (18,5%) seguido por *Nematoda* spp. (11,1%) (Figura 46).

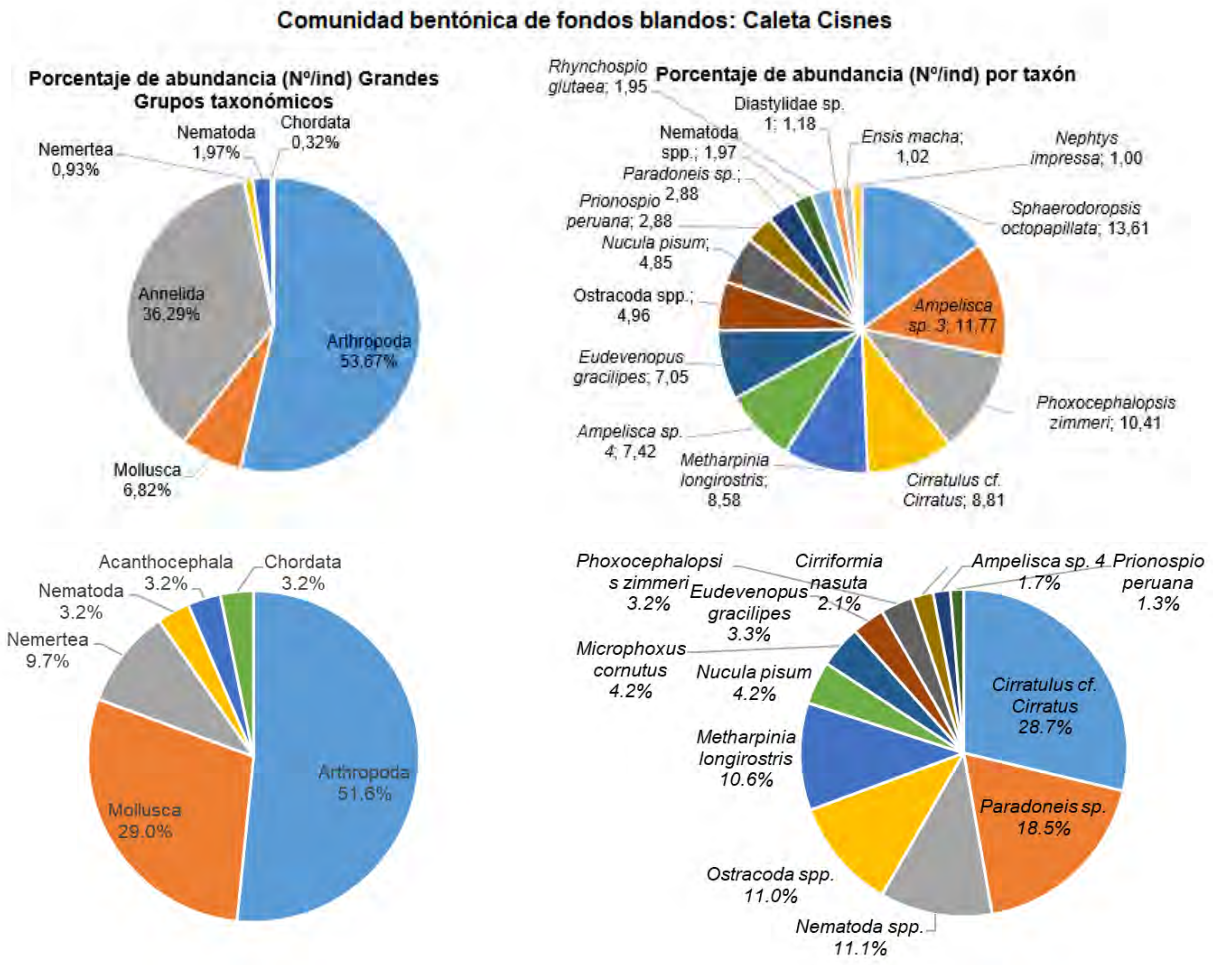


FIGURA 46. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Caleta Cisnes, durante la campaña de verano 2022 (arriba) e invierno 2022 (abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Carrizal Bajo: La macrofauna bentónica del área de Carrizal Bajo en verano-22, estuvo compuesta en total por 3.303 ejemplares identificados en 30 taxa, estando constituida en forma predominante por individuos de Arthropoda, en relación con los grandes grupos taxonómicos, donde se observó una representatividad del 54,31%, seguido de Mollusca y Nematoda, con un 32,31 y 13,23% respectivamente. Con respecto a la abundancia porcentual a nivel de taxa, Ostracoda spp. registró el mayor valor, con 53,68%, seguido de *Incatella cingulata* (15,02%) y Nematoda spp. (13,23%) (Figura 47).
Adicionalmente, se presentó una disminución en la cantidad de individuos y taxa al utilizar el tamiz de 1 mm de abertura de malla, donde se obtuvo un total de 918 organismos identificados en 21 taxones.

Por su parte, durante invierno-22, la macrofauna bentónica del área de Carrizal Bajo estuvo compuesta en total por 3.454 ejemplares identificados en 64 taxa, estando constituida por individuos de Mollusca, Annelida y Arthropoda, en relación con los grandes grupos taxonómicos, donde se observó una representatividad del 34,8%, 31,8% y 30, 3%, respectivamente. Con respecto a la abundancia porcentual a nivel de taxa, Ostracoda spp. registró el mayor valor, con 38,2%, seguido de *Incatella cingulata* (37,8%) y *Nucula pisum* (9,3%) (Figura 47).

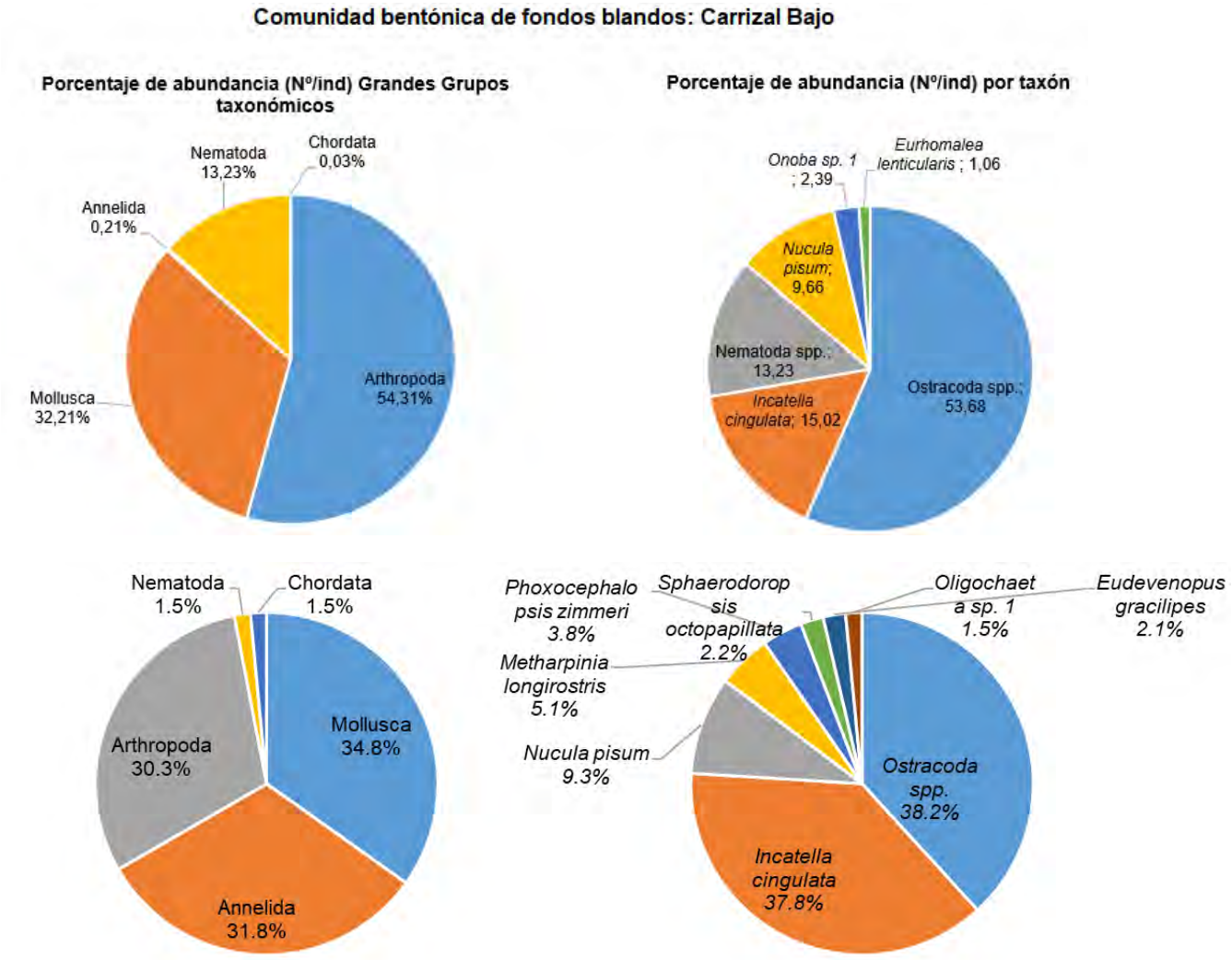


FIGURA 47. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Carrizal Bajo, durante la campaña de verano 2022 (arriba) e invierno (abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Huentelauquén: La comunidad de esta área durante la campaña de verano-22, estuvo compuesta por 5.774 individuos registrados en 47 taxa. Con respecto a los grandes grupos taxonómicos que conformaron la macrofauna bentónica de la localidad, la mayor abundancia porcentual fue observada en Annelida, donde la proporción registrada para estos individuos fue de un 64,24%. El segundo grupo con mayor representatividad observada fue Arthropoda, con un porcentaje del 32,75%. La especie con mayor dominancia registrada para esta localidad fue el poliqueto *Spiophanes duplex*, con un 56,84% de la abundancia total, seguido de *Phoxocephalopsis zimmeri*, con un 11,08% (Figura 48).

Cabe destacar que se observó un descenso en el número total de organismos recolectados y en la cantidad de taxones presentes al utilizar el tamiz de 1 mm de abertura de malla, cuyos valores corresponden a 2.683 y 39, respectivamente.

Por su parte, durante la campaña de invierno-22, la comunidad de esta área estuvo compuesta por 2.732 individuos registrados en 34 taxa. Con respecto a los grandes grupos taxonómicos que conformaron la macrofauna bentónica de la localidad, la mayor abundancia porcentual fue observada en Arthopoda y Annelida, donde la proporción registrada para estos individuos fue de un 52,9% y 32,4%, respectivamente. La especie con mayor dominancia registrada para esta localidad fue el poliqueto *Spiophanes duplex*, con un 54,1% de la abundancia total, seguido de *Phoxocephalopsis zimmeri*, con un 13,7% (Figura 48).

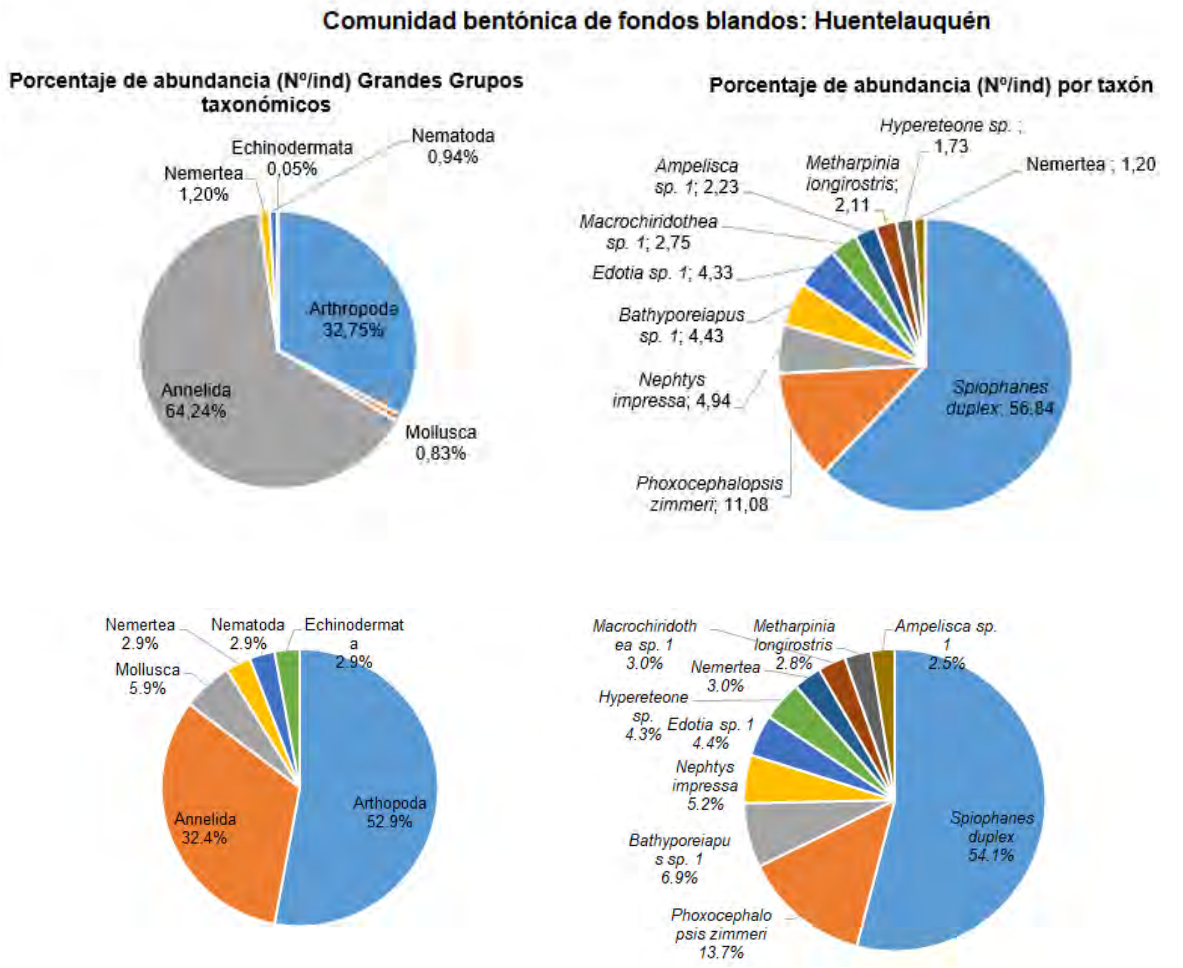


FIGURA 48. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Huentelauquén, durante la campaña de verano 2022 (arriba) e invierno 2022 (abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Chigualoco: La comunidad bentónica de Chigualoco en verano 2022 estuvo constituida por un total de 4.605 y 50 taxa. En términos de los grandes grupos taxonómicos observados en esta localidad, la mayor representatividad porcentual fue observada en Arthropoda y Annelida, de los cuales se registró un valor de 47,49 y 44,42% respectivamente. De estos grupos, las especies que tuvieron los mayores porcentajes de aporte a la abundancia total de la comunidad bentónica fueron *Spiophanes duplex*, con un 37,82%, y *Phoxocephalopsis zimmeri*, con un 29,03% (Figura 49).

La comunidad bentónica de esta localidad se vio disminuida al utilizar un tamiz de 1 mm de abertura de malla, donde se registraron 1.749 individuos en total, identificados en 38 taxa.

Por su parte, durante invierno 2022, la comunidad bentónica de Chigualoco estuvo constituida por un total de 3.482 individuos y 38 taxa. En términos de los grandes grupos taxonómicos observados en esta localidad, la mayor representatividad porcentual fue observada en Arthropoda y Annelida, de los cuales se registró un valor de 44,7 y 39,5% respectivamente. De estos grupos, las especies que tuvieron los mayores porcentajes de aporte a la abundancia total de la comunidad bentónica fueron Spiophanes duplex, con un 49,5%, y Phoxocephalopsis zimmeri, con un 14,2% (Figura 49).

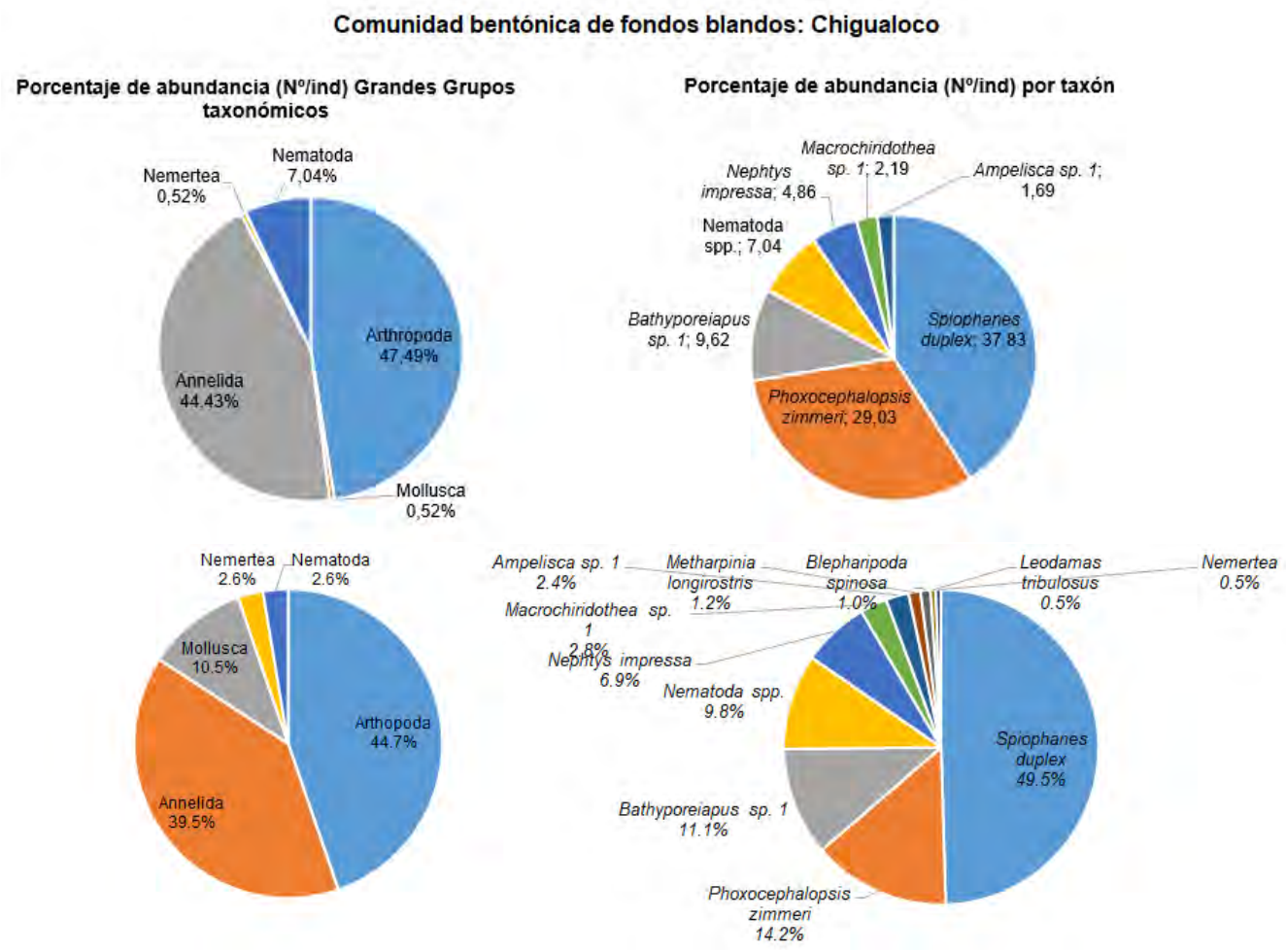


FIGURA 49. Distribución porcentual de la abundancia (N°/ind) de grandes grupos taxonómicos y taxones más abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, reportados para el área de Chigualoco, durante la campaña de verano 2022 (arriba) e invierno 2022 (abajo). Proyecto FIPA 2018-21 AMBI.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Índices univariados: Campaña Verano

Con relación a los índices univariados, es posible indicar que la riqueza (S) presentó valores promedio mayores en las zonas categorizadas como No Influenciada, la localidad que presentó el mayor valor considerando todas las muestras fue Caleta Cisne (Región de Atacama) con una riqueza total de 57 y 64 taxas utilizando tamices de 1,0 y 0,5 mm, presentando un valor promedio de las siete estaciones de 18,25 y 23,29 para ambos tamices (Tabla 22), por su parte las zonas catalogadas como Influenciadas presentaron los menores valores promedio, la localidad que presentó el menor valor considerando todas las muestras fue Bahía de Coquimbo con una riqueza total de 19 y 32 taxa y un valor promedio de 3,57 y 8,76 especies utilizando tamices de 1,0 y 0,5 mm respectivamente (Tabla 22).La abundancia promedio considerando todas las estaciones muestreadas y condición (influenciada y no influenciada) fue mayor en la condición Influenciada con valores promedio en torno a los 185 y 329 individuos recolectados utilizando tamices de 1,0 y 0,5 mm respectivamente. Por su parte de las zonas catalogadas como No Influenciadas valores promedio en torno a los 117 y 230 individuos recolectados utilizando tamices de 1,0 y 0,5 mm respectivamente (Tabla 22). En relación con la uniformidad (J'), donde se observó los menores valores fue en las zonas catalogadas como Influenciadas con valores promedio de 0,425 y 0,535 utilizando tamices de 1,0 y 0,5 mm respectivamente, los menores valores están relacionados a sectores que presentan una mayor abundancia de ciertos taxas por ejemplo para Bahía Coquimbo con un registro de 0,14 y 0,46 (1,0 y 0,5 mm respectivamente) dado principalmente por la presencia de altas abundancias de *Mulinia edulis* (70%) (Tabla 22). La diversidad (H') presentó un promedio de 0,885 para los sectores influenciados y los registros se encuentran en el rango de 0,17 y 1,73, en las localidades "Bahía Caldera" y "Bahía Coquimbo" respectivamente (Tabla 22). La zona catalogada como No Influenciada presentó un valor promedio de 1,56 con registros que fluctuaron entre 0,72 y 1,74 para las localidades "Carrizal Bajo" y "Caleta Cisnes" respectivamente. Las curvas de K-dominacia muestran que las zonas catalogadas como Influenciadas presentas una mayor dominancia (Figura 50), el análisis por localidad muestra en los extremos del eje "y" (Dominancia acumulada) a las localidades de "Bahía Coquimbo" (alta dominancia) y "Caleta Cisnes" (baja dominancia), sectores catalogados como Influenciados y No influenciados respectivamente (Figura 51).

Tabla 22. Resumen de valores promedio para de los parámetros univariados: Riqueza (S), Abundancia (N), Uniformidad (J') y Diversidad (H') de los ensambles de invertebrados macrobentónicos caracterizados en cada localidad monitoreada. Campaña Verano 2022.

Condición	Localidad	Riqueza (S)				Abundancia (N)				Uniformidad (J`)				Diversidad (H_{loge})			
		1,0mm		0,5mm		1,0mm		0,5mm		1,0mm		0,5mm		1,0mm		0,5mm	
		Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE
Influenciado	Bahía Caldera	17,05	5,79	23,91	8,17	252,52	119,85	660,76	267,81	0,62	0,09	0,57	0,09	1,73	0,44	1,79	0,41
	Ensenada Chapaco	3,58	1,89	5,9	3,16	116,05	121,27	152,1	144,85	0,46	0,3	0,6	0,24	0,5	0,42	0,95	0,55
	Bahía Coquimbo	3,57	1,94	8,76	3,16	116,19	55,72	159,86	58,55	0,14	0,08	0,46	0,16	0,17	0,16	0,99	0,4
	Bahía Tongoy	11,62	5,18	15,48	6,01	256,62	101,52	346,24	115,88	0,48	0,11	0,51	0,12	1,14	0,39	1,37	0,44
	Promedio Influenciado	8,955	3,7	13,513	5,125	185,35	99,59	329,74	146,77	0,425	0,145	0,535	0,1525	0,885	0,3525	1,275	0,45

Condición	Localidad	Riqueza (S)				Abundancia (N)				Uniformidad (J`)				Diversidad (H_{loge})			
		1,0mm		0,5mm		1,0mm		0,5mm		1,0mm		0,5mm		1,0mm		0,5mm	
		Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE
No Influenciado	Caleta Cisnes	18,25	4,73	23,29	5,82	165,15	97,47	270,71	141,53	0,74	0,06	0,75	0,05	2,12	0,21	2,34	0,19
	Carrizal Bajo	3,45	2,69	6,24	3,36	45,9	117,5	157,29	156,93	0,72	0,32	0,42	0,19	0,72	0,4	0,71	0,32
	Huentelauquen	12,71	3,36	16,67	3,51	127,76	95,06	274,95	175,29	0,69	0,21	0,62	0,18	1,74	0,58	1,74	0,54
	Rada Chigualoco	12,48	3,52	13,29	4,35	131,09	94,64	219,29	114,11	0,66	0,22	0,59	0,15	1,68	0,6	1,49	0,43
	Promedio No Influenciado	11,723	3,575	14,873	4,26	117,48	101,17	230,56	146,97	0,7025	0,2025	0,595	0,1425	1,565	0,4475	1,57	0,37

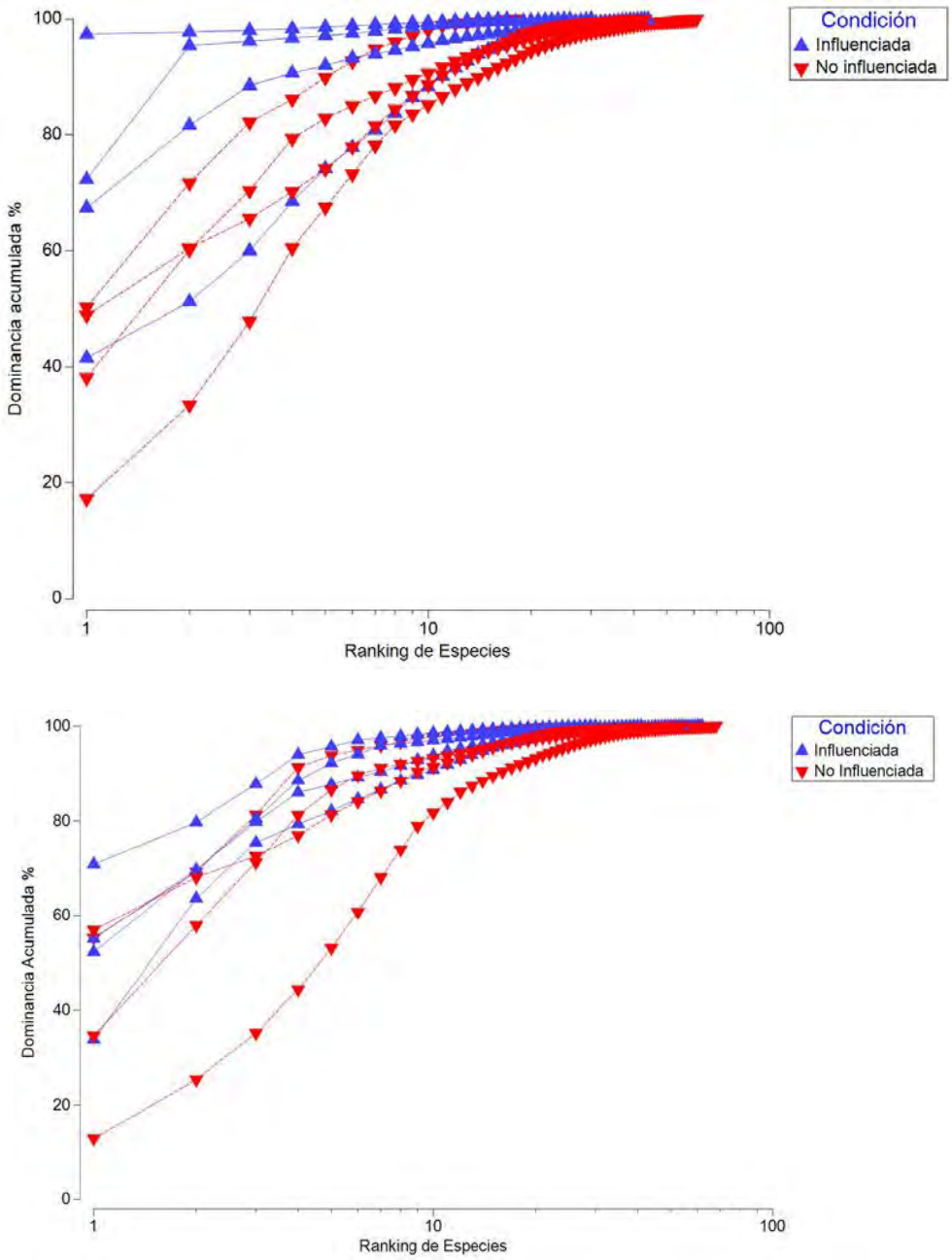


FIGURA 50. Curva K-dominancia del ensamble macrobentónico de las localidades monitoreados. Campaña Verano 2022. Factor Condición**. Arriba: Tamiz 1,0 mm; Abajo: Tamiz 0,5 mm.**

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

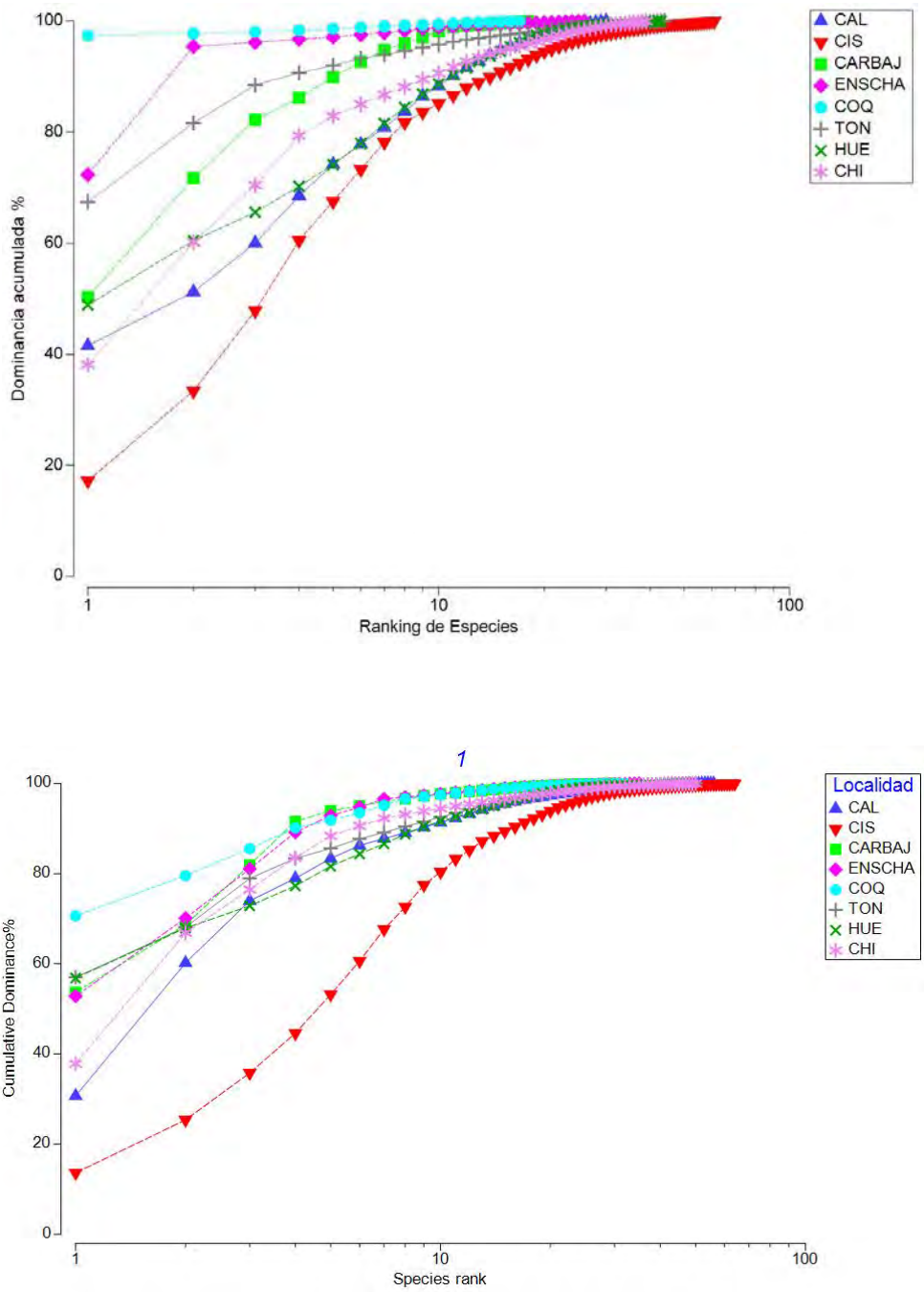


FIGURA 51. Curva K-dominancia del ensamble macrobentónico de las localidades monitoreados. Campaña Verano 2022. Factor Localidad. **Arriba: Tamiz 1,0 mm; Abajo: Tamiz 0,5 mm.**

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Índices univariados: Campaña Invierno

En relación con los índices univariados durante la campaña de invierno, se observa la siguiente tendencia. Las zonas clasificadas como "Influenciadas" mostraron la mayor riqueza (S) y abundancia (N°/ind). Específicamente, en Bahía Tongoy (Región de Coquimbo), se registraron los valores promedio más altos de riqueza, alcanzando 25,4 y 24,2 taxas utilizando tamices de 1,0 y 0,5 mm respectivamente, mientras que la abundancia promedio fue de 293,67 N°/ind. en el tamiz de 1mm y 398,67 N°/ind. en el tamiz de 0.5mm. Por otro lado, las zonas categorizadas como "No Influenciadas" exhibieron promedios superiores en la diversidad de especies, registrando 1,80 y 1,76 nits/ind en los tamices de 1,0 y 0,5 mm respectivamente. Los valores máximos se observaron en Huentelauquén con el tamiz de 1 mm y en Caleta Cisnes con el tamiz de 0,5 mm. Además, se observó para la condición No influenciada una uniformidad casi homogénea en las 4 localidades para ambos tamices (Tabla 23).

Las curvas de dominancia K revelan que las zonas clasificadas como "Influenciadas" exhiben una mayor dominancia con el tamiz de 1 mm, mientras que se observa una dominancia similar con el tamiz de 0,5 mm (Figura 52). El análisis por localidad de la dominancia K en el tamiz de 1 mm revela que Ensenada Chapaco, Bahía Caldera y Coquimbo son las localidades que predominan en la condición "Influenciada", con la excepción de Carrizal Bajo, que presenta una clasificación distinta. Por otro lado, las localidades con baja dominancia fueron Huentelauquén, Chigualoco y Caleta Cisnes. En cuanto al tamiz de 0,5 mm, no se observa una tendencia clara, a pesar de que Ensenada Chapaco presentó una alta dominancia y Caleta Cisnes muestra una baja dominancia, estas se encuentran ubicadas en los extremos de los ejes (Figura 53).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 23. Resumen de valores promedio para de los parámetros univariados: Riqueza (S), Abundancia (N), Uniformidad (J') y Diversidad (H') de los ensambles de invertebrados macrobentónicos caracterizados en cada localidad monitoreada. Campaña Invierno 2022.

		Riqueza (S)				Abundancia (N)				Uniformidad (J')				Diversidad (H_{Loge})			
		1,0mm		0,5mm		1,0mm		0,5mm		1,0mm		0,5mm		1,0mm		0,5mm	
Condición	**Localidad**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**
	Bahía Caldera	18.05	4.45	20.81	4.37	185.60	49.76	303.67	96.32	0.67	0.09	0.67	0.07	1.91	0.35	2.02	0.31
	Ensenada Chapaco	4.62	2.38	4.75	2.97	202.10	262.73	379.05	429.33	0.44	0.19	0.44	0.23	0.61	0.33	0.63	0.42
	Bahía Coquimbo	11.36	3.58	12.90	3.06	84.41	83.21	114.90	77.06	0.70	0.29	0.67	0.18	1.73	0.80	1.69	0.49
	Bahía Tongoy	25.38	6.40	24.19	8.98	293.67	71.81	398.67	102.98	0.64	0.10	0.65	0.12	2.06	0.42	2.06	0.57
Influenciado	**Promedio Influenciado**	*14.85*	*4.20*	*15.66*	*4.84*	*191.44*	*116.88*	*299.07*	*176.42*	*0.61*	*0.17*	*0.61*	*0.15*	*1.58*	*0.47*	*1.60*	*0.45*
		Riqueza (S)				**Abundancia (N)**				**Uniformidad (J')**				**Diversidad (H_{Loge})**			
		1,0mm		**0,5mm**		**1,0mm**		**0,5mm**		**1,0mm**		**0,5mm**		**1,0mm**		**0,5mm**	
Condición	**Localidad**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**	**Prom**	**DE**
	Caleta Cisnes	12.81	3.04	16.52	2.99	78.05	34.41	133.86	53.02	0.71	0.13	0.78	0.08	1.80	0.37	2.16	0.21
	Carrizal Bajo	7.95	4.42	12.05	3.92	87.10	250.56	167.14	248.89	0.75	0.24	0.60	0.15	1.43	0.56	1.47	0.43
	Huentelaquén	15.76	3.37	15.95	3.09	77.19	37.09	130.00	65.41	0.78	0.10	0.69	0.15	2.14	0.39	1.91	0.48
	Chigualoco	11.90	2.45	12.29	3.02	86.48	41.88	166.00	68.62	0.75	0.13	0.61	0.17	1.85	0.36	1.51	0.46
No Influenciado	**Promedio No Influenciado**	*12.11*	*3.32*	*14.20*	*3.26*	*82.20*	*90.99*	*149.25*	*108.99*	*0.75*	*0.15*	*0.67*	*0.14*	*1.80*	*0.42*	*1.76*	*0.40*

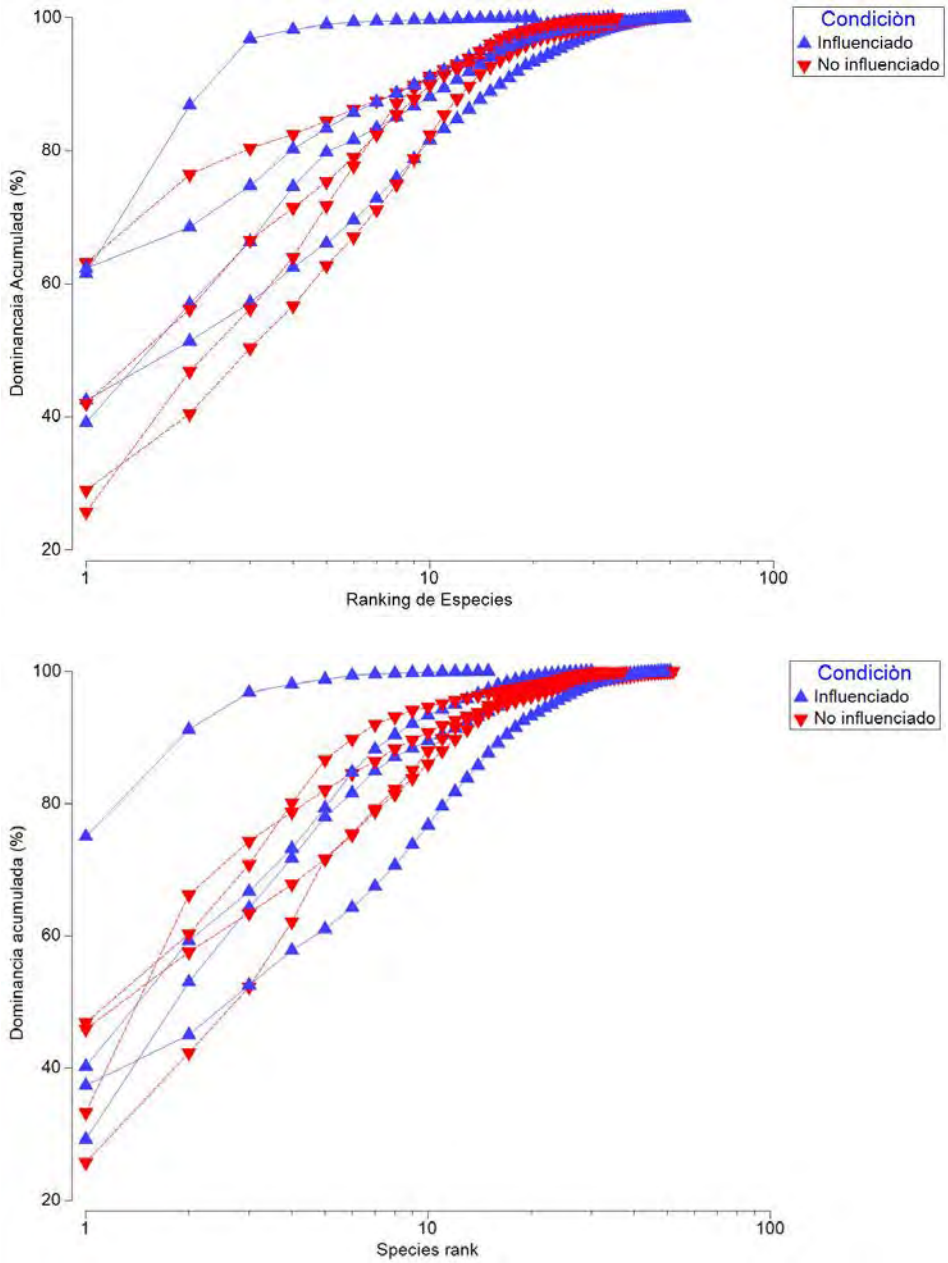


FIGURA 52. Curva K-dominancia del ensamble macrobentónico de las localidades monitoreados. Campaña Invierno 2022. Factor Condición**. Arriba: Tamiz 1,0 mm; Abajo: Tamiz 0,5 mm.**

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

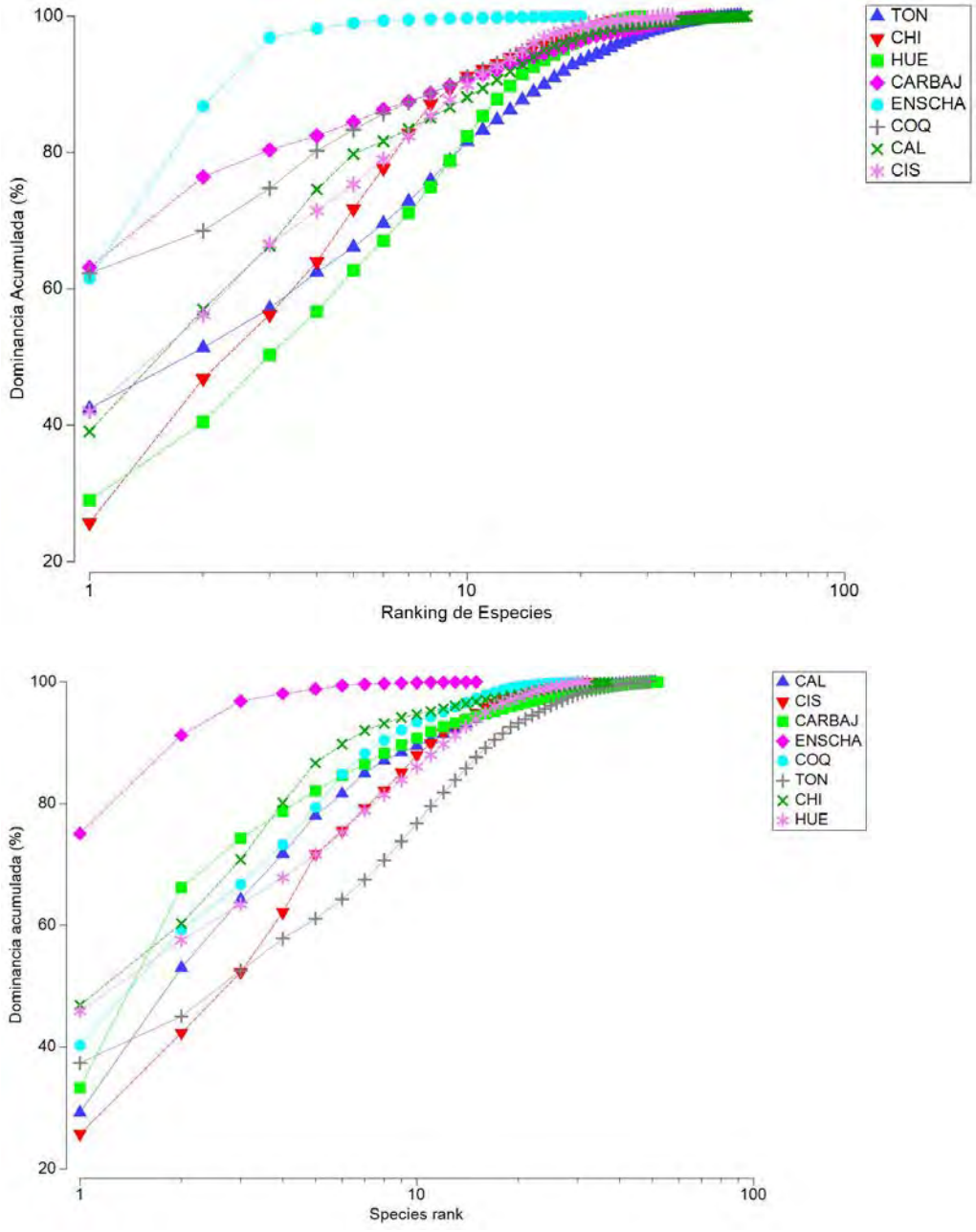


FIGURA 53. Curva K-dominancia del ensamble macrobentónico de las localidades monitoreados. Campaña Invierno2022. Factor Localidad. **Arriba: Tamiz 1,0 mm; Abajo: Tamiz 0,5 mm.**

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Análisis multivariados

Campaña Verano

El análisis nMDS (Figura 54 y 55) permitió agrupar y ordenar en un espacio de dos dimensiones los sustratos en estudio, la configuración resultante permitió identificar por un lado que si el factor Condición ("Influenciada" y "No Influenciada") se agrupan formando grupos (Eje Y) y por otro lado si la composición de cada una de estas comunidades que están formando estos grupos por factor Localidad (Eje X).

Se observó que las muestras de todos los sectores y condición se separan formando grupos diferenciable del resto. La descripción anterior, coincide con el análisis de ordenación en donde, la gráfica obtiene un nivel de estrés de 0,13 y 0,17 (1,0 mm y 0,5 mm), lo que indica que la distribución se ajusta a los datos.

Las Figuras 54 y 55 muestran una clara separación de los factores estudiados (Condición y Localidad), esto fue respaldado por la prueba ANOSIM arrojando diferencias significativas para el factor condición ($R \neq 0$; $p<5\%$) y factor localidad ($R \neq 0$; $p<5\%$)).

Al examinar las comparaciones parciales entre pares se observó diferencias significativas en todas las comparaciones entre localidades con excepción de las Localidades Huentelauquen y Chigualoco ($R=0$; $p<5\%$).

El análisis SIMPER indica que las especies que están generando las diferencias significativas serian principalmente los moluscos: *Nucula pisum, Mulinia edulis, Nassarius coppingeri* y los poliquetos *Lumbrineris cingulata, Prionospio peruana, Goniada uncinigera* presentes en mayores abundancias en sectores "Influenciados" y los crustáceos *Phoxocephalopsis zimmeri, Metharpinia longirostris, Macrochiridothea* sp.1 y *Eudovenopus gracilipes,* presentes en mayores abundancias en sectores "No Influenciados", tanto en tamices de 1,0mm y 0,5mm (ANEXO 3).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

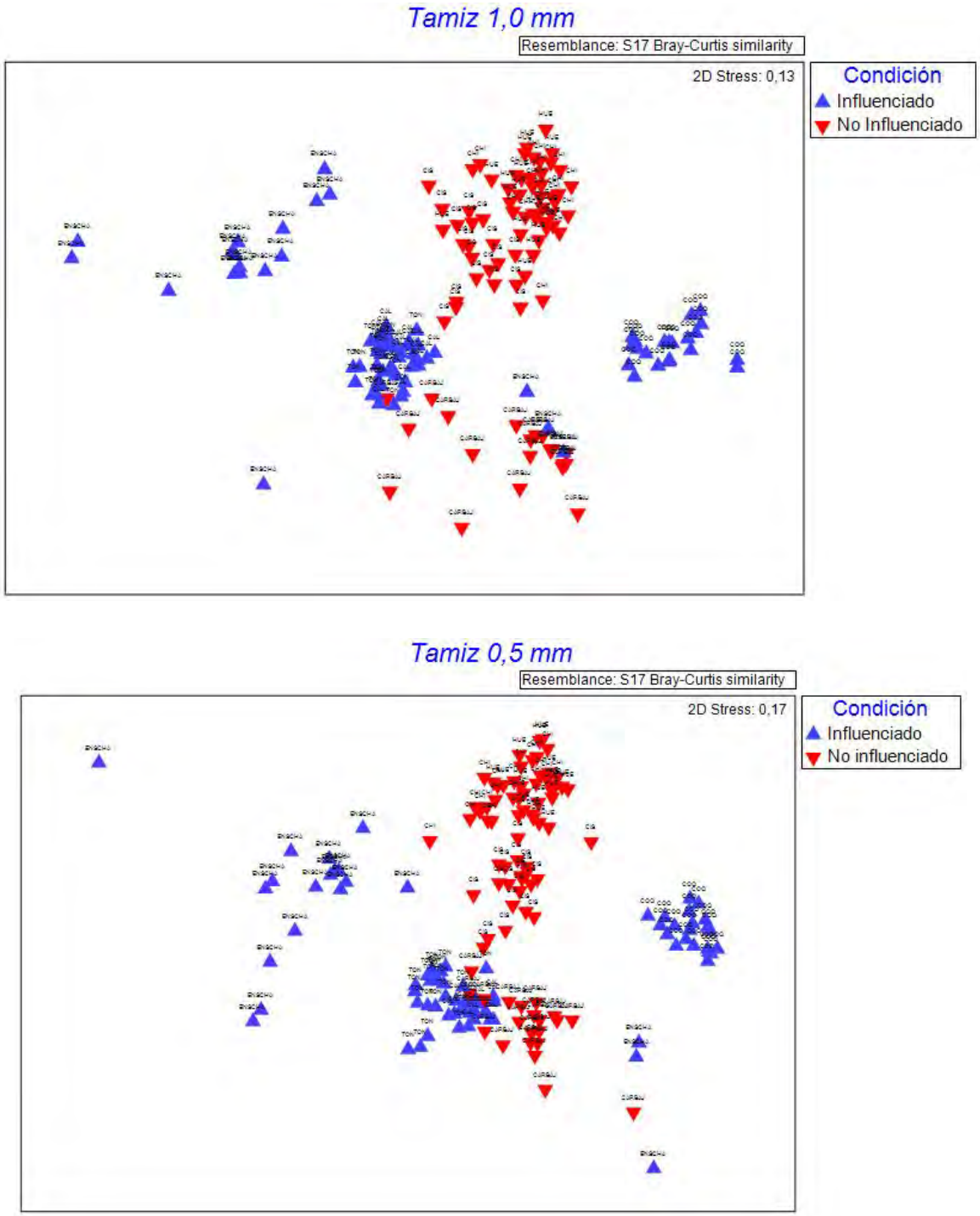
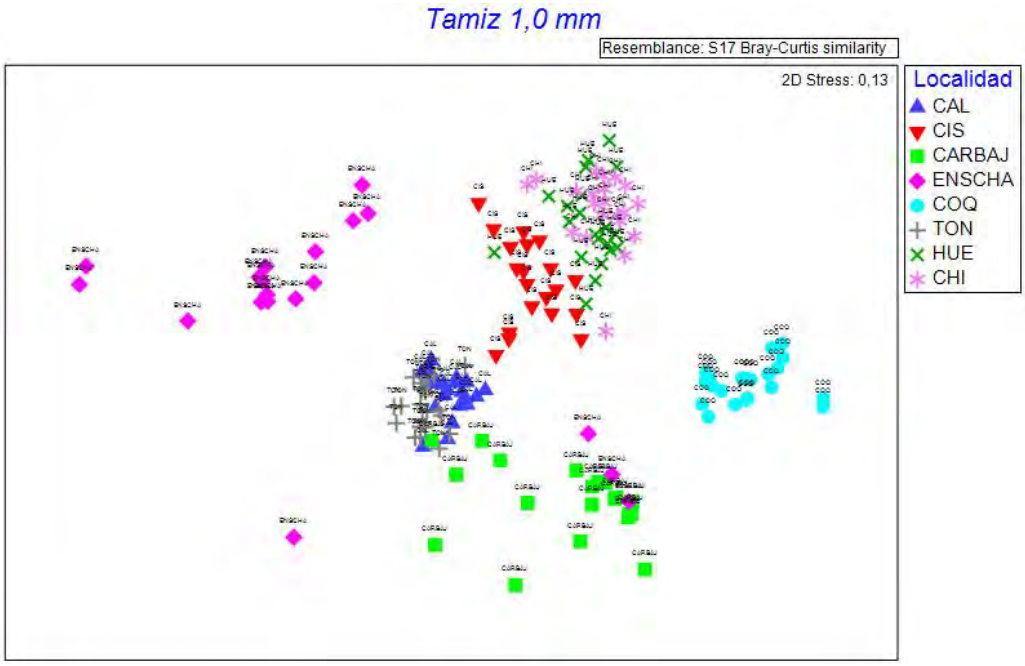


FIGURA 54. NMDS CON SIMILITUD DE BRAY-CURTIS EN LA COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS. CAMPAÑAS VERANO 2022.FACTOR CONDICIÓN. **ARRIBA: TAMIZ 1,0 MM; ABAJO: TAMIZ 0,5 MM.**

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile



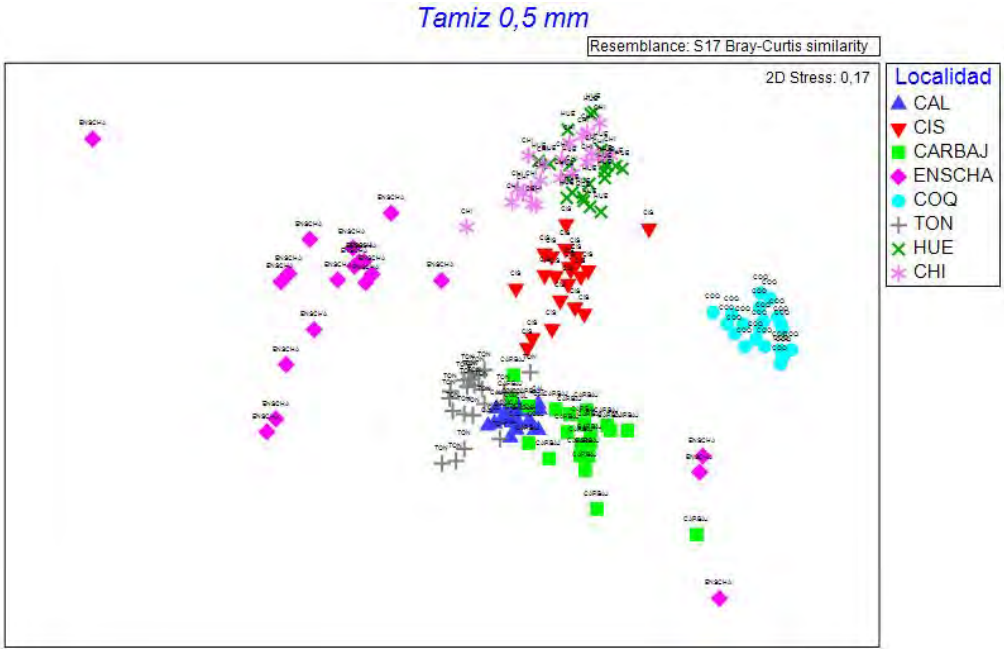


FIGURA 55. NMDS CON SIMILITUD DE BRAY-CURTIS EN LA COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS. CAMPAÑAS VERANO 2022.FACTOR LOCALIDAD. **CONDICIÓN. ARRIBA: TAMIZ 1,0 MM; ABAJO: TAMIZ 0,5 MM.**

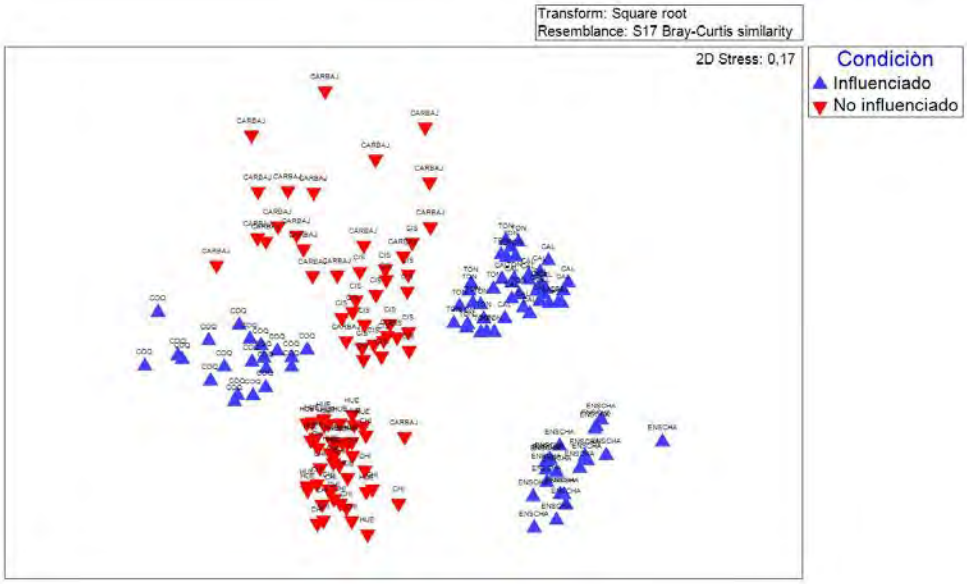
Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Campaña Invierno

El análisis nMDS (Figura 56 y 57) permitió agrupar y ordenar en un espacio de dos dimensiones los ambientes en estudio, la configuración resultante permitió identificar por un lado que mediante el factor Condición ("Influenciada" y "No Influenciada") las comunidades se agrupan (Eje Y) y, por otro lado, si la composición de cada una de estas comunidades que están formando estos grupos por factor Localidad (Eje X).
Durante la campaña de invierno, se pudo observar una clara separación entre las muestras de todos los sectores y condiciones, formando grupos fácilmente distinguibles del resto. Esta observación se alinea con los resultados del análisis de ordenación, donde las gráficas alcanzaron niveles de estrés de 0,17 y 0,14 para los tamices de 1,0 mm y 0,5 mm respectivamente, lo que indica un buen ajuste de la distribución a los datos.

Las Figuras 56 y 57 exhiben una marcada separación entre los factores estudiados (Condición y Localidad), respaldada por la prueba ANOSIM, que reveló diferencias significativas tanto para el factor condición ($R \neq 0$; $p<5\%$) como para el factor localidad ($R \neq 0$; $p<5\%$).

El análisis SIMPER revela que las especies que más contribuyen a las diferencias significativas entre las condiciones "influenciada" y "no influenciada" son *Nucula pisum*, *Lumbrineris cingulata* y *Ampelisca* spp. para el tamiz de 1 mm. Para el tamiz de 0,5 mm, la posición de *Lumbrineris cingulata* es reemplazada por *Spiophanes duplex*, manteniéndose *Ampelisca* spp. (Ver ANEXO 3).



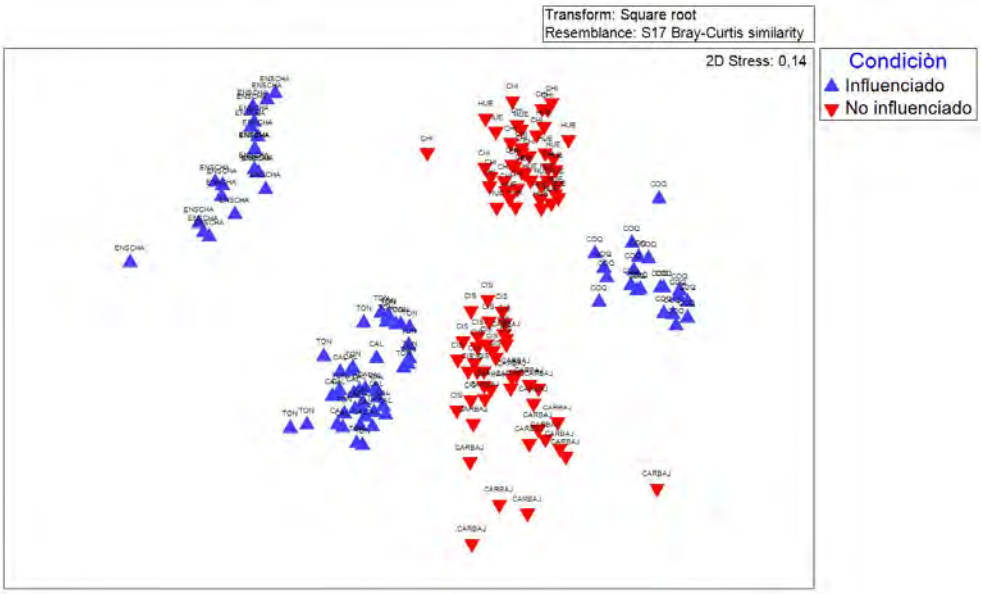


FIGURA 56. NMDS CON SIMILITUD DE BRAY-CURTIS EN LA COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS. CAMPAÑAS INVIERNO 2022.FACTOR CONDICIÓN. **ARRIBA: TAMIZ 1,0 MM; ABAJO: TAMIZ 0,5 MM.**

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Análisis estadísticos de abertura de malla de Tamices

Se realizó una comparación general de la distribución porcentual de la abundancia de las comunidades bentónicas pertenecientes a las localidades estudiadas, con el fin de observar eventuales diferencias en la composición al utilizar tamices de diferente abertura de malla, es decir, de 1 y 0,5 mm, durante ambas campañas. De dicho análisis fue posible observar lo siguiente:

Tamiz 1 mm: Durante la campaña de verano, la composición de la macrofauna bentónica, al utilizar un tamiz de 1 mm, estuvo constituida por un total de 25.864 individuos, con 143 taxa. Del total de organismos recolectados, Mollusca mostró predominancia a nivel de grandes grupos taxonómicos, con una representación porcentual de 37,35% (9.659 individuos), seguido de Annelida y Arthropoda, con un valor de 31,45 (8.134 individuos) y 22,03% (5.699 individuos), respectivamente. Los taxa que mostraron mayor dominancia corresponden a *Nucula pisum* (20,89%) y *Mulinia edulis* (9,17%). Por su parte la composición observada en la campaña de invierno, estuvo constituida por un total de 22.855 individuos, con 133 taxa. Los taxa que mostraron mayor dominancia corresponden a *Nucula pisum* (19,73%), Ampelisca spp (12, 74%) y *Lumbrineris cingulata* (6,66%).

La Figura 57 muestra la distribución porcentual de los organismos encontrados a nivel de grandes grupos taxonómicos y a nivel de taxa.

Tamiz 0,5 mm: Cabe destacar que los resultados considerados en la utilización del tamiz de 0,5 mm de abertura de malla incluyen a todos aquellos organismos que quedaron retenidos en el tamiz de 1 mm.

Como se señaló anteriormente, la comunidad bentónica para el tamiz de 0,5 mm estuvo compuesta por un total de 46.913 individuos, de los cuales fueron identificados 167 taxa, por lo que es posible observar diferencias en la utilización de tamices de 1 y 0,5 mm, esto en cuanto a número total de organismos y número total de taxones. En comparación a los ejemplares recolectados con un tamiz de 1 mm, el grupo taxonómico que presentó una mayor representatividad porcentual fue Arthropoda, con un 33,55% de aporte a la abundancia total, seguido de Annelida y Mollusca, con un 32,35 y 28,93%, respectivamente. Los taxa que mostraron un mayor porcentaje de representación corresponden a *Nucula pisum* (18,83%), Ostracoda spp (14,18%) y *Spiophanes duplex* (10,82%) (Figura 58). En la campaña de invierno el grupo taxonómico que presentó una mayor representatividad porcentual fue Annelida con un 37,8%, seguido por Arthropoda

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

con 29,6% y Mollusca con un 27,4%. Constituida por un total de 37.295 individuos, con 134 taxa, siendo el más abundante *Ampelisca* spp (20%), *Nucula Pisum* (16,8%) y Ostracoda spp (11,7%) (Figura 58).

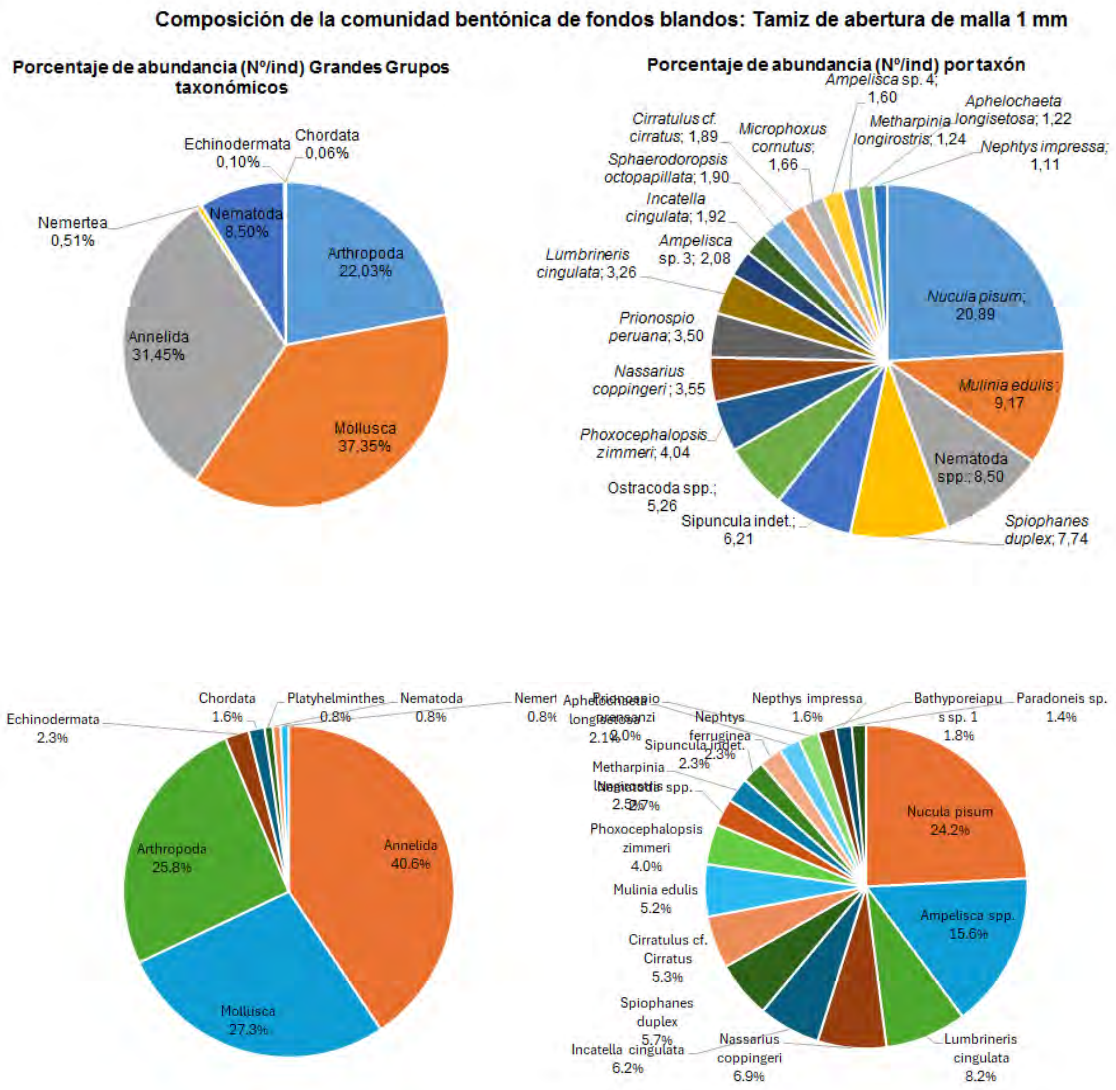


FIGURA 57. Gráfico de distribución de abundancia (N°/ind) en porcentaje de grandes grupos taxonómicos y Taxones más Abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, tamiz abertura de malla 1mm. Arriba Campaña de Verano 2022 y Abajo Campaña de Invierno 2022 Proyecto FIPA 2018-21 AMBI.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

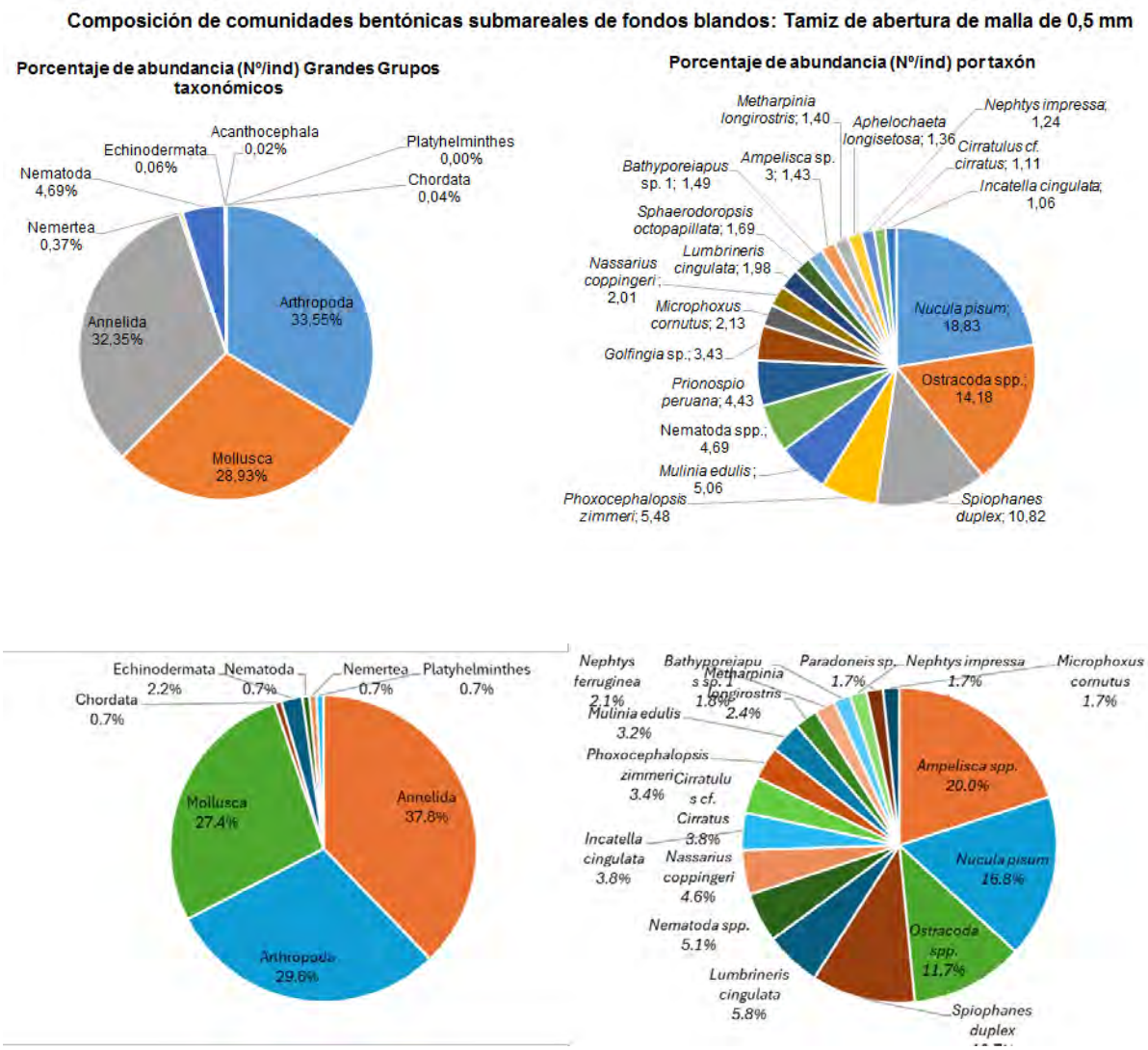


FIGURA 58. Gráfico de distribución de abundancia (N°/ind) en porcentaje de grandes grupos taxonómicos y Taxones más Abundantes de las comunidades bentónicas de fondos blandos, tamiz de abertura de malla 0,5 mm, Arriba Campaña de Verano 2022, abajo Campaña de Invierno 2022.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

En la Tabla 24, se aprecia que tanto la riqueza como la abundancia de especies obtenidas en ambas campañas para todas las localidades, tanto influenciadas como no influenciadas, muestran una tendencia a ser mayor en el tamiz con una abertura de malla de 0,5 mm. Los resultados de los análisis de nMDS revelan un buen ajuste de los datos debido al bajo nivel de estrés. En el caso de las localidades influenciadas, se observa una agrupación más marcada por campaña que por tipo de tamiz, mientras que en las no influenciadas no se percibe un patrón claro (Figuras 59 y 60).

Estos hallazgos se confirman con los análisis de ANOSIM de la Tabla 25, que indican diferencias significativas entre campañas para las localidades influenciadas, específicamente Bahía Caldera, Coquimbo y Tongoy, con la excepción de Ensenada Chapaco. Por otro lado, las localidades no influenciadas en su conjunto no muestran diferencias significativas entre campañas, salvo Caleta Cisnes.

La evaluación de la abundancia según la abertura del tamiz no reveló diferencias significativas en la mayoría de las localidades, a excepción de Caleta Cisnes.

Tabla 24. Abundancia y Riqueza Total en los tamices 1mm y 0, 5mm, durante las campañas de verano e invierno 2022**.**

		Verano 2022				Invierno 2022			
		Riqueza (S)		Abundancia (N)		Riqueza (S)		Abundancia (N)	
		1,0mm	0,5mm	1,0mm	0,5mm	1,0mm	0,5mm	1,0mm	0,5mm
Condición	Localidad	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total
Influenciado	Bahía Caldera	48	56	7499	15946	57	70	4008	6397
	Ensenada Chapaco	22	35	2206	3042	22	23	4246	5695
	Bahía Coquimbo	19	32	2440	3357	34	40	1463	2422
	Bahía Tongoy	45	64	5389	5685	55	55	6253	8178
		Riqueza (S)		Abundancia (N)		Riqueza (S)		Abundancia (N)	
		1,0mm	0,5mm	1,0mm	0,5mm	1,0mm	0,5mm	1,0mm	0,5mm
Condición	Localidad	Prom	Prom	Prom	Prom	Prom	Prom	Prom	Prom
No Influenciado	Caleta Cisnes	57	64	3304	5685	40	48	1639	2744
	Carrizal Bajo	21	30	3303	918	50	64	1831	3454
	Huentelaquén	39	47	2683	5774	29	34	1559	2732
	Chigualoco	38	50	1749	4605	28	38	1675	3482

Tabla 25. Resultados de análisis no parametricos ANOSIM, para evaluar la significancia en abundancia y riqueza a nivel de campaña y de acuerdo a la abertura de la malla, para cada todas las localidades.

		Estadistico ANOSIM					
		Campañas			Abertura de Malla		
Condición	Localidades	R- Global	Nivel de Significacia(%)	Diferencias Significativas	R- Global	Nivel de Significacia (%)	Diferencias Significativas
Influenciadas	Bahía de Caldera	0,8	0,1	Sí	0,179	0,1	No
	Ensenada Chapaco	0,343	0,1	No	0,013	17,3	No
	Bahía de Coquimbo	0,692	0,1	Sí	0,17	0,1	No
	Bahía de Tongoy	0,407	0,1	Sí	0,056	2,2	No
No Influenciadas	Caleta Cisnes	0,68	0,1	Sí	0,179	0,1	No
	Carrizal Bajo	0,29	0,1	No	0,39	0,1	Sí
	Huentelauquén	0,105	0,1	No	0,109	0,1	No
	Chigualoco	0,037	2,2	No	0,11	0,1	No

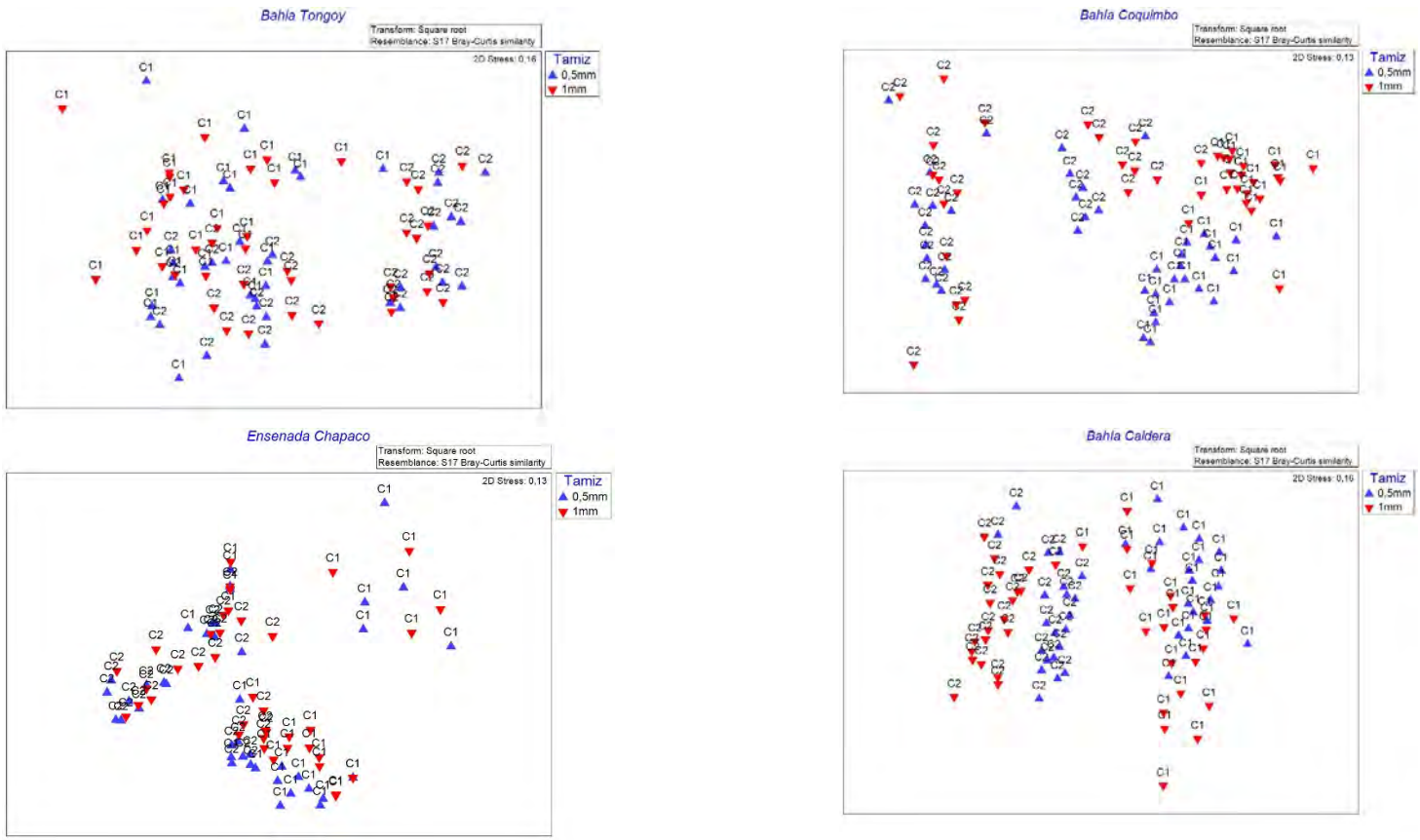


FIGURA 59. NMDS Abundancias obtenidas con Tamices de abertura de malla de 1mm y 0.5mm para las localidades con Condición Influenciadas en Campaña de Verano 2022 (C1) y Campaña de Invierno 2022 (C2)

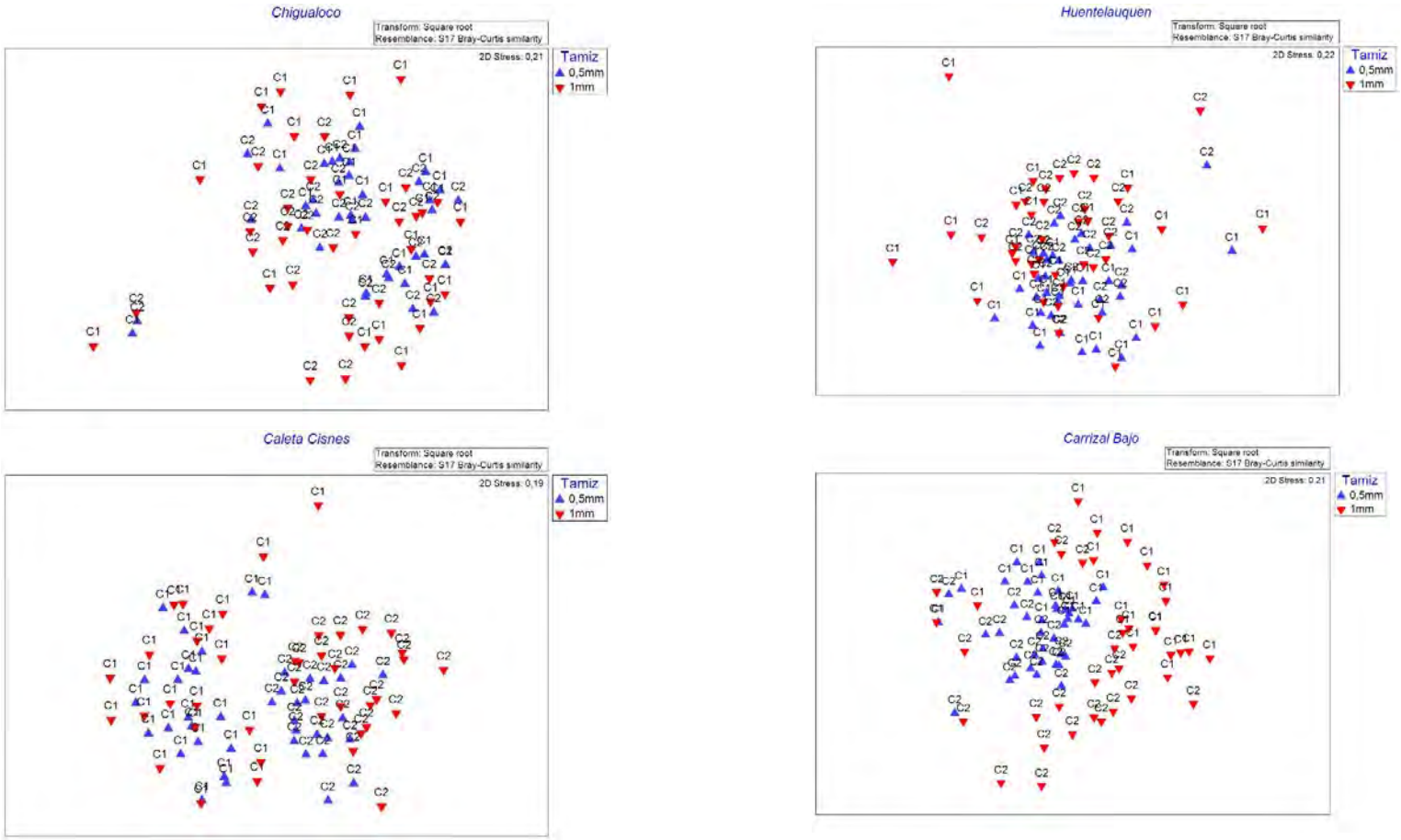


FIGURA 60. NMDS Abundancias obtenidas con Tamices de abertura de malla de 1mm y 0.5mm para las localidades con Condición No Influenciadas en Campaña de Verano 2022 (C1) y Campaña de Invierno 2022 (C2)

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Características físicas y químicas

Columna de Agua

En general las profundidades del area de estudio, para ambas campañas no superaron los 60 metros, registrándose las máximas profundidades en la localidad de Ensenada Chapaco, en la estación P1 con 54 metros de profundidad. Por su parte, Bahía Caldera, las profundidades estuvieron cercanas a los 30 metros, siendo esta la máxima, en la estación P7. Caleta Cisne, Bahía Coquimbo, Bahía Tongoy y Huentelauquén se caracterizaron por presentar profundidades similares entre 11 a 20 metros. Lss profundidades más bajas fueron registrads en Chigualaco entre 5,2 a 15 m (Tabla 26 y Figura 61 y 62). En general, la visibilidad en verano, se torna más superficial, considerando las profundidades de cada localidad fluctuando entre 2,5 m y 7 m.

Durante la campaña de invierno, se observa una mayor variabilidad en los valores mínimos y máximos de transparencia entre las localidades. En promedio, la transparencia del agua tiende a ser mayor durante el invierno, con un promedio de 10,04 metros, en comparación con el verano, que presenta un promedio de 4,79 metros. En las localidades influenciadas, Bahía Caldera mostró un aumento significativo en la transparencia, alcanzando valores entre 11 m y 12 m; en Ensenada Chapaco, la transparencia varió ligeramente entre 2,5 m y 3,5 m; en Bahía Coquimbo, la transparencia osciló entre 10 m y 15 m; y en Bahía Tongoy, los valores fueron consistentes entre 14 m y 16 m. En las localidades no influenciadas, Caleta Cisne mostró un aumento notable en la transparencia, con valores entre 8 m y 16,5 m; en Carrizal Bajo, la transparencia varió entre 9 m y 15 m; en Huentelauquén, los valores de transparencia estuvieron entre 7,2 m y 8,5 m; y en Chigualoco, la transparencia mostró una mayor variabilidad, oscilando entre 3 m y 7,8 m. Cabe señalar que estos valores dependen de la profundidad de cada punto de muestreo (Tabla 27 y Figura 61 y 62). En general la transparencia del agua muestra un aumento durante el invierno en comparación con el verano, lo cual puede atribuirse a diferentes factores ambientales y climáticos que afectan la claridad del agua en las distintas estaciones del año.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 26. Profundidades en las 7 estaciones de cada uno de los sitios de estudios clasificados como influenciados y no influenciados. Durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI. FIPA 2018-21.

Condición	Localidades	Estaciones de muestreo													
		Valores de profundidad registrada (m)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	27	27	27,7	27,7	29,5	29,5	28	28	30	30	29	29	30	30
	Ensenada Chapaco	54	54	44	44	37	37	30	30	22,5	22,5	35,5	35,5	41	41
	Bahía Coquimbo	14	14	13	13	15	15	14	14	15	15	13,5	13,5	15	15
	Bahía Tongoy	20	20	20	20	20	20	14	14	18,5	18,5	16,5	16,5	17	17
No Influenciada	Caleta Cisne	16,5	16,5	15	15	15	15	14,5	14,5	15	15	13,5	13,5	13,8	13,8
	Carrizal Bajo	11,8	11,8	12,9	12,9	15	15	10	10	19	19	9,6	9,6	16,6	16,6
	Huentelauquén	14	14	12	12	15	15	12	12	15,5	15,5	15	15	11	11
	Chigualoco	15	15	9	9	14,3	14,3	6,4	6,4	5,2	5,2	10	10	11	11

Tabla 27. Transparencia en las 7 estaciones de cada uno de los sitios de estudios clasificados como influenciados y no influenciados. Durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI. FIPA 2018-21.

Condición	Localidades	Estaciones de muestreo													
		Transparencia (m)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	3	11,0	3	11	3	11	3	12	3	11	3	11	3	12
	Ensenada Chapaco	2,5	3,5	2,5	3,5	2,5	3	2,5	3	2,5	3,5	2,5	2,5	2,5	3
	Bahía Coquimbo	6	12,0	6	12	6	15	6	12	6	11	6	10	6	13
	Bahía Tongoy	5	14,0	5	14	5	15	5	14	5	16	5	14	5	14
No Influenciada	Caleta Cisne	3	16,5	3	14	5	13	4,5	13	5	13	4,5	8	5	14
	Carrizal Bajo	7	10,0	7	11	7	14	7	12	7	15	7	9	7	14
	Huentelauquén	5	8,0	5	8,5	5	8	5	7,5	5	7,2	5	8,3	5	8
	Chigualoco	5	7,8	5	5	5	7,3	5	4	5	3	5	6	5	6

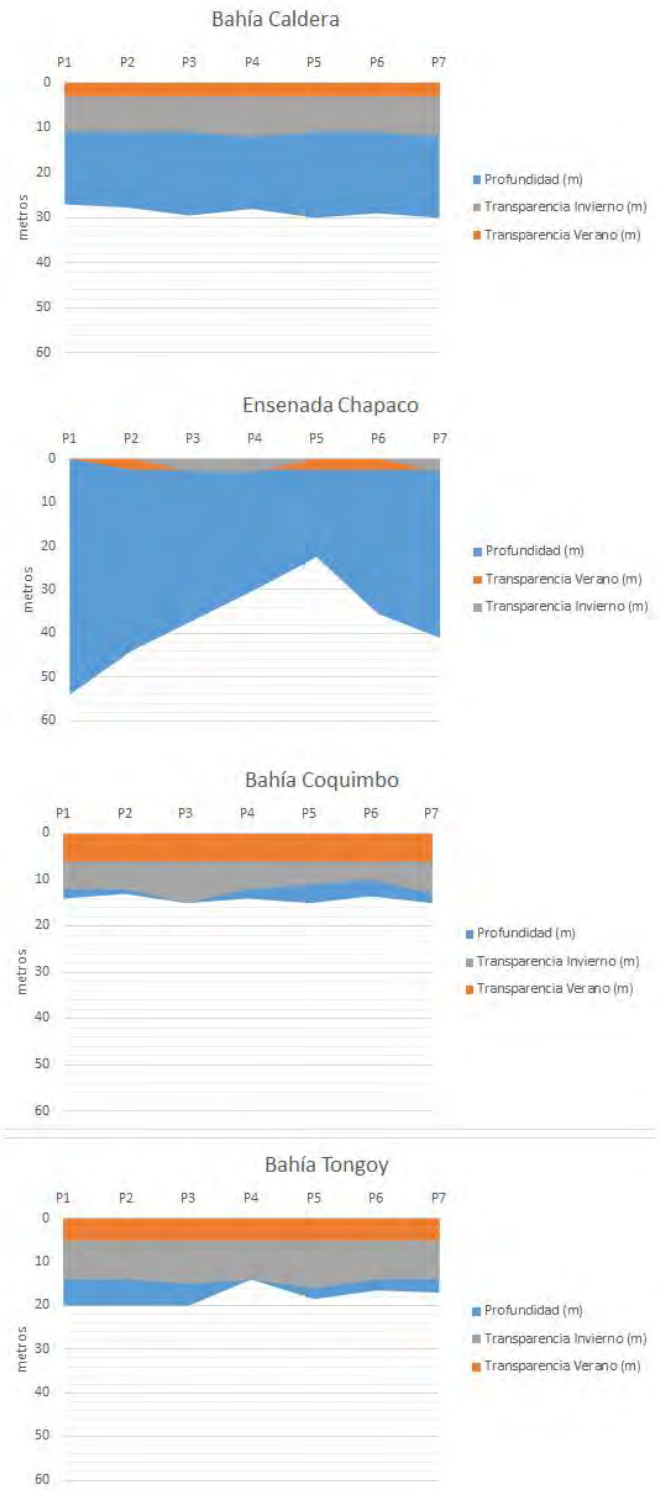


FIGURA 61. GRÁFICO DE AREAS DE PROFUNDIDAD Y TRANSPARENCIA EN AREAS INFLUENCIADAS. DURANTE CAMPAÑA DE VERANO E INVIERNO 2022. PROYECTO FIPA 2018-21 AMBI.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

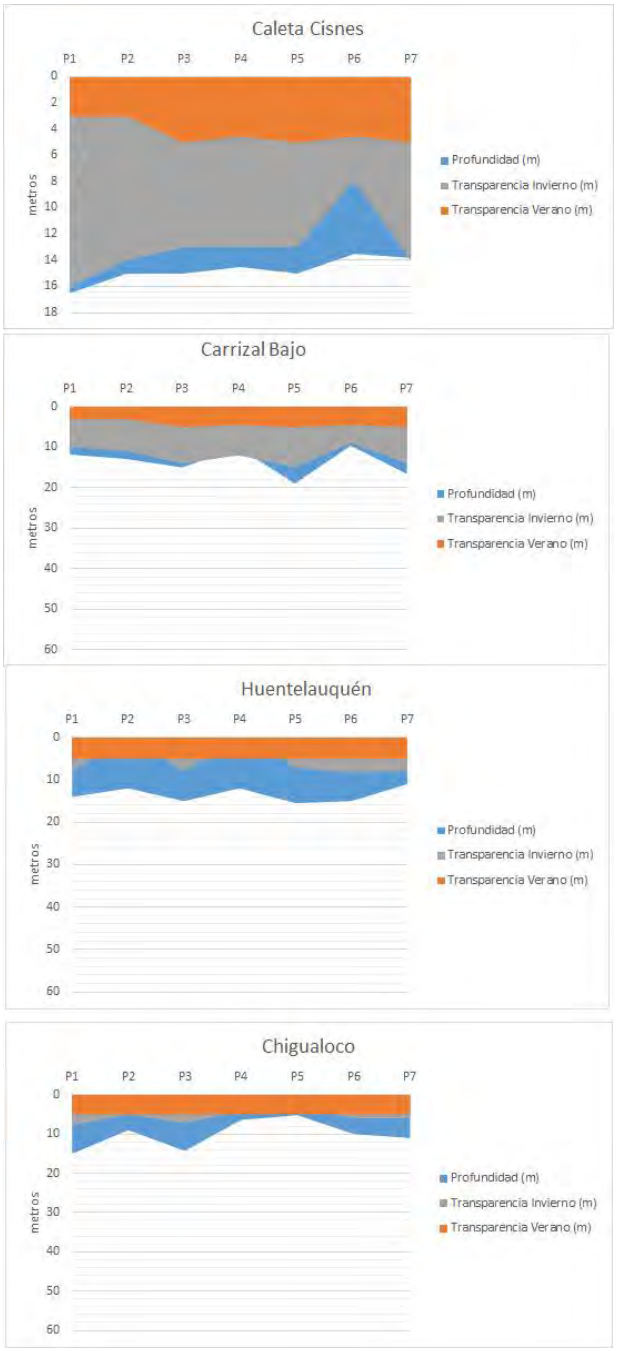


FIGURA 62. GRÁFICO DE AREAS DE PROFUNDIDAD Y TRANSPARENCIA EN AREAS NO INFLUENCIADAS. DURANTE CAMPAÑA DE VERANO E INVIERNO 2022. PROYECTO FIPA 2018-21 AMBI.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Los promedios de temperatura de la columna de agua durante el verano oscilaron entre 13,3 °C y 16,5 °C, para todas las localidades. En Bahía Caldera, se registraron los valores más altos y Huentelauquén los más bajos (Tabla 28). En general, las temperaturas en las localidades influenciadas como Bahía Caldera y Ensenada Chapaco fueron ligeramente más altas en comparación con las localidades no influenciadas como Caleta Cisne y Carrizal Bajo. Durante la temporada de invierno, se observó una clara tendencia a temperaturas más bajas en todas las localidades analizadas, con promedios que variaron entre 11,4 °C y 14,0 °C. Chigualoco registró el valor mínimo de 11,4 °C, mientras que Bahía Tongoy presentó el valor más alto de 14,0 °C. En detalle, los valores promedio de temperatura para las localidades influenciadas fueron los siguientes: Bahía Caldera osciló entre 15,8 °C y 16,5 °C en verano y entre 13,0 °C y 13,9 °C en invierno; Ensenada Chapaco mostró temperaturas entre 14,8 °C y 16,3 °C en verano y entre 12,3 °C y 13,2 °C en invierno; Bahía Coquimbo varió entre 13,4 °C y 15,6 °C en verano y entre 11,7 °C y 12,7 °C en invierno; y Bahía Tongoy tuvo temperaturas entre 13,8 °C y 15,7 °C en verano y entre 11,9 °C y 14,0 °C en invierno. En las localidades no influenciadas, Caleta Cisne mostró valores de 15,8 °C a 16,2 °C en verano y de 12,7 °C a 13,4 °C en invierno; Carrizal Bajo presentó temperaturas entre 13,8 °C y 15,5 °C en verano y entre 11,7 °C y 12,8 °C en invierno; Huentelauquén osciló entre 13,3 °C y 14,6 °C en verano y entre 12,0 °C y 12,8 °C en invierno; y Chigualoco tuvo valores entre 14,1 °C y 16,4 °C en verano y entre 11,4 °C y 12,5 °C en invierno. Por otra parte, los valores de salinidad las variaciones entre verano e invierno son en su mayoría mínimas y dependen de la ubicación específica y la medida considerada, observándose en algunos casos, la salinidad tiende a ser ligeramente menor en invierno (Tabla 29) (ver Anexo 7). En la Tabla 30, se observan los valores promedios registrados de oxígeno disuelto, que se observan levemente más altos durante la campaña de invierno, obteniéndose un valor promedio máximo de 6,8 mg/L y un mínimo de 4,03 mg/L, para ambas campañas y todas las localidades.

Tabla 28. Promedio de Temperatura del perfil de columna de agua en las 7 estaciones de cada uno de los sitios de estudios clasificados como influenciados y no influenciados. Durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Condición	Localidades	Estaciones de muestreo													
		Valores promedio de columna de agua de Temperatura (°C)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	15,8	13,0	15,8	13,1	16,0	13,2	16,1	12,3	16,1	13,2	16,4	13,8	16,5	13,9
	Ensenada Chapaco	14,8	12,7	15,1	12,7	15,1	12,3	15,5	13,0	15,5	13,0	15,9	12,6	16,3	13,2
	Bahía Coquimbo	13,9	12,3	13,9	12,5	15,4	12,5	14,8	12,5	13,4	11,7	15,5	12,3	15,6	12,7
	Bahía Tongoy	15,7	13,3	15,7	13,1	15,5	13,2	13,8	11,9	14,5	13,4	14,6	14,0	14,4	14,0
No Influenciada	Caleta Cisne	15,9	13,1	16,0	13,0	16,0	13,3	16,2	13,4	15,8	12,7	16,2	13,3	15,9	12,9
	Carrizal Bajo	14,4	11,8	14,0	12,8	13,9	12,6	15,5	12,6	13,8	12,0	15,0	12,2	14,2	11,7
	Huentelauquén	13,3	12,4	13,7	12,8	14,0	12,4	14,6	12,2	13,9	12,0	14,2	12,3	14,6	12,6
	Chigualoco	14,9	11,4	15,4	12,5	14,9	12,4	16,4	12,5	15,6	12,0	14,7	12,1	14,1	12,2

Tabla 29. Promedio de salinidad del perfil de columna de agua en las 7 estaciones de cada uno de los sitios de estudios clasificados como influenciados y no influenciados. Durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Condición	Localidades	Estaciones de muestreo													
		valores promedio de columna de agua de Salinidad (psu)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	35,4	35,4	35,4	34,4	35,6	34,3	35,6	35,2	35,6	35,3	35,6	35,3	35,6	35,4
	Ensenada Chapaco	35,5	35,4	35,5	35,5	35,5	35,3	35,5	34,8	35,4	35,2	35,4	34,9	35,5	35,2
	Bahía Coquimbo	35,5	35,3	35,4	35,5	35,4	35,2	35,4	34,8	35,4	35,5	35,4	35,3	35,3	35,3
	Bahía Tongoy	35,6	35,4	35,5	34,4	35,7	34,4	35,6	35,8	35,6	35,3	35,6	35,4	35,6	35,4
No Influenciada	Caleta Cisne	34,6	34,3	35,7	35,6	35,7	35,7	35,7	35,6	35,6	35,6	35,6	35,5	35,6	34,9
	Carrizal Bajo	34,9	34,8	34,5	34,3	34,9	35,0	34,5	34,7	34,7	34,6	34,5	34,4	34,6	34,7
	Huentelauquén	35,4	35,4	35,4	35,5	35,4	35,3	35,4	34,8	35,4	35,4	35,3	35,2	35,4	35,3
	Chigualoco	35,5	35,5	35,5	35,4	35,7	35,7	35,4	35,2	35,4	35,3	35,4	35,4	35,3	35,3

Tabla 30. Promedio de Oxigeno disuelto mg/l (*in situ*) del perfil de columna de agua en las 7 estaciones de cada uno de los sitios de estudios clasificados como influenciados y no influenciados. Durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Localidades	**Estaciones de muestreo**													
	valores promedio de columna de agua de Oxigeno disuelto (mg/L)													
	P1		**P2**		**P3**		**P4**		**P5**		**P6**		**P7**	
	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Bahía Caldera	5,8	6,9	5,8	6,1	5,7	5,2	5,2	5,2	5,2	5,1	5,2	4,5	6,1	4,5
Ensenada Chapaco	5,6	5,5	5,7	6,2	5,9	5,9	6,1	6,0	6,4	7,4	6,4	5,8	6,6	5,8
Bahía Coquimbo	5,3	6,1	5,6	6,4	5,0	6,0	5,5	6,5	4,8	5,4	5,5	6,0	5,6	5,7
Bahía Tongoy	5,3	6,1	5,6	6,4	5,0	6,0	5,5	6,5	4,8	5,4	5,5	6,0	5,6	5,7
Caleta Cisne	5,2	5,3	5,3	5,3	5,2	5,3	5,5	5,4	6,0	5,0	5,7	5,1	5,7	5,3
Carrizal Bajo	5,6	5,7	5,8	5,7	5,3	5,1	4,7	4,8	4,6	4,5	5,1	5,0	4,7	4,0
Huentelauquén	5,4	6,0	5,5	6,2	5,0	5,5	5,5	5,9	4,8	5,4	4,7	5,9	5,6	5,7
Chigualoco	5,1	5,9	5,5	5,7	4,4	5,3	5,3	5,4	4,8	5,1	4,6	6,0	5,6	6,6

En la Tabla 31 se presentan los registros obtenidos de oxígeno disuelto utilizando la metodología de Winkler, Estos registros se tomaron en la estación P1 de todas las localidades de manera puntual cada 5 metros de profundidad, Posteriormente, estos resultados fueron comparados con los valores promedio de los perfiles de oxígeno de dicha estación, Se observa una alta correlación entre los datos, con un coeficiente de correlación de 0,99, con un nivel de confianza del 95%, Para ver la representación visual de esta correlación, consulte la Figura 63,

Tabla 31. Valores de Oxígeno disuelto mg/L con metodología Winkler, estación P1, en todas las localidades, Durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Método Winkler			
		Verano	Invierno
Localidad	Profundidad	OD_mg/L	OD_mg/L
P1 Caldera	0	5.85	6.89
P1 Caldera	5	5.71	6.78
P1 Caldera	10	5.68	6.79
P1 Caldera	15	5.65	6.75
P1 Caldera	20	5.51	6.68
P1 Caldera	25	5.28	6.61
P1 Caleta Cisne	0	5.22	5.33
P1 Caleta Cisne	5	5.12	5.19
P1 Caleta Cisne	10	5.08	5.17
P1 Caleta Cisne	15	5.04	5.12
P1 Carrizal Bajo	0	6.4	6.66
P1 Carrizal Bajo	5	6.19	6.32
P1 Carrizal Bajo	10	4.48	4.49
P1 Ensenada de Chapaco	0	6.1	6.09
P1 Ensenada de Chapaco	5	5.78	5.8
P1 Ensenada de Chapaco	10	5.71	5.68
P1 Ensenada de Chapaco	15	5.64	5.63
P1 Ensenada de Chapaco	20	5.6	5.59
P1 Ensenada de Chapaco	25	5.54	5.55
P1 Ensenada de Chapaco	30	5.48	5.44
P1 Ensenada de Chapaco	35	5.32	5.31
P1 Ensenada de Chapaco	40	5.17	5.28
P1 Ensenada de Chapaco	45	4.37	4.56
P1 Ensenada de Chapaco	50	4.24	4.38
P1 Bahia de Coquimbo	0	5.38	6.21
P1 Bahia de Coquimbo	5	5.28	6.13
P1 Bahia de Coquimbo	10	5.28	6.09
P1 Bahia de Coquimbo	13	5.25	6.08
P1 Bahía de Tongoy	0	5.98	6.75
P1 Bahía de Tongoy	5	5.88	6.72
P1 Bahía de Tongoy	10	5.8	6.71
P1 Bahía de Tongoy	15	5.73	6.63
P1 Bahía de Tongoy	19	5.65	6.38
P1 Huentelauquén	0	5.34	5.99
P1 Huentelauquén	5	5.27	5.97
P1 Huentelauquén	10	5.25	5.94
P1 Huentelauquén	12	5.24	5.94
P1 Chigualoco	0	5.27	5.98
P1 Chigualoco	5	5.24	5.96
P1 Chigualoco	10	5.22	5.89
P1 Chigualoco	14	4.07	4.92

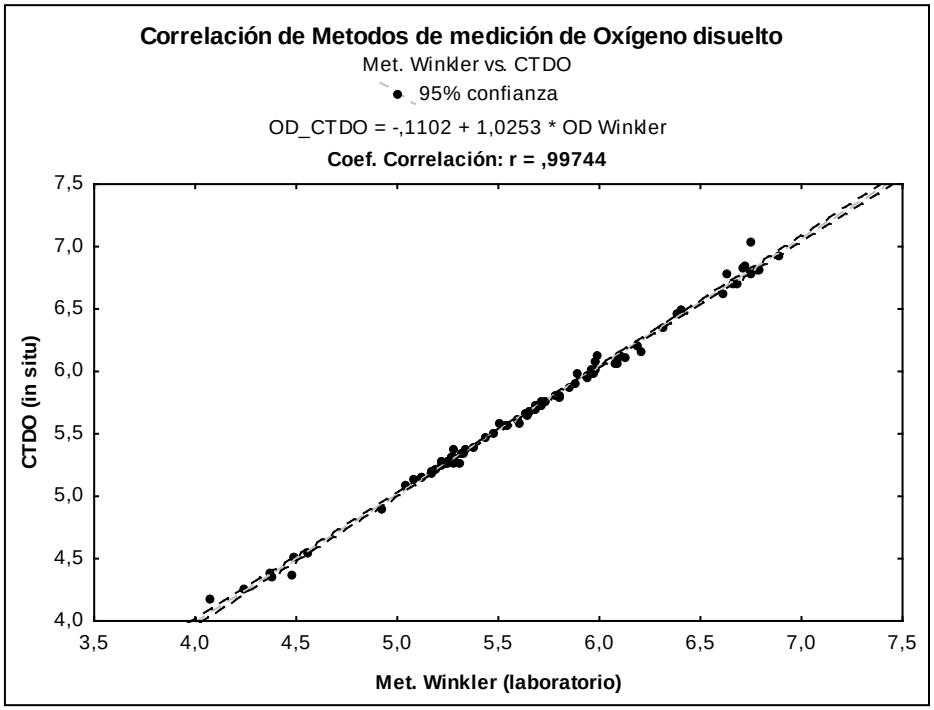


FIGURA 63. GRÁFICO DE CORRELACIÓN DE OXIGENO DISUELTO (MG/L) CON METODO PUNTUAL DE WINKLER Y VALORES DE CTDO PROMEDIO EN LA COLUMNA DE AGUA EN TODAS LAS LOCALIDADES DEL ESTUDIO, DURANTE CAMPAÑA DE VERANO E INVIERNO, PROYECTO FIPA 2018-21 AMBI.

Sedimentos

Mediciones *in situ*

De los parámetros medidos *in situ*, la temperatura de los sedimentos, en general, presenta valores típicos de la época estival, con valores entre 12,3 y 15,5 °C y en invierno entre 12,2 y 13,9 °C, para las localidades influenciadas como no influenciadas (Tabla 32),

En términos generales, se observa que la temperatura de los sedimentos tiende a ser más alta durante la temporada de verano en la mayoría de las localidades analizadas y con un mayor rango (3,2 °C de diferencia entre el menor y el mayor valor), durante invierno el rango es menor (1,7°C de diferencia entre el menor y el mayor valor), Sin embargo, las diferencias son específicas de cada localidad (Tabla 32, Figura 64).

Por otra parte, los valores de pH fueron levemente más básicos en los sedimentos de las localidades de Bahía Caldera, Bahía Tongoy y Carrizal Bajo, siendo este último

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

clasificado como no influenciado antrópicamente, los valores estuvieron sobre 8 en estas localidades (Tabla 33, Figura 65).

En cuanto al potencial REDOX, es posible indicar que tres de cuatro localidades de las influenciadas antrópicamente (Bahía Caldera, Ensenada Chapaco y Bahía Tongoy), presentaron valores de potencial redox con valores negativos a diferencia de las localidades no influenciadas que presentaron un rango promedio de 26 a 279 mV (Tabla 34, Figura 66).

Tabla 32. Promedio de las tres réplicas por estación de Temperatura (°C), parámetro medido *in situ* en los sedimentos marinos en áreas Influenciadas y No influenciadas, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Condición	Localidades	Estaciones de muestreo													
		Valores promedios de Temperatura (°C)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	14,4	13,93	14,3	13,9	14,4	13,8	14,4	13,6	14,4	13,6	14,5	13,8	14,4	13,7
	Ensenada Chapaco	12,3	12,4	12,4	12,2	12,5	12,5	13,4	12,3	12,8	12,4	12,6	12,5	12,3	12,3
	Bahía Coquimbo	14,3	13,33	14,4	13,3	14,1	13,7	14,3	13,3	14,1	13,3	14,4	13,3	14,2	13,2
	Bahía Tongoy	12,6	12,7	12,9	12,7	12,7	12,7	12,8	12,8	12,9	12,8	12,9	12,9	13,9	12,8
No Influenciada	Caleta Cisne	13,6	13,83	14,0	13,4	13,8	13,7	14,1	13,9	14,4	13,8	14,4	13,8	14,2	13,8
	Carrizal Bajo	14,9	12,83	14,9	12,8	14,7	12,5	15,5	12,6	13,6	12,5	15,1	12,7	14,1	12,7
	Huentelauquén	13,4	12,6	12,8	12,67	13,0	12,77	13,8	12,72	13,0	12,8	12,8	12,81	13,0	12,85
	Chigualoco	15,2	12,4	15,0	12,2	15,0	12,3	14,6	12,5	14,2	12,6	14,0	12,6	14,7	12,67

Tabla 33**.** Promedio de las tres réplicas por estación de pH, parámetro medido *in situ* en los sedimentos marinos en áreas Influenciadas y No influenciada, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21,

Condición	**Localidades**	**Estaciones de muestreo**													
		Valores promedios de pH													
		P1		**P2**		**P3**		**P4**		**P5**		**P6**		**P7**	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	8,6	8,0	8,4	7,9	8,5	8,3	8,4	8,1	8,3	7,6	8,2	8,6	7,9	8,3
	Ensenada Chapaco	7,6	8,0	7,5	7,9	7,7	7,9	7,7	8,2	7,8	8,0	7,7	8,0	7,5	8,1
	Bahía Coquimbo	7,1	7,9	7,2	7,9	7,2	8,1	7,3	7,8	7,3	8,3	7,3	7,8	7,2	8,0
	Bahía Tongoy	8,2	7,7	8,1	7,6	8,1	7,5	8,0	8,4	8,0	8,1	8,0	7,7	8,1	7,6
No Influenciada	Caleta Cisne	7,9	8,3	7,8	8,0	7,7	8,1	7,7	8,0	7,7	7,7	7,7	8,0	7,6	8,0
	Carrizal Bajo	8,1	7,6	8,2	8,1	8,2	8,1	8,0	8,1	7,9	8,2	7,8	8,2	7,9	8,2
	Huentelauquén	7,5	7,67	7,5	7,57	7,5	7,41	7,6	7,63	7,5	7,57	7,6	7,45	7,6	7,48
	Chigualoco	7,7	7,73	7,7	7,73	7,6	7,53	7,5	7,64	7,7	7,67	7,8	7,65	7,8	7,63

Tabla 34. Promedio de las tres réplicas por estación de Potencial redox (mV), parámetro medido *in situ* en los sedimentos marinos en áreas Influenciadas y No influenciada, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Condición	**Localidades**	**Estaciones de muestreo**													
		Valores promedios de Potencial Redox (mv)													
		P1		**P2**		**P3**		**P4**		**P5**		**P6**		**P7**	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	-138,7	52,93	-154,3	82,1	-114,3	-15,7	-111,0	23,8	-91,6	3,6	-108,6	-15,2	-128,3	-43,9
	Ensenada Chapaco	-132,3	-132	-127,5	-127,5	-173,5	-173,5	-194,9	-194,9	-151,7	-151,7	-87,8	-87,8	-79,0	-79,03
	Bahía Coquimbo	222,5	53,47	109,4	108,6	59,9	157,3	69,3	69,0	95,3	140,8	134,0	112,0	127,1	140,2
	Bahía Tongoy	-63,6	-36,3	-47,2	-5,2	-35,6	-12,1	-109,4	-105,1	-86,9	-32,0	-98,9	-32,9	-20,0	-85,4
No Influenciada	Caleta Cisne	155,1	170,1	86,2	143,4	123,9	156,6	59,4	182,3	151,5	142,8	105,0	166,1	151,2	149,27
	Carrizal Bajo	136,0	170,3	85,6	160,8	177,9	141,5	184,1	119,6	178,3	92,6	145,7	186,4	188,2	170,07
	Huentelauquén	186,9	196,6	230,3	193,3	213,3	275,5	235,1	226,1	55,0	189,5	133,7	166,5	279,1	199,73
	Chigualoco	150,5	146,4	108,1	119,1	185,8	165,7	38,8	228,1	151,1	215,1	26,1	117,6	177,9	187,47

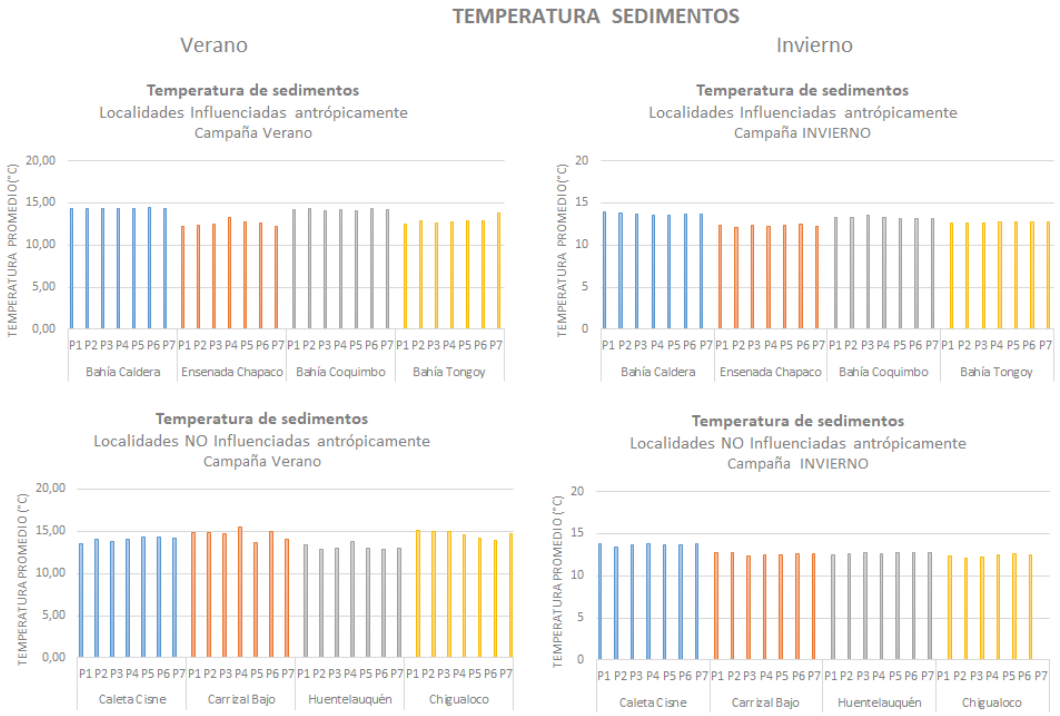


Figura 64. Promedio de parámetros temperatura de los sedimentos marinos en áreas Influenciadas y No influenciada, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

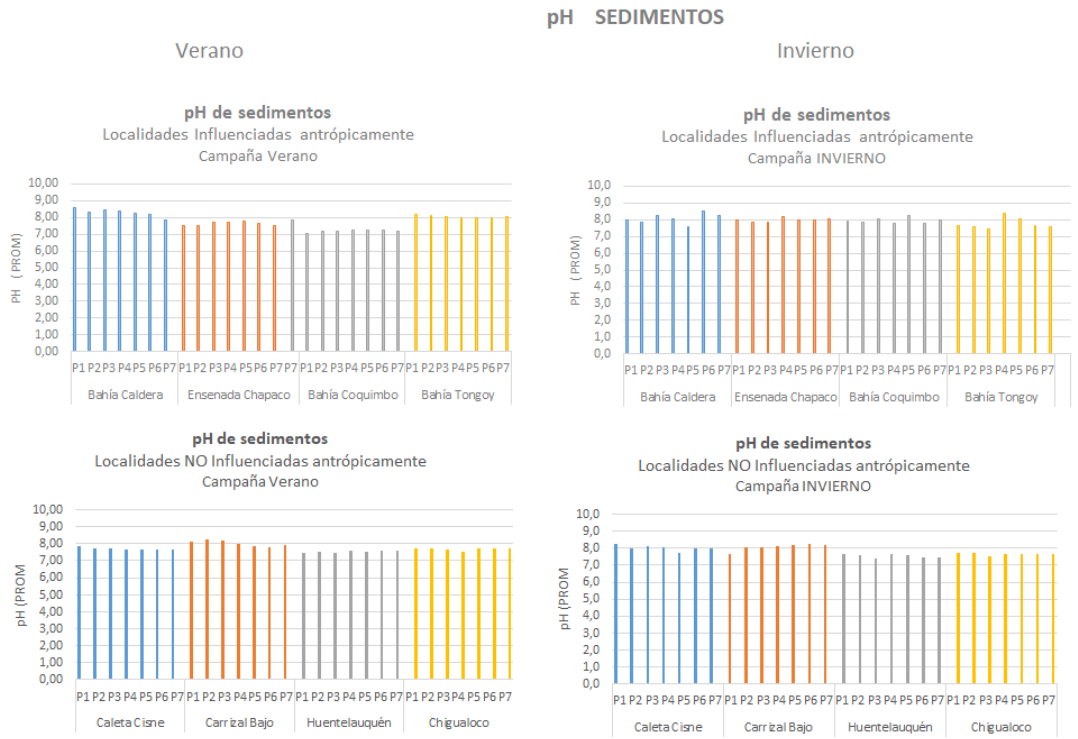


Figura 65. Promedio de parámetros pH de los sedimentos marinos en áreas Influenciadas y No influenciada, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

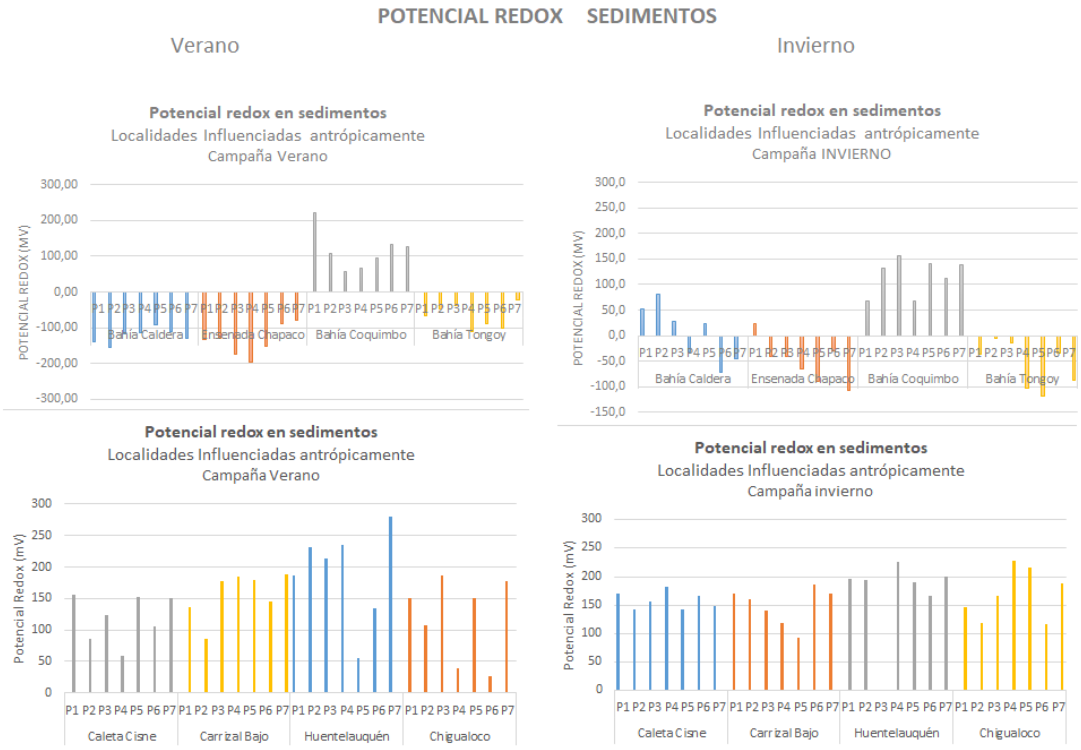


Figura 66. Promedio de parámetros potencial redox de los sedimentos marinos en áreas Influenciadas y No influenciada, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Análisis de Laboratorio
Areas Influenciadas

La bahía de Caldera se destaca por la presencia de sedimentos de color grafito y un leve olor a H_2S, conocido comúnmente como "huevo podrido", Además, se observaron valores negativos de potencial de óxido-reducción (ver Figura 66), En cuanto a los análisis granulométricos, se encontró un promedio de arena fina en todas las estaciones y durante ambas campañas, con una clasificación "moderadamente bien clasificada" (ver Tablas 35-36), En cuanto a la materia orgánica, durante el verano, los valores oscilaron entre 0,36% y 0,98% para las estaciones P2 y P3, respectivamente, Durante el invierno, estos valores variaron de 0,41% a 0,73%, con un promedio ligeramente menor.

Tabla 35. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Bahía Caldera, durante la campaña de verano 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Bahía Caldera						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,5	9,23	3,36	2,91	4,18	2,32	0,00	0,00
	0,25	34,38	31,65	19,32	24,7	13,19	23,35	36,4
	0,125	53,6	62,17	66,64	61,3	61,92	71,69	52,44
	0,063	0,96	1,52	9,49	8,37	20,29	4,16	9,16
	<0,063	1,83	1,3	1,65	1,46	2,28	0,8	2,01
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	2,33	2,40	2,5	2,45	2,96	2,48	2,43
	Clasificación	0,65	0,52	0,62	0,65	0,64	0,48	0,65
	Sesgo	-0,54	-0,50	-0,27	-0,27	0,25	-0,53	-0,19
	Curtosis	0,86	0,62	2,34	0,98	2,24	1,56	0,91
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena fina	Arena fina	Arena fina	Arena fina	Arena fina	Arena fina	Arena fina
	Clasificación	Moderadamente bien clasificado	Moderadamente bien clasificado	Moderadamente bien clasificado	Moderadamente bien clasificado	Moderadamente bien clasificado	Moderadamente clasificada	Moderadamente bien clasificado
	Sesgo	Muy Grueso sesgado	Muy Grueso sesgado	Grueso Sesgado	Grueso Sesgado	Fino sesgado	Muy Grueso sesgado	Grueso Sesgado
	Curtosis	Platicurtica	Muy Platicurtica	Muy Leptocurtica	Mesocurtica	Muy Leptocurtica	Muy leptocurtica	Mesocurtica
Materia orgánica	MOT %	0,83	0,36	0,98	0,37	0,86	0,52	0,82

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 36. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Bahía Caldera, durante la campaña de invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Bahía Caldera						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,5	12,33	5,36	2,91	5,02	3,34	0,00	0,00
	0,25	44,83	31,65	22,45	29,4	11,91	28,55	38,4
	0,125	73,6	84,17	78,48	72,4	64,6	62,91	62,44
	0,063	0,96	0,92	8,54	8,37	18,45	3,64	8,34
	<0,063	0,03	0,53	1,4	1,01	1,18	0,7	1,06
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	2,01	2,17	2,33	2,22	2,58	2,22	2,20
	Clasificación	0,75	0,62	0,66	0,72	0,70	0,60	0,70
	Sesgo	-0,27	-0,29	-0,13	-0,16	0,03	-0,22	-0,06
	Curtosis	0,89	0,92	1,34	1,08	1,41	0,88	0,96
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina
	Clasificación	Moderadamente Clasificado	Moderadamente Bien Clasificado	Moderadamente Bien Clasificado	Moderadamente Clasificado	Moderadamente Bien Clasificado	Moderadamente Bien Clasificado	Moderadamente Clasificado
	Sesgo	Grueso sesgado	Grueso sesgado	Grueso sesgado	Grueso sesgado	Simétrico	Grueso sesgado	Simétrico
	Curtosis	Platicúrtico	Mesocúrtico	Leptokurtic	Mesocúrtico	Leptokurtic	Platicúrtico	Mesocúrtico
Materia orgánica	MOT %	0,67	0,41	0,64	0,58	0,73	0,62	0,67

En Ensenada Chapaco, se observaron sedimentos compuestos principalmente por fango de color grafito, con un leve olor a H_2S y se registraron valores promedio negativos de potencial de óxido-reducción (ver Figura 66). En cuanto a los análisis granulométricos realizados, durante el verano se encontró un promedio de limo grueso en todas las estaciones, mientras que en la campaña de invierno el promedio correspondió a limo muy grueso, con una distribución de frecuencia platicúrtica durante ambas campañas.

Respecto a la materia orgánica, tanto en verano como en invierno, los valores se mantuvieron por encima del 1% en todas las estaciones, alcanzando un máximo de 1,91% en verano y 1,97% en invierno (ver Tablas 37-38).

Tabla 37**.** Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Ensenada Chapaco, durante campaña de verano 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Ensenada Chapaco						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,00	0,00
	0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,00	0,00
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,00	0,00
	0,125	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,00	0,00
	0,063	1,02	3,58	2,53	1,01	2,31	1,95	1,62
	<0,063	98,98	96,54	97,65	99,03	98,08	98,32	99,31
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	5,97	5,92	5,942	5,974	5,97	5,95	5,962
	Clasificación	1,23	1,27	1,253	1,229	1,23	1,24	1,239
	Sesgo	0,01	0,00	0,007	0,011	0,01	0,01	0,010
	Curtosis	0,72	0,73	0,728	0,721	0,72	0,73	0,724
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Limo Grueso	Limo Grueso	Limo Grueso	Limo Grueso	Limo Grueso	Limo Grueso	Limo Grueso
	Clasificación	Pobremente clasificado	Pobremente clasificado	Pobremente clasificado	Pobremente clasificado	Pobremente clasificado	Pobremente clasificado	Pobremente clasificado
	Sesgo	Simétrico	Simétrico	Simétrico	Simétrico	Simétrico	Simétrico	Simétrico
	Curtosis	Platicurtica	Platicurtica	Platicurtica	Platicurtica	Platicurtica	Platicurtica	Platicurtica
Materia orgánica	MOT %	1,02	1,71	1,58	1,54	1,12	1,91	1,35

Tabla 38**.** Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Ensenada Chapaco, durante campaña de invierno 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Ensenada Chapaco						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,125	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,063	1,14	1,16	1,76	1,81	1,65	1,43	1,68
	<0,063	98,78	98,74	98,59	98,33	98,81	98,33	98,71
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49
	Clasificación	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
	Sesgo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Curtosis	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Limo muy grueso	Limo muy grueso	Limo muy grueso	Limo muy grueso	Limo muy grueso	Limo muy grueso	Limo muy grueso
	Clasificación	Muy Bien Clasificada	Muy Bien Clasificada	Muy Bien Clasificada	Muy Bien Clasificada	Muy Bien Clasificada	Muy Bien Clasificada	Muy Bien Clasificada
	Sesgo	Simétrico	Simétrico	Simétrico	Simétrico	Simétrico	Simétrico	Simétrico
	Curtosis	Platicúrtico	Platicúrtico	Platicúrtico	Platicúrtico	Platicúrtico	Platicúrtico	Platicúrtico
Materia orgánica	MOT %	1,74	1,97	1,97	1,49	1,79	1,89	1,94

En la Bahía de Coquimbo, los sedimentos se caracterizaron por estar compuestos principalmente de arena fina de color café y no presentaron olor, registrando valores promedio positivos de potencial de óxido-reducción (ver Figura 66). Respecto a los análisis granulométricos realizados durante ambas campañas, se observó un promedio de arena fina en todas las estaciones, y las distribuciones de frecuencia predominaron entre Mesocurtica y Leptocurtica. En cuanto a la materia orgánica, los valores estuvieron por encima del 1% en todas las estaciones, alcanzando un máximo de 1,79% en verano y 1,52% en invierno (Tabla 39-40).

Tabla 39. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Bahía Coquimbo, durante campaña de verano 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Bahía Coquimbo						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,72	0,00
	0,25	22,90	30,89	26,68	25,64	22,63	37,94	24,64
	0,125	69,29	57,86	53,60	59,11	65,41	56,34	59,79
	0,063	3,10	9,94	16,08	12,92	11,01	0,53	12,82
	<0,063	4,71	1,31	3,65	2,33	0,95	3,47	2,76
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	2,49	2,45	2,70	2,50	2,50	2,38	2,51
	Clasificación	0,63	0,64	0,81	0,64	0,61	0,52	0,64
	Sesgo	-0,22	-0,22	0,02	-0,22	-0,25	-0,45	-0,22
	Curtosis	2,52	0,94	0,99	1,01	2,24	0,60	2,14
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina
	Clasificación	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente bien clasificada	Bien Clasificada	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente bien clasificada
	Sesgo	Sesgo Gruesos	Sesgo Gruesos	Simétrico	Sesgo Gruesos	Sesgo Gruesos	Sesgo Muy Grueso	Sesgo Gruesos
	Curtosis	Muy Leptocurtica	Mesocurtica	Mesocurtica	Mesocurtica	Muy Leptocurtica	Muy Platicurtica	Muy Leptocurtica
Materia orgánica	MOT %	1,63	1,19	1,79	1,06	1,76	1,14	1,45

Tabla 40. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Bahía Coquimbo, durante campaña de invierno 2022.Proyecto FIPA AMBI 2018-21,

Metodología	Parámetros	Bahía Coquimbo						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,72	0,00
	0,25	28,90	35,54	28,76	27,43	32,47	41,47	38,65
	0,125	65,32	62,52	61,28	64,23	60,51	51,02	66,29
	0,063	2,97	6,74	12,08	10,54	9,43	1,87	7,11
	<0,063	2,86	2,18	2,55	1,93	0,87	0,59	1,54
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	2,24	2,21	2,31	2,31	2,24	2,06	2,20
	Clasificación	0,64	0,71	0,74	0,71	0,71	0,64	0,69
	Sesgo	-0,14	-0,06	-0,05	-0,06	-0,07	-0,09	-0,08
	Curtosis	1,02	1,01	1,18	1,22	1,03	0,75	0,96
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina
	Clasificación	Moderadamente Bien Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Bien Clasificada	Moderadamente Bien Clasificada
	Sesgo	Sesgo Gruesos	Simétrico	Simétrico	Simétrico	Simétrico	Simétrico	Simétrico
	Curtosis	Mesocúrtico	Mesocúrtico	Leptocúrtico	Leptocúrtico	Mesocúrtico	Platicúrtico	Mesocúrtico
Materia orgánica	MOT %	1,36	1,06	1,52	1,13	1,46	1,28	1,31

En la bahía Tongoy, se caracterizó por sedimentos compuesto de arena fina y Fango de color café y en algunas estaciones olor de H_2S, presentando valores promedios positivos de potencial de óxido reducción (Figura 66). Por otra parte, los análisis granulométricos durante ambas campañas indican un promedio de arena fina en todas sus estaciones, mientras que la distribución de frecuencia dominó leptocurtica, Los valores de materia orgánica no superaron el 1% en todas las estaciones con un máximo de 0,85% durante la campaña de verano y 0,87% durante invierno (Tabla 41-42),

Tabla 41**.** Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Bahía Tongoy, durante campaña de verano 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Bahía Tongoy						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,5	13,38	13,83	0,00	0,00	5,14	1,81	0,00
	0,25	9,46	14,02	19,78	27,57	11,60	39,89	15,75
	0,125	61,08	59,43	55,69	29,83	65,94	55,25	60,60
	0,063	13,79	11,63	23,58	41,14	16,30	0,56	23,28
	<0,063	2,30	1,08	0,94	1,45	1,02	2,50	0,38
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	2,61	2,40	2,77	2,82	2,74	2,37	2,96
	Clasificación	0,95	0,83	0,78	0,86	0,82	0,52	0,63
	Sesgo	-0,21	-0,42	0,01	-0,08	-0,11	-0,43	0,25
	Curtosis	3,05	1,29	1,98	0,56	2,96	0,59	2,11
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina
	Clasificación	Moderadamente clasificado	Moderadamente clasificado	Moderadamente clasificado	Moderadamente clasificado	Moderadamente clasificado	Moderadamente bien clasificado	Moderadamente bien clasificado
	Sesgo	Sesgo Grueso	Sesgo Muy Grueso	Simétrico	Simétrico	Sesgo Grueso	Sesgo Muy Grueso	Sesgo Fino
	Curtosis	Extremadamente Leptocurtica	Leptocurtica	Muy Leptocurtica	Muy Leptocurtica	Muy Leptocurtica	Muy Platicurtica	Muy Leptocurtica
Materia orgánica	MOT %	0,69	0,75	0,77	0,85	0,70	0,71	0,75

Tabla 42. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área Influenciada de Bahía Tongoy, durante campaña de invierno 2022.Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Bahía Tongoy						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,5	9,32	14,17	2,65	3,34	2,14	5,58	4,43
	0,25	11,63	16,87	24,45	32,17	15,31	41,34	17,63
	0,125	61,43	64,54	66,14	55,17	78,32	59,83	64,70
	0,063	9,54	7,15	12,97	9,14	11,93	1,98	17,34
	<0,063	1,13	0,07	0,64	0,73	0,67	0,45	0,29
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	2,28	2,10	2,31	2,18	2,47	2,05	2,40
	Clasificación	0,84	0,87	0,72	0,75	0,60	0,66	0,74
	Sesgo	-0,26	-0,35	-0,11	-0,08	-0,03	-0,16	-0,10
	Curtosis	1,69	1,16	1,26	0,97	1,41	0,76	1,35
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina
	Clasificación	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Bien Clasificada	Moderadamente Bien Clasificada	Moderadamente Clasificada
	Sesgo	Sesgo Gruesos	Sesgo Muy Gruesos	Simétrico	Simétrico	Simétrico	Sesgo Gruesos	Sesgo Gruesos
	Curtosis	Muy Leptocúrtico	Leptocúrtico	Leptocúrtico	Mesocúrtico	Leptocúrtico	Platicúrtico	Leptocúrtico
Materia orgánica	MOT %	0,71	0,86	0,87	0,84	0,85	0,81	0,77

Areas No Influenciadas

En la Bahía Cisne, los sedimentos se caracterizaron por estar compuestos principalmente de arena fina de color café claro, sin presentar olor y registraron valores promedio positivos de potencial de óxido-reducción (ver Figura 66). En cuanto a los análisis granulométricos realizados, para ambas campañas, se encontró un promedio de arena fina a muy fina, y la distribución de frecuencia predominó durante verano la condición Mesocurtica (3 de 6 estaciones). Respecto a la materia orgánica, los valores no superaron el 0,33% en todas las estaciones, durante el verano y 0,16% durante el invierno, presentando en este último una ligera disminución en el promedio (Tabla 43-44),

Tabla 43. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Bahía Cisne, durante campaña de verano 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Bahía Cisne						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,5	0,55	1,30	0,00	3,54	7,56	6,33	4,64
	0,25	3,69	6,58	4,96	13,76	13,94	4,39	19,62
	0,125	63,26	64,06	59,13	52,12	51,47	53,13	50,48
	0,063	31,93	27,72	33,23	29,61	26,10	35,20	24,86
	<0,063	0,14	0,34	2,68	0,97	0,94	0,95	0,40
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	3,05	3,02	3,08	2,83	2,75	3,05	2,73
	Clasificación	0,51	0,61	0,53	0,80	0,94	0,77	0,83
	Sesgo	0,50	0,27	0,48	-0,01	-0,14	0,08	-0,03
	Curtosis	0,62	0,95	0,61	0,95	1,26	1,22	0,98
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena Muy Fina	Arena fina	Arena fina	Arena Fina	Arena fina
	Clasificación	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente clasificada	Moderadamente clasificada	Moderadamente clasificada
	Sesgo	Sesgo muy Fino	Sesgo Fino	Sesgo muy Fino	Simétrico	Sesgo Grueso	Simétrico	Simétrico
	Curtosis	Muy Platicurtica	Mesocurtica	Muy Platicurtica	Mesocurtica	Leptocurtica	Leptocurtica	Mesocurtica
Materia orgánica	MOT %	0,29	0,28	0,26	0,31	0,33	0,30	0,28

Tabla 44. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Bahía Cisne, durante campaña de invierno 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Bahía Cisne						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,5	0,0	0	0,00	0	0	5,15	6,29
	0,25	4,76	9,82	3,61	7,37	9,16	6,87	10,76
	0,125	72,43	71,24	74,54	70,38	72,62	73,87	74,28
	0,063	14,69	8,87	14,73	17,54	18,82	15,30	13,76
	<0,063	0,14	0,29	0,65	0,74	0,76	0,45	0,56
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	2,57	2,50	2,59	2,62	2,62	2,53	2,48
	Clasificación	0,48	0,53	0,48	0,58	0,60	0,64	0,67
	Sesgo	0,15	0,00	0,18	0,12	0,10	-0,07	-0,09
	Curtosis	1,11	1,33	1,11	1,27	1,30	1,61	1,62
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina
	Clasificación	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Bien Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Bien Clasificada	Moderadamente Bien Clasificada	Moderadamente Bien Clasificada	Moderadamente Bien Clasificada
	Sesgo	Sesgo Fino	Simétrico	Sesgo Fino	Sesgo Fino	Simétrico	Simétrico	Simétrico
	Curtosis	Leptocúrtico	Leptocúrtico	Leptocúrtico	Leptocúrtico	Leptocúrtico	Muy Leptocúrtico	Muy Leptocúrtico
Materia orgánica	MOT %	0,13	0,12	0,14	0,15	0,12	0,15	0,16

En Carrizal Bajo, los sedimentos estuvieron compuestos principalmente por arena de textura media a gruesa de color gris, sin presentar olor, y mostraron valores promedio positivos de potencial de óxido-reducción (ver Figura 66). Según los análisis granulométricos realizados, se observó un promedio de arena de textura media a gruesa, y la distribución de frecuencia predominó en la condición leptocúrtica (3 de 7 estaciones). En cuanto a la materia orgánica, durante el verano e invierno los valores no superaron el 1%, a excepcion de la estación P6 de la campaña de verano que alcanzo una concentración máxima de 1,14%, mientras que durante el invierno la concentración más alta fue de de 0,54% (ver Tabla 45-46).

Tabla 45. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Carrizal Bajo, durante campaña de verano 2022, Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Carrizal Bajo						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	5,23	32,51	29,25	6,79	3,21	25,63	30,49
	1	10,35	34,20	32,50	5,76	9,92	38,09	37,69
	0,5	24,17	14,46	16,51	32,80	33,85	18,78	15,98
	0,25	47,90	8,92	12,86	47,72	44,76	12,98	12,82
	0,125	9,92	7,05	6,24	3,89	6,71	1,40	2,10
	0,063	1,80	1,08	1,50	2,09	1,37	1,14	0,15
	<0,063	0,63	1,77	1,15	0,96	0,17	1,99	0,77
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	1,36	0,06	0,11	1,33	1,33	0,07	-0,16
	Clasificación	0,95	1,37	1,37	0,92	0,82	1,19	1,06
	Sesgo	-0,43	0,38	0,35	-0,43	-0,34	0,27	0,20
	Curtosis	1,35	0,92	0,87	1,41	1,12	0,76	0,76
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena Media	Arena Gruesa	Arena Gruesa	Arena Media	Arena Media	Arena Gruesa	Arena muy gruesa
	Clasificación	Moderadamente clasificada	Pobremente clasificada	Pobremente clasificada	Moderadamente clasificada	Moderadamente clasificada	Pobremente clasificada	Pobremente clasificada
	Sesgo	Sesgo Muy grueso	Sesgo muy fino	Sesgo muy fino	Sesgo muy grueso	Sesgo muy grueso	Sesgo fino	Sesgo fino
	Curtosis	Leptocurtica	Mesocurtica	Platicurtica	Leptocurtica	Leptocurtica	Platicurtica	Platicurtica
Materia orgánica	MOT %	0,77	1,02	0,51	0,32	0,93	1,14	0,71

Tabla 46. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Carrizal Bajo, durante campaña de invierno 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Carrizal Bajo						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	3,47	3,76	3,76	3,68	3,53	5,77	3,84
	1	15,64	15,65	12,65	12,65	12,46	14,54	17,54
	0,5	34,16	31,76	35,76	36,63	38,62	32,53	36,76
	0,25	57,14	56,14	57, 65	58,08	57,96	58,54	55,87
	0,125	5,43	6,53	5,65	5,76	6,75	6,76	6,65
	0,063	0	0	0	0	0	0	0
	<0,063	0	0	0	0	0	0	0
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	0,94	0,94	0,98	0,98	0,98	0,93	0,90
	Clasificación	0,88	0,92	0,86	0,86	0,87	0,94	0,92
	Sesgo	-0,30	-0,29	-0,29	-0,28	-0,24	-0,31	-0,26
	Curtosis	0,90	0,93	0,93	0,93	0,96	0,96	0,91
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena Gruesa	Arena Gruesa	Arena Gruesa	Arena Gruesa	Arena Gruesa	Arena Gruesa	Arena Gruesa
	Clasificación	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Clasificada
	Sesgo	Sesgo Grueso	Sesgo Grueso	Sesgo Grueso	Sesgo Grueso	Sesgo Grueso	Sesgo Muy Grueso	Sesgo Grueso
	Curtosis	Platicúrtica	Mesocúrtico	Mesocúrtico	Mesocúrtico	Mesocúrtico	Mesocúrtico	Mesocúrtico
Materia orgánica	MOT %	0,45	0,42	0,41	0,44	0,45	0,54	0,47

En Huentelauquén, los sedimentos estuvieron mayormente compuestos por arena fina de color gris, sin olor, y mostraron valores promedio positivos de potencial de óxido-reducción (ver Figura 66). Respecto a los análisis granulométricos realizados, se encontró un promedio de arena fina durante ambas campañas, y la distribución de frecuencia predominó en la condición muy leptocúrtica (7 de 7 estaciones) durante el verano, mientras que durante el invierno la distribución fue mayormente mesocúrtica (5 de 7 estaciones). En cuanto a la materia orgánica, registró su mayor concentración durante verano fue de 0,37% y 0,25% en dos estaciones durante el invierno (Tabla 47-48).

Tabla 47. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Huentelauquén, durante campaña de verano 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Huentelauquén						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,5	12,21	4,38	0,00	2,91	4,01	2,08	0,00
	0,25	30,48	34,13	5,22	19,32	5,48	17,78	19,40
	0,125	44,93	57,98	71,86	66,64	72,78	65,90	71,04
	0,063	8,60	0,96	21,92	9,49	15,75	12,26	6,42
	<0,063	3,79	2,55	1,00	1,65	1,98	1,98	3,15
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	2,36	2,38	3,00	2,50	2,94	2,53	2,52
	Clasificación	0,84	0,53	0,56	0,62	0,60	0,62	0,60
	Sesgo	-0,29	-0,47	0,34	-0,27	0,24	-0,25	-0,24
	Curtosis	1,15	0,60	2,15	2,34	2,61	2,35	2,45
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena fina	Arena fina	Arena fina	Arena fina	Arena fina	Arena fina	Arena fina
	Clasificación	Moderadamente clasificado	Moderadamente bien clasificado	Moderadamente bien clasificado	Moderadamente bien clasificado	Moderadamente bien clasificado	Moderadamente bien clasificado	Moderadamente bien clasificado
	Sesgo	Sesgo Grueso	Sesgo muy grueso	Sesgo muy fino	Sesgo grueso	Sesgo fino	Sesgo grueso	sesgo Grueso
	Curtosis	Leptocurtica	Muy Leptocurtica	Muy Leptocurtica	Muy Leptocurtica	Muy Leptocurtica	Muy Leptocurtica	Muy Leptocurtica
Materia orgánica	MOT %	0,32	0,19	0,36	0,25	0,24	0,37	0,22

Tabla 48. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Huentelauquén, durante campaña de invierno 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Huentelauquén						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,5	7,23	7,43	6,53	7,53	6,54	6,54	6,42
	0,25	31,23	32,65	28,65	27,65	26,73	27,23	28,76
	0,125	65,12	67,65	64,76	64,76	68,65	68,65	68,65
	0,063	2,54	2,87	4,65	4,54	3,65	4,65	3,65
	<0,063	0,65	0,43	0,65	0,65	0,54	0,75	0,35
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	2,11	2,11	2,15	2,14	2,16	2,17	2,15
	Clasificación	0,71	0,70	0,70	0,72	0,68	0,69	0,68
	Sesgo	-0,29	-0,29	-0,29	-0,31	-0,31	-0,30	-0,30
	Curtosis	0,90	0,90	0,92	0,95	0,96	0,95	0,92
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina
	Clasificación	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Bien Clasificada	Moderadamente Clasificada	Moderadamente Bien Clasificada	Moderadamente Bien Clasificada	Moderadamente Bien Clasificada
	Sesgo	Sesgo grueso	Sesgo grueso	Sesgo grueso	Sesgo Muy grueso	Sesgo Muy grueso	Sesgo Muy grueso	Sesgo grueso
	Curtosis	Platicúrtica	Platicúrtica	Mesocúrtico	Mesocúrtico	Mesocúrtico	Mesocúrtico	Mesocúrtico
Materia orgánica	MOT %	0,24	0,25	0,25	0,24	0,22	0,23	0,22

El área de la localidad de Chigualoco, se caracterizó por la presencia de sedimentos compuestos principalmente por arena fina, durante ambas campañas su color fue café claro, sin detectarse olor, y con valores promedio positivos de potencial de óxido-reducción (ver Figura 66). Respecto a los análisis granulométricos realizados durante ambas campañas, se encontró un promedio de arena muy fina, durante verano y arena fina durante invierno mientras que la distribución de frecuencia predominó en la condición mesocúrtica (4 de 7 estaciones) durante el verano y leptocúrtica durante el invierno (4 de 7 estaciones). En cuanto a la materia orgánica, los valores no superaron el 1%, alcanzando un máximo de 0,94% durante el verano y 0,64% durante el invierno (Tabla 49-50).

Tabla 49. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Chigualoco, durante campaña de verano 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Chigualoco						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,5	0,56	1,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,25	12,94	6,47	8,93	11,14	10,86	3,99	2,05
	0,125	67,58	66,83	59,21	56,95	62,48	60,72	65,24
	0,063	17,03	22,10	27,98	29,46	25,16	32,03	31,86
	<0,063	1,89	3,33	3,88	2,45	1,50	3,25	2,16
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	2,94	3,01	3,05	3,03	3,00	3,08	2,84
	Clasificación	0,60	0,62	0,64	0,65	0,63	0,53	0,61
	Sesgo	0,26	0,30	0,27	0,25	0,26	0,49	0,23
	Curtosis	2,34	1,01	0,91	0,92	0,98	0,62	0,83
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena Fina	Arena Muy fina	Arena Muy fina	Arena Muy fina	Arena Muy fina	Arena Muy fina	Arena Fina
	Clasificación	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente bien clasificada	Moderadamente bien clasificada
	Sesgo	Sesgo Fino	Sesgo Fino	Sesgo Fino	Sesgo Fino	Sesgo Fino	Sesgo muy Fino	Sesgo Fino
	Curtosis	Muy Leptocurtica	Mesocurtica	Mesocurtica	Mesocurtica	Mesocurtica	Muy Platicurtica	Platicurtica
Materia orgánica	MOT %	0,28	0,89	0,72	0,88	0,67	0,90	0,94

Tabla 50. Análisis granulométrico del sedimento y estadígrafos método Folk y Ward de los sedimentos marinos en el área No Influenciada de Chigualoco, durante campaña de invierno 2022. Proyecto FIPA AMBI 2018-21.

Metodología	Parámetros	Chigualoco						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
		Fracciones en gramos						
Abertura de tamaño de Tamices (mm)	**2**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,5	2,54	2,87	3,54	3,76	3,07	3,17	3,15
	0,25	8,62	7,76	7,54	6,65	4,65	4,87	7,65
	0,125	78,21	70,12	71,14	72,14	72,76	72,65	71,66
	0,063	11,14	12,65	9,54	9,14	8,24	9,12	09,26
	<0,063	0	0	0	0	0	0	0
Estadígrafos método Folk y Ward (phi)	Promedio	2,50	2,17	2,49	2,49	2,50	2,51	2,49
	Clasificación	0,56	0,69	0,58	0,57	0,53	0,55	0,57
	Sesgo	-0,04	-0,30	-0,07	-0,08	-0,06	-0,05	-0,06
	Curtosis	1,44	0,95	1,51	1,53	1,45	1,48	1,48
Estadígrafos método Folk y Ward (Descripción)	Promedio	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina
	Clasificación	Moderadamente bien Clasificada	Moderadamente bien Clasificada	Moderadamente bien Clasificada	Moderadamente bien Clasificada	Moderadamente bien Clasificada	Moderadamente bien Clasificada	Moderadamente bien Clasificada
	Sesgo	Simétrica	Sesgo muy Grueso	Simétrica	Simétrica	Simétrica	Simétrica	Simétrica
	Curtosis	Leptocúrtica	Mesocúrtica	Muy Leptocúrtica	Muy Leptocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica
Materia orgánica	MOT %	0,45	0,57	0,64	0,43	0,54	0,63	0,57

Metales Pesados en sedimentos

Arsénico

Las concentraciones de arsénico estuvieron presentes sobre el límite de detección del método en todas las localidades del estudio, durante las dos estaciones contrastantes verano e invierno 2022.

Las áreas influenciadas presentaron concentraciones que fluctuaron entre 3,30 mg/Kg (P3-Ver22) y 4,6 mg/Kg (P2-Ver22) en Bahía Caldera; entre 3,33 mg/Kg (P2-Ver22 y P7-Inv22) y 9,5 mg/Kg (P6-Inv22) en Bahía Tongoy; entre 6,0 mg/Kg (P2-Ver22) y 9,0 mg/Kg (P6-Ver22) en Bahía Coquimbo, Por su parte, Ensenada Chapaco presentó las mayores concentraciones con valores entre 18,8 mg/Kg (P2-Inv22) y 35,2 mg/Kg (P5-Ver22). En general se observó para ambas campañas el mismo patrón de concentraciones presentando valores similares, siendo levementes más altos durante la campaña de verano (Tabla 51).

Las áreas no influenciadas, durante la campaña de verano, registraron los valores más bajos en la localidad de Chigualoco entre 1,9 mg/Kg (P3-Ver22) y 2,7 mg/Kg (P4 y P7 Ver22), seguido de Caleta Cisne donde su rango fue entre 3,2 mg/kg (P2-Inv22) y 4,6 mg/Kg (P6-Ver22) y la localidad de Huentelauquén que registro un rango entre 4,5 mg/Kg(P6-Inv22) y 10,3 mg/Kg (P6-Ver22). Por su parte la localidad de Carrizal Bajo que fluctuó entre 4,2 mg/Kg (P5-Inv22) y 11,0 mg/Kg (P1yP7 Inv22) siendo este último registro el mayor valor de arsénico para las localidades denominadas áreas no influenciadas (Tabla 51, Figura 67 y 68).

Al comparar los resultados obtenidos con normativa internacional es posible indicar que la localidad Ensenada Chapaco y Bahía de Coquimbo presentaron el 100 % y 57% de las muestras con valores sobre el ISGQ (Interim Sediments Quality Guidelines) respectivamente, que corresponden a los niveles en los que el parámetro raramente provocaría efectos adversos en la biota. Por su parte, en aquellas catalogadas como no influenciadas Carrizal Bajo y Huentelauquén presentaron un 64% y 21% de las muestras con valores sobre el ISGQ (Interim Sediments Quality Guidelines) respectivamente.

No se reportaron muestras que superen el límite PEL (Probable Effect Levels), que corresponde a las concentraciones que frecuentemente provocarían efectos adversos en la biota (Anexo 7).

Tabla 51. Concentración de Arsénico (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente. Sedimentos marinos, Durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Condición	Localidad	Estaciones de muestreo													
		Arsénico (mg/kg)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	4,3	3,3	4,6	3,6	3,0	3,5	4,5	4,4	4,2	3,7	3,3	3,6	4,0	3,9
	Ensenada Chapaco	21,1	20,0	23,9	18,8	22,4	22,8	26,7	23,9	35,2	19,4	20,7	26,9	19,0	23,2
	Bahía Coquimbo	8,0	5,7	6,0	6,2	6,6	7,8	6,1	8,6	8,2	8,4	9,0	8,0	8,0	8,8
	Bahía Tongoy	4,1	3,8	3,3	4,6	3,7	4,1	4,9	3,8	4,1	5,6	4,8	9,5	3,3	4,4
No Influenciada	Caleta Cisne	3,5	3,7	4,0	3,2	3,9	3,8	4,1	4,4	4,4	3,9	4,6	4,1	4,5	4,0
	Carrizal Bajo	7,1	11,0	8,5	8,1	8,9	10,3	5,7	4,7	7,5	4,2	9,4	6,2	7,5	11,0
	Huentelauquén	6,6	5,0	5,6	4,7	8,5	6,1	5,5	5,2	8,1	5,3	10,3	4,5	4,8	4,8
	Chigualoco	2,3	2,1	2,2	2,0	1,9	2,0	2,7	2,6	2,0	2,2	2,6	2,1	2,7	2,0

Cadmio

Las concentraciones en sedimentos de Cadmio, para las campañas de invierno y verano, en la mayoría de las localidades no influenciadas estuvieron bajo el límite de detección del método (<0,088), a excepción de Caleta Cisne con valores de 0,09 mg/Kg (P6-Inv22) y 4,4 mg/Kg (P4-Inv22) y Carrizal Bajo, esta última registró valores por sobre los limites de detección, sólo durante la campaña de invierno con un rango entre 4,2 mg/Kg (P5-Inv22) y 11,04 4,2 mg/Kg (P7-Inv22),

Por su parte, de las localidades influenciadas, Bahía Caldera y Bahía Tongoy fueron las que presentaron mayores concentraciones durante ambas campañas, sin embargo, no superando el mayor valor reporatado en Caleta Cisnes (No Influenciado antropogénicamente) (Tabla 52 y Figura 67 y 68),

Al comparar los resultados obtenidos con normativa internacional es posible indicar que las localidades catalogadas como influenciadas, Bahía Caldera y Bahía Tongoy presentarón el 100 % y 86% de las muestras con valores sobre el ISGQ (Interim Sediments Quality Guidelines) respectivamente, que corresponden a los niveles en los que los parámetros raramente provocarían efectos adversos en la biota. Por su parte, en aquellas catalogadas como no influenciadas Caleta Cisne y Carrizal Bajo presentaron un

35% y 50% de las muestras con valores sobre el ISGQ (Interim Sediments Quality Guidelines) respectivamente.

No se reportaron muestras que superen el límite PEL (Probable Effect Levels), que corresponde a las concentraciones que frecuentemente provocarían efectos adversos en la biota (Anexo 7).

Tabla 52.Concentración de Cadmio (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente, Sedimentos marinos, Durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Condición	Localidad	Estaciones de muestreo													
		Cadmio (mg/kg)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	0,841	0,77	1,341	1,125	0,953	0,958	1,495	1,549	1,435	1,435	1,761	3,649	1,602	3,912
	Ensenada Chapaco	0,275	2,4	0,187	0,227	0,223	0,217	0,147	0,183	<0,088	0,216	0,113	0,293	0,2	0,192
	Bahía Coquimbo	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	0,16	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	0,104	0,104
	Bahía Tongoy	1,544	1,327	1,229	1,137	0,943	1,084	0,944	0,857	0,993	0,884	0,554	1,375	0,655	0,707
No Influenciada	Caleta Cisne	0,117	3,749	0,1	3,21	0,112	3,816	0,145	4,411	0,102	3,856	0,116	0,09	0,11	<0,088
	Carrizal Bajo	<0,088	11,022	<0,088	8,069	<0,088	10,309	<0,088	4,715	<0,088	4,235	<0,088	6,247	<0,088	11,04
	Huentelauquén	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088
	Chigualoco	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088	<0,088

Plomo

Las concentraciones de plomo en todas las localidades de estudio, durante ambas campañas, estuvieron sobre los límites de detección del método, registrándose las mayores concentraciones en Bahía Coquimbo (Influenciado Antropogenicamente) y Carrizal Bajo (No influenciado Antropogénicamente) con rangos entre 8,99 mg/Kg y 11,21 mg/Kg para Bahía Coquimbo y para Carrizal Bajo valores entre 5,57 mg/Kg y 9,23 mg/Kg (Tabla 53 y Figura 67 y 68).

Al comparar los resultados obtenidos con normativa internacional es posible indicar que ninguna de las localidades (influenciadas y no influenciadas) presentaron muestras con valores sobre el ISGQ (Interim Sediments Quality Guidelines), que corresponden a los niveles en los que el parámetro raramente provocarían efectos adversos en la biota y por lo tanto ninguna muestra supera el límite PEL (Probable Effect Levels), que corresponde a las concentraciones que frecuentemente provocarían efectos adversos en la biota(Anexo 7).

Tabla 53.Concentración de plomo (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente en sedimentos marinos, durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Condición	Localidad	Estaciones de muestreo													
		Plomo (mg/kg)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	1,36	1,25	1,64	1,48	1,6	1,37	2,58	2,29	2,18	2,12	3,22	2,89	3,15	2,7
	Ensenada Chapaco	3,14	3,48	2,68	3,2	2,77	3,03	2,33	3,11	1,56	3,04	3,58	2,58	3,23	3,02
	Bahía Coquimbo	10,57	8,99	10,73	8,54	10	9,55	10,11	10,27	11,13	9,63	11,14	9,89	11,21	10,28
	Bahía Tongoy	1,49	1,2	1,47	1,42	1,56	1,4	1,92	1,26	1,4	1,47	1,61	2,43	1,35	1,19
No Influenciada	Caleta Cisne	3,35	3,5	3,37	3,32	3,02	3,36	3,55	3,53	3,78	3,4	3,59	3,4	3,42	3,22
	Carrizal Bajo	8,76	8,87	7,93	9,23	8,67	7,27	6,58	6,58	7	5,71	8,84	5,57	7,92	8,95
	Huentelauquén	4,54	2,96	3,37	2,94	5,31	3,24	3,92	3,12	5,46	2,99	6,36	2,98	3,59	2,88
	Chigualoco	2,35	2,1	1,93	2,08	1,7	1,87	2,47	2,55	2,16	2,24	2,13	2,01	2,09	1,99

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

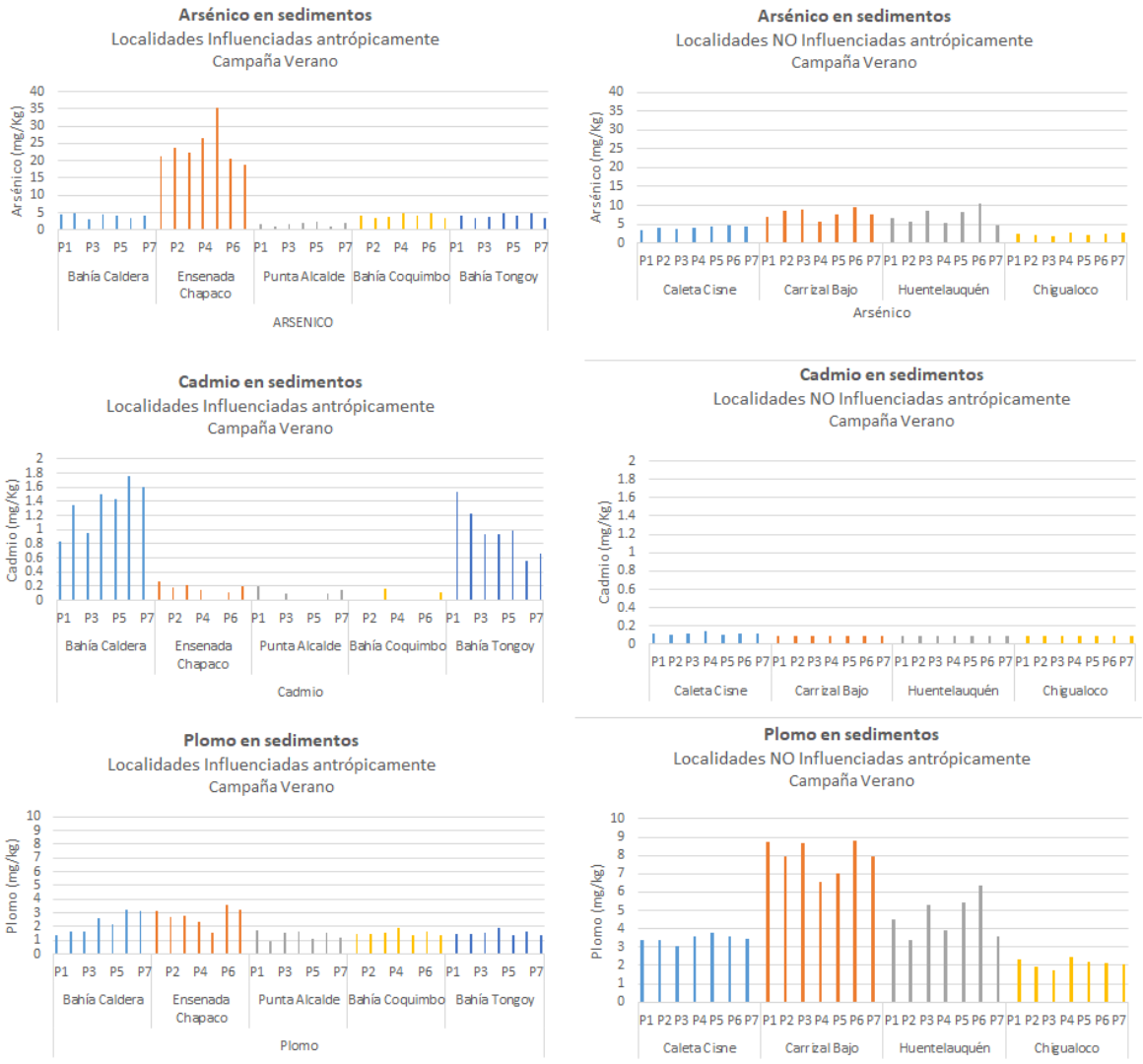


Figura 67. Parámetros químicos de laboratorio Arsénico, Cadmio y Plomo, en sedimentos marinos, durante campaña de verano 2022. Proyecto AMBI FIPA 2018-21.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Figura 68. Parámetros químicos de laboratorio Arsénico, Cadmio y Plomo, en sedimentos marinos, durante campaña de invierno 2022. Proyecto AMBI FIPA 2018-21.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Zinc

Las concentraciones de Zinc, durante ambas campañas, estuvieron sobre el límite de detección del método, en todas las áreas de estudio. La localidad que presentó las mayores concentraciones por sobre un orden de magnitud fue el área de Ensenada Chapaco con un rango entre 91,22 mg/Kg y 278,11 mg/Kg, seguido de Bahía Coquimbo con un rango entre 57,34 mg/Kg y 76,54 mg/Kg y Bahía Caldera con valores entre 12,80 mg/Kg y 29,09 mg/Kg. De las localidades catalogadas como "Influenciadas" Bahía Tongoy presentó las menores concentraciones con un rango entre 6,65 mg/Kg y 11,97 mg/Kg,

Las concentraciones de las áreas no influenciadas, tales como Huentelauquén, Caleta Cisne y Carrizal Bajo, presentaron concentraciones más altas en comparación al área influencidas Bahía Tongoy y Bahía Caldera (Tabla 54 y Figura 69 y 70).

Al comparar los resultados obtenidos con normativa internacional es posible indicar que la localidad de Ensenada Chapaco presentó el 92 % de las muestras con valores sobre el ISGQ (Interim Sediments Quality Guidelines), que corresponden a los niveles en los que los parámetros raramente provocarían efectos adversos en la biota. No se reportaron muestras que superen el límite PEL (Probable Effect Levels), que corresponde a las concentraciones que frecuentemente provocarían efectos adversos en la biota (Anexo 7).

Tabla 54.Concentración de zinc (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente en sedimentos marinos, durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Condición	Localidad	Estaciones de muestreo													
		Zinc (mg/kg)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	12,80	13,59	13,77	13,54	22,52	12,91	24,58	13,92	23,58	16,28	29,09	13,64	25,21	15,19
	Ensenada Chapaco	200,15	278,11	191,92	236,23	191,39	241,75	135,64	248,03	91,22	231,87	217,49	210,27	170,87	216,69
	Bahía Coquimbo	65,04	60,37	75,53	57,34	67,78	64,85	68,18	64,43	69,15	65,06	76,54	66,19	75,70	70,54
	Bahía Tongoy	10,36	6,65	10,45	8,69	11,22	11,62	11,54	9,52	10,29	8,92	11,97	18,66	9,90	8,56
No Influenciada	Caleta Cisne	34,20	27,04	32,32	27,24	28,99	28,87	32,48	28,38	35,21	30,67	36,02	29,97	33,83	24,08
	Carrizal Bajo	24,10	39,47	35,19	31,97	27,71	28,65	20,40	22,64	27,44	20,77	30,64	24,96	27,74	29,69
	Huentelauquén	43,63	37,45	43,25	41,01	47,51	40,46	48,02	38,47	48,07	40,73	57,18	40,38	43,34	47,12
	Chigualoco	13,75	14,02	13,11	12,37	12,76	14,53	14,60	15,01	12,31	13,38	15,04	16,73	15,74	14,29

Cobre

Las concentraciones de cobre en los sedimentos marinos de las áreas influenciadas y no influenciadas, estuvieron sobre los límites de detección del método, en ambas campañas. Las áreas influenciadas presentaron un amplio rango de concentración de cobre, siendo en varias localidades mayores que en las áreas no influenciadas. Ensenada Chapaco, presentó las mayores concentraciones fluctuando entre 97,83 mg/Kg a 196,71 mg/Kg; seguido de la localidad de Bahía de Coquimbo con valores entre 40,67 mg/Kg y 54,40 mg/Kg; los menores valores reportados en las localidades catalogadas como Influenciadas se registraron en la localidad de Bahía Tongoy con un rango entre 12,20 mg/Kg y 25,26 mg/Kg.

Las concentraciones en las zonas definidas como "No Influenciadas" variaron entre los valores reportados en las localidades de Chigualoco (4,58 mg/kg a 6,46 mg/kg) y lo reportado en la localidad de Carrizal Bajo (26,55 mg/kg a 111,28 mg/kg). Por su parte, los valores reportados para Caleta Cisnes y Huentelauquén fluctuaron entre 12,62 mg/kg y 30,67 mg/kg y 11,34 mg/kg y 41,5 mg/kg respectivamente (Tabla 55, Figura 69 y 70).

Al comparar los resultados obtenidos con normativa internacional es posible indicar que las localidades catalogadas como influenciadas, Bahía Caldera, Ensenada Chapaco, Bahía Coquimbo y Bahía Tongoy presentaron el 92 %, 100%, 100% y 1% de las muestras con valores sobre el ISGQ (Interim Sediments Quality Guidelines) respectivamente, que corresponden a los niveles en que los parámetros raramente provocarían efectos adversos en la biota. Por su parte, en aquellas catalogadas como no influenciadas Caleta Cisne, Carrizal Bajo y Huentelauquen, presentaron un 35%, 100% y 50% de las muestras con valores sobre el ISGQ (Interim Sediments Quality Guidelines) respectivamente.
Respecto al límite PEL (Probable Effect Levels), que corresponde a las concentraciones que frecuentemente provocarían efectos adversos en la biota, la localidad de Ensenada Chapaca (Influenciada) reporto el 100% de las muestras sobre el límite (Anexo 7)

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 55. Concentración de Cobre (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente, en sedimentos marinos, durante campaña de verano e invierno 2022, Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Condición	Localidad	Estaciones de muestreo													
		Cobre (mg/kg)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	16,30	19,75	23,81	32,32	22,51	25,06	36,85	35,99	30,85	33,72	42,43	38,67	42,24	39,24
	Ensenada Chapaco	138,69	139,58	126,55	137,09	150,48	152,10	113,91	163,85	97,83	128,94	149,93	174,72	196,71	137,97
	Bahía Coquimbo	40,84	42,90	43,97	42,42	40,67	45,20	41,12	52,15	40,78	49,15	45,11	52,01	47,91	54,40
	Bahía Tongoy	13,23	13,28	13,58	15,31	14,23	14,12	13,33	13,91	13,85	15,05	12,20	25,26	14,37	14,31
No Influenciada	Caleta Cisne	13,78	27,04	12,62	27,24	16,68	28,87	13,64	28,38	14,37	30,67	13,34	14,37	12,94	13,19
	Carrizal Bajo	79,54	85,90	82,36	76,93	105,95	61,83	38,09	111,28	57,94	26,55	101,02	35,22	89,97	74,61
	Huentelauquén	31,19	11,41	24,30	11,70	35,45	12,21	32,91	11,34	41,50	11,71	35,14	13,09	22,21	11,77
	Chigualoco	5,51	5,02	4,58	5,00	5,406	5,17	6,10	6,01	4,73	5,53	5,41	5,50	6,46	6,21

Hierro

Las concentraciones de Hierro, durante ambas campañas, estuvieron por sobre los límites de detección del método, siendo las localidades de Ensenada Chapaco, quien presenta un rango entre 56.293,34 – 41.252,9 mg/Kg, seguido por Huentelauquén (localidad no influenciada) y bahía Coquimbo (influenciado). Mientras que las concentraciones más bajas registradas se registraron en Bahía Caldera (influencida) y Chigualoco (no influenciada) (Tabla 56 y Figura 69 y 70).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 56.Concentración de Hierro (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente, en sedimentos marinos, durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Condición	Localidad	Estaciones de muestreo													
		Hierro (mg/kg)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	2801,1	2871,7	2795,2	27778,5	2525,4	2716,6	3017,43	2967,8	2740,3	2988,8	3097,9	3487,2	3285,7	3551,3
	Ensenada Chapaco	42309,0	43384,3	47698,0	42323,6	48421,2	41346,9	56293,34	44193,3	55784,3	48860,6	41659,6	48546,5	41252,9	49972,2
	Bahía Coquimbo	13572,7	12755,5	13594,4	11830,5	13435,4	15567,9	12051,60	15719,2	14965,9	16750,1	15782,5	15307,4	16806,6	18483,7
	Bahía Tongoy	4164,5	3176,7	4054,5	4413,1	4246,9	4225,9	4129,18	4031,8	4067,7	4547,4	3840,7	7884,3	3973,4	3679,7
No Influenciada	Caleta Cisne	8584,6	8652,5	7676,7	8444,7	7465,3	8808,5	8808,45	9284,9	9282,6	8666,9	9783,9	9061,0	9013,0	8252,3
	Carrizal Bajo	11215,2	12482,3	12294,4	11232,1	11809,2	9648,5	8710,59	7423,7	9873,8	7633,1	11606,8	8626,2	10452,2	11203,3
	Huentelauquén	15638,3	8083,0	12610,7	8949,0	21252,3	9699,0	15201,61	8964,0	20582,5	8753,0	28476,8	9171,0	13403,6	8077,0
	Chigualoco	4668,3	4485,8	4151,2	4379,2	4219,1	4325,2	3816,04	4007,6	4249,7	4213,1	4594,9	4583,1	4582,1	4238,1

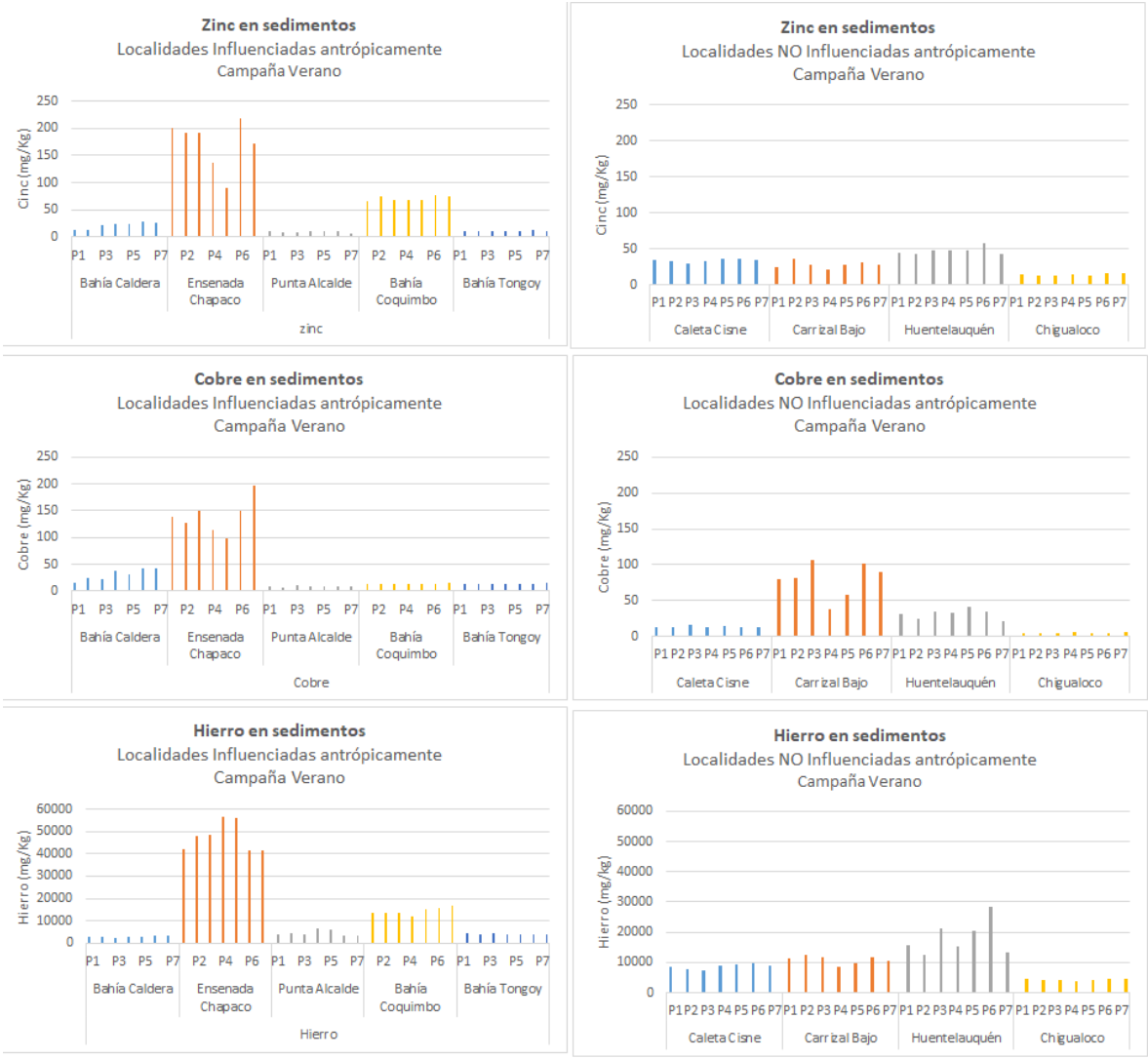


Figura 69. Parámetros químicos de laboratorio zinc, cobre y hierro, en sedimentos marinos, durante campaña de verano 2022. Proyecto AMBI FIPA 2018-21.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Figura 70. Parámetros químicos de laboratorio zinc, cobre y hierro, en sedimentos marinos, durante campaña de invierno 2022. Proyecto AMBI FIPA 2018-21.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Níquel

Las concentraciones de níquel estuvieron sobre el límite de detección del método, en todas las áreas de estudio, durante ambas campañas. Las concentraciones para localidades definidas como "influenciadas" se caracterizaron por presentar valores que fluctuaron entre 2,86 mg/Kg y 6,65 mg/Kg para las localidades bahía Tongoy, bahía Coquimbo y bahía Caldera. La localidad que presentó las mayores concentraciones de níquel fue Ensenada Chapaco con un rango que fluctuó entre los 16,12 mg/Kg y 37,74 mg/Kg,

Por su parte las localidades definidas como "No influenciadas" se caracterizaron por presentar valores que fluctuaron entre 1,62 mg/Kg y 6,90 mg/Kg para las localidades Chigualoco, Huentelauquén y Caleta Cisnes. La localidad que presentó los mayores valores de níquel fue Carrizal bajo con un rango que fluctuó entre los 4,72 mg/Kg y 11,03 mg/Kg, los valores promedio de esta localidad, superan en promedio a todas las localidades catalogadas como Influenciadas (Con excepción de Ensenada Chapaco) (Tabla 57 y Figura 69 y 70).

Al comparar los resultados obtenidos con normativa internacional es posible indicar que la localidad de Ensenada Chapaco presentó el 92 % de las muestras con valores sobre el ERL (Effect Range-Low), que corresponde a la concentración a la que los efectos son escasamente observados según el NOAA. No se reportaron muestras que superen el límite ERM (Effect Range-Median), que es la concentración a la cual los efectos se observarán siempre o generalmente (Anexo 7).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 57. Concentración de Níquel (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente, en sedimentos marinos, durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Condición	Localidad	Estaciones de muestreo													
		Níquel (mg/kg)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	5,10	4,67	4,90	4,82	4,88	4,96	5,04	5,54	5,56	5,50	5,30	6,02	6,65	5,73
	Ensenada Chapaco	21,99	17,01	22,54	16,12	27,23	16,67	37,74	16,64	45,62	18,70	22,09	18,39	27,53	21,12
	Bahía Coquimbo	5,38	5,13	5,48	5,08	5,35	5,99	4,66	5,13	5,94	5,84	5,94	6,12	6,20	6,10
	Bahía Tongoy	3,15	2,94	3,21	3,84	3,38	3,50	3,10	3,47	3,13	3,51	3,23	6,64	2,86	2,98
No Influenciada	Caleta Cisne	6,36	5,92	6,24	5,31	5,69	6,03	6,59	6,71	6,54	6,79	6,86	6,90	6,22	6,09
	Carrizal Bajo	9,95	10,07	10,45	9,52	11,03	7,88	7,16	4,72	9,22	5,82	10,64	7,14	8,52	8,21
	Huentelauquén	5,35	2,49	3,92	2,45	5,00	2,59	5,31	2,83	6,01	2,81	5,91	2,82	4,37	2,83
	Chigualoco	2,08	2,01	1,62	1,98	1,67	1,88	2,07	2,01	1,96	2,05	2,04	2,35	2,06	2,01

Vanadio

Las concentraciones de vanadio estuvieron sobre el límite de detección del método, en toda el área de estudio, durante ambas campañas. Las concentraciones para localidades definidas como "influenciadas" se caracterizaron por presentar valores que fluctuaron entre 8,61 mg/Kg y 46,77 mg/Kg para las localidades bahía Tongoy, bahía Caldera y bahía Coquimbo. La localidad que presentó los mayores valores de vanadio fue Ensenada Chapaco con un rango que fluctuó entre los 110,98 mg/Kg y 193,02 mg/Kg,

Por su parte las localidades definidas como "No influenciadas" se caracterizaron por presentar valores que fluctuaron entre 9,75 mg/Kg y 35,25 mg/Kg para las localidades Chigualoco, Caleta Cisnes y Carrizal bajo, La localidad que presentó los mayores valores de vanadio fue Huentelauquen con un rango que fluctuó entre los 15,13 mg/Kg y 110 mg/Kg, los valores promedio de esta localidad, superan en promedio a todas las localidades catalogadas como Influenciadas (Con excepción de Ensenada Chapaco) (Tabla 58 y Figura 69 y 70).

Tabla 58.Concentración de Vanadio (mg/Kg) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente, en sedimentos marinos, durante campaña de verano e invierno 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Condición	Localidad	Estaciones de muestreo													
		Vanadio (mg/kg)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	10,62	10,06	11,00	10,75	9,30	9,65	10,66	10,29	9,89	11,56	11,26	12,01	12,77	12,99
	Ensenada Chapaco	165,10	176,19	175,57	179,88	177,14	159,99	156,93	168,59	110,98	193,02	173,18	189,44	157,30	174,04
	Bahía Coquimbo	28,87	27,44	29,24	23,65	28,37	36,63	23,80	37,18	31,36	40,37	34,91	37,95	42,86	46,77
	Bahía Tongoy	13,07	8,61	12,74	13,60	14,09	12,33	12,44	12,40	11,36	13,97	11,79	23,13	12,40	11,36
No Influenciada	Caleta Cisne	24,21	22,56	19,96	21,17	19,51	21,10	23,78	24,48	25,96	21,92	28,01	23,35	25,93	20,58
	Carrizal Bajo	29,34	28,58	32,94	26,63	28,44	22,06	20,91	15,36	26,37	17,11	35,25	23,80	29,69	26,20
	Huentelauquén	51,93	15,23	38,79	16,23	82,62	18,33	49,87	17,01	77,01	16,56	110,00	16,82	33,36	15,13
	Chigualoco	13,29	10,87	10,25	11,03	10,95	12,06	9,75	11,29	12,66	12,99	12,48	13,12	12,23	12,99

Carbono Orgánico Total (COT)

Para las localidades definidas como "Influenciadas" el porcentaje de COT, estuvo bajo los límites de detección del método durante ambas campañas en la localidad de Bahía Coquimbo (<1), mientras que, en bahía Tongoy y ensenada Chapaco, no fue detectado durante la campaña de invierno. Bahía Caldera presentó los mayores registros fluctuando entre 1 % y 4%.

Por su parte, las localidades no influenciadas presentaron valores sobre el límite de detección del método en la mayoría de las muestras, registrando los menores registros en la localidad de Huentelauquén con un valor promedio de 0,70 % (Tabla 59, Figura 69 y 70).

Tabla 59.Concentración de Carbono orgánico total (%) en las localidades de estudios, influenciadas y no influenciadas antrópicamente, en sedimentos marinos, durante campaña de verano 2022. Proyecto AMBI, FIPA 2018-21.

Condición	Localidad	Estaciones de muestreo													
		Carbono orgánico Total (%)													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
		Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv
Influenciada	Bahía Caldera	2	2	2	1	1	2	2	1	4	2	2	1	2	1
	Ensenada Chapaco	1	<1	1	<1	2	<1	1	<1	1	<1	1	<1	3	<1
	Bahía Coquimbo	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Bahía Tongoy	1	<1	1	<1	1	<1	1	<1	1	<1	1	<1	1	<1
No Influenciada	Caleta Cisne	2	2	3	1	3	1	2	1	2	<1	2	1	2	1
	Carrizal Bajo	2	2	1	1	1	1	2	<1	2	<1	2	1	1	1
	Huentelauquén	1	0,49	1	0,41	1	0,39	1	0,39	1	0,38	1	0,38	1	0,4
	Chigualoco	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	<1

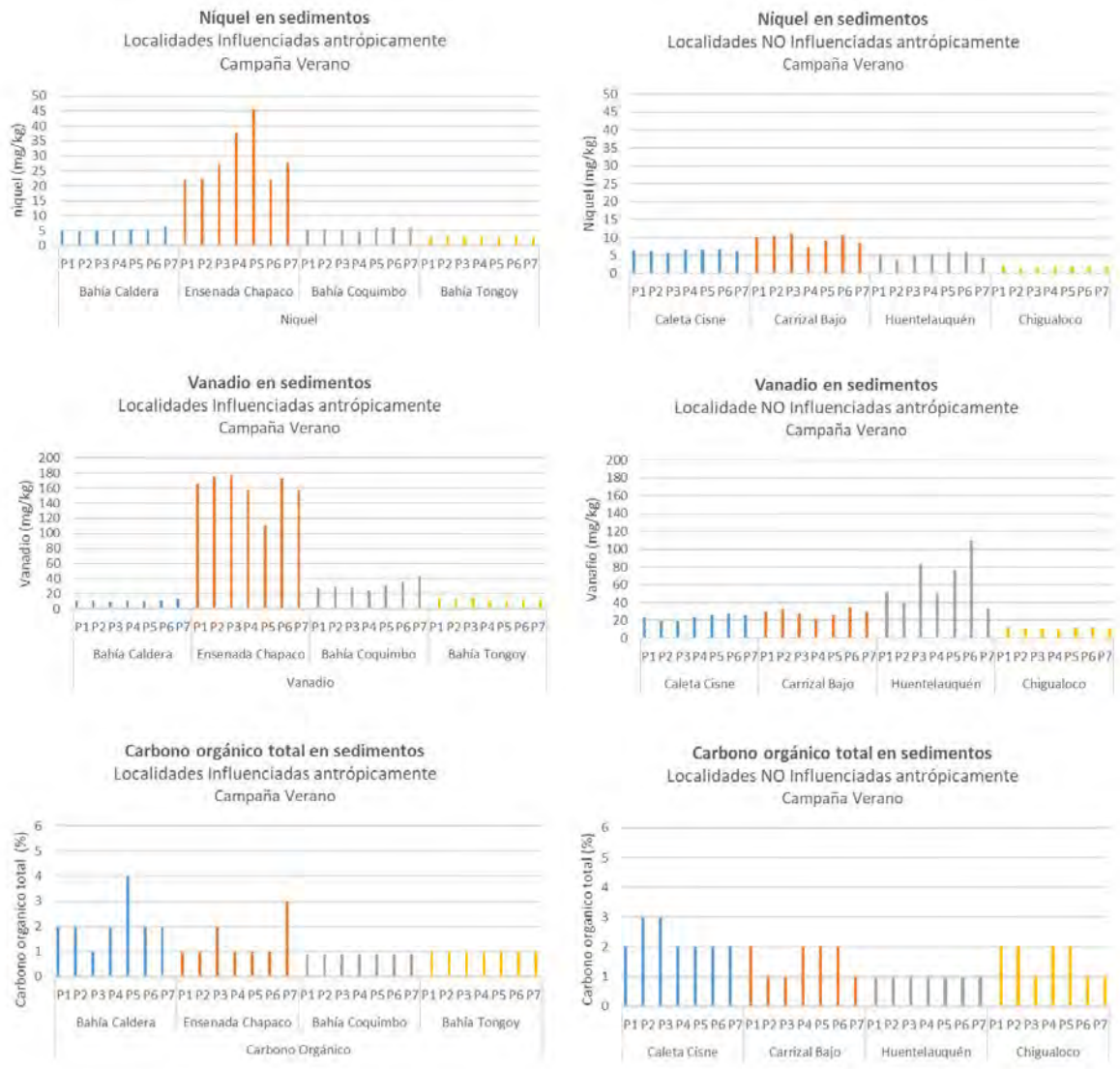


Figura 71. Parámetros químicos de laboratorio Níquel, Vanadio y COT, en sedimentos marinos, durante campaña de verano 2022. Proyecto AMBI FIPA 2018-21,

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

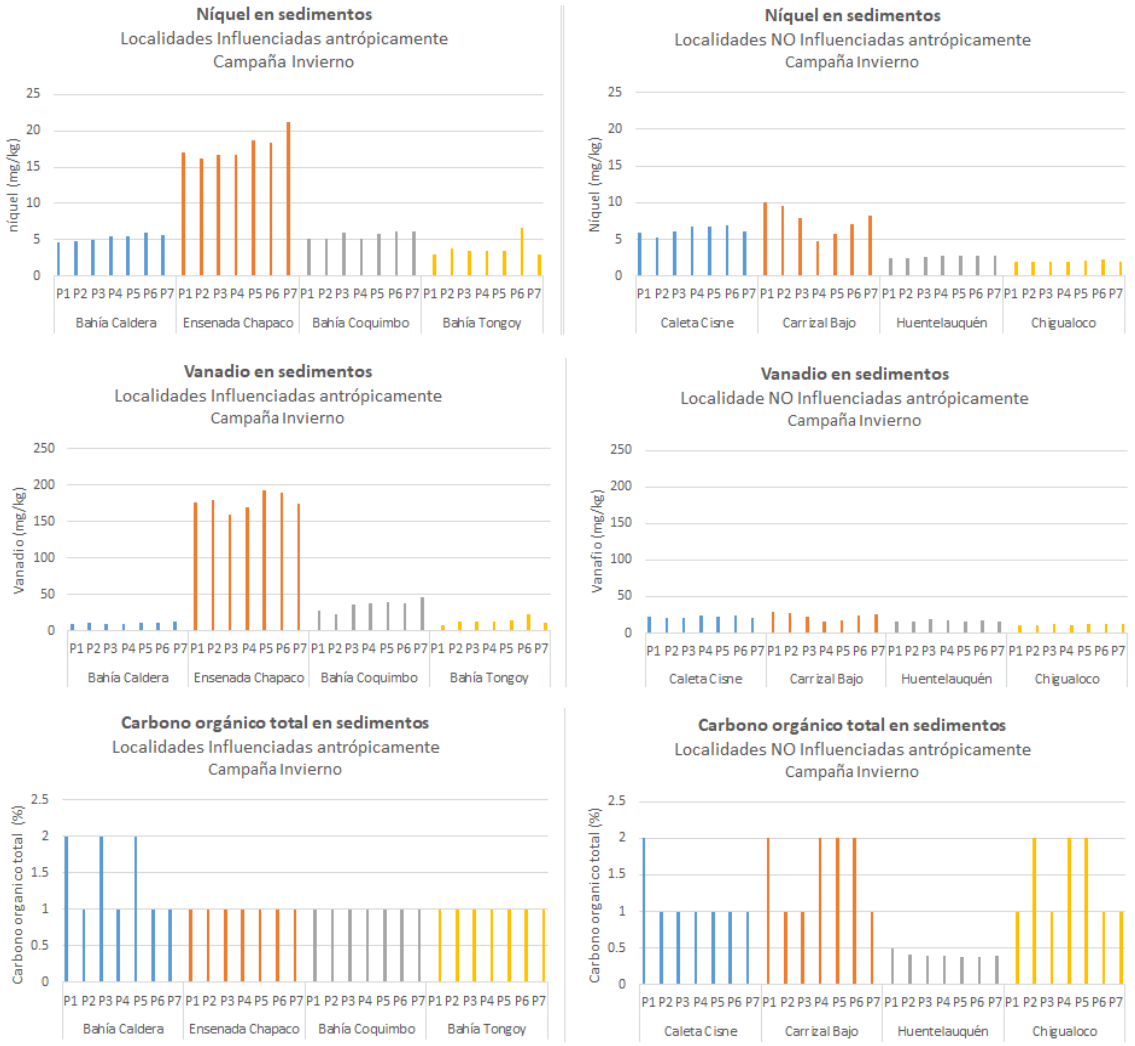


Figura 72. Parámetros químicos de laboratorio Níquel, Vanadio y COT, en sedimentos marinos, durante campaña de invierno 2022. Proyecto AMBI FIPA 2018-21.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Determinar la condición ambiental de los sectores estudiados en base a los resultados de la aplicación del índice biológico AMBI y variables físicas y químicas analizadas.

La implementación del software AZTI's Marine Biotic Index (AMBI) fue utilizada como una herramienta para la evaluación de la condición ambiental de las áreas con y sin influencia antrópica, pertenecientes a la región de Atacama y Coquimbo, durante las campañas de verano e invierno 2022. La Tabla 60 y 61 muestra los valores promedios obtenidos en cada estación de muestreo, por cada una de las localidades correspondientes a este estudio, De las Tablas referidas, es posible observar lo siguiente:

CAMPAÑA VERANO

Áreas influenciadas

Bahía Caldera: La localidad de Caldera presentó valores promedio del índice AMBI que fluctuaron entre 3,5 a 4,2, obteniendo un estado ecológico moderadamente perturbado (Tabla 60). Además, la composición porcentual de la macrofauna bentónica de todas las estaciones monitoreadas mostró un predominio de especies clasificadas como GE (grupo ecológico) IV, es decir, oportunistas de segundo orden, mientras que las menores representaciones fueron observadas para especies pertenecientes al GE I y V, esto es, especies muy sensibles al enriquecimiento de materia orgánica y especies oportunistas de primero orden respectivamente (Figura 73A).

Ensenada Chapaco: El sector de ensenada Chapaco tuvo un estado ecológico no perturbado y levemente perturbado en 4 y 3 estaciones respectivamente, con valores promedio entre 0,1 a 3,2 de índice AMBI (Tabla 60). Las especies que predominaron en la composición de la macrofauna bentónica correspondieron a aquellas categorizadas en GE I y II, es decir, especies muy sensibles e indiferentes al enriquecimiento de materia orgánica, respectivamente. Especies del GE IV mostraron una baja representación porcentual (Figura 73B).

Bahía Coquimbo: El área de bahía Coquimbo mostró índices AMBI que fluctuaron entre 2,9 a 3 en promedio, lo cual evidenció un estado ecológico levemente perturbado para

todas las estaciones monitoreadas (Tabla 60). La macrofauna bentónica estuvo mayormente constituida por especies tolerantes al exceso de enriquecimiento de materia orgánica, es decir, especies pertenecientes a GE III, mientras que especies del GE II (indiferentes al enriquecimiento) tuvieron una baja representación (Figura 73C).

Bahía Tongoy: Los valores promedio del índice AMBI para el área de Bahía Tongoy fueron de 3,8 a 4,1, con lo cual fue posible observar un estado ecológico moderadamente perturbado en todas las estaciones de muestreo (Tabla 60). Adicionalmente, el GE IV fue el más predominante de los grupos que constituyeron la macrofauna bentónica de este sector, correspondiente a especies oportunistas de segundo orden. Aquellas especies clasificadas en el GE I (especies muy sensibles al enriquecimiento) mostraron una tendencia a ser las menos representadas en términos porcentuales (Figura 73D).

Áreas no influenciadas

Caleta Cisne: Los valores promedio del índice AMBI para la localidad de Caleta Cisne se encontraron entre 1,5 a 3,1 en las estaciones monitoreadas, lo cual refleja un estado ecológico levemente perturbado en todos los casos (Tabla 60). Las especies predominantes en su representación porcentual tendieron a ser aquellas pertenecientes a los GE I, II y IV (sensibles, indiferentes y oportunistas, respectivamente), mientras que si bien se encontraron especies categorizadas en el GE V (oportunistas de primer orden), éstas tuvieron la más baja distribución porcentual (Figura 74A),

Carrizal Bajo: En el sector de Carrizal Bajo, los valores de AMBI oscilaron entre 2,3 y 4,3 en promedio, donde se registró un estado ecológico levemente perturbado en 4 estaciones, y moderadamente perturbado en 3 estaciones (Tabla 60), La mayor representación porcentual de las especies que conformaron la macrofauna bentónica del área corresponde a especies Especies indiferentes al enriquecimiento y oportunistas de segundo orden (GE II y IV), sin embargo, también se observaron altos porcentajes de especies tolerantes al exceso de enriquecimiento de materia orgánica (GE III) (Figura 74 B),

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Huentelauquén: Los índices AMBI obtenidos para la localidad de Huentelauquén en cada una de las estaciones muestreadas presentaron valores promedio entre 2,04 a 2,8, mostrando así un estado ecológico levemente perturbado en todos los casos (Tabla 60). En relación con las especies que contribuyen a este estado ecológico, la mayor dominancia porcentual fue observada en GE III (especies tolerantes al exceso de enriquecimiento de materia orgánica), en cambio, las especies muy sensibles al enriquecimiento (GE I) presentaron una baja representatividad porcentual (Figura 74C).

Chigualoco: El área de Chigualoco presentó valores promedio del índice AMBI que se encontraron entre 2,2 y 2,9, en donde todas las estaciones que fueron monitoreadas presentaron un estado ecológico considerado como levemente perturbado (Tabla 60). Por otra parte, la comunidad bentónica se vio altamente representada por especies correspondientes al GE III, esto es, especies tolerantes al exceso de enriquecimiento de materia orgánica, seguido de especies clasificadas en el GE I y II (especies muy sensibles e indiferentes al enriquecimiento, respectivamente), que presentaron una menor distribución porcentual (Figura 74D).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 60**.** Valores promedio del Índice Biótico AMBI y nivel de perturbación obtenidos para cada una de las estaciones de muestreo, correspondientes tanto para las áreas influenciadas y no influenciadas antrópicamente de la región de Atacama y Coquimbo, campaña verano 2022.

Condición	Localidad	Índice/Clasificación	Estaciones de muestreo						
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Influenciada	Bahía Caldera	Valor AMBI	3,497	3,985	3,792	3,581	3,802	3,987	4,188
		Nivel de perturbación	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado
	Ensenada Chapaco	Valor AMBI	0,488	0,051	0,101	0,634	1,506	1,829	3,222
		Nivel de perturbación	No perturbado	No perturbado	No perturbado	No perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado
	Bahía Coquimbo	Valor AMBI	3,01	2,984	2,951	2,982	3,009	3	2,922
		Nivel de perturbación	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado
	Bahía Tongoy	Valor AMBI	3,835	3,762	3,892	4,372	4,105	3,958	4,081
		Nivel de perturbación	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado
No influenciada	Caleta Cisne	Valor AMBI	2,621	1,343	1,908	1,91	1,555	3,121	1,603
		Nivel de perturbación	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado
	Carrizal Bajo	Valor AMBI	2,583	3,639	2,292	3,286	3,708	4,352	2,648
		Nivel de perturbación	Levemente perturbado	Moderadamente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Levemente perturbado
	Huentelauquén	Valor AMBI	2,182	2,163	2,292	2,803	2,519	2,046	2,711
		Nivel de perturbación	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado
	Chigualoco	Valor AMBI	2,882	2,557	2,453	2,369	2,279	2,221	2,777
		Nivel de perturbación	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

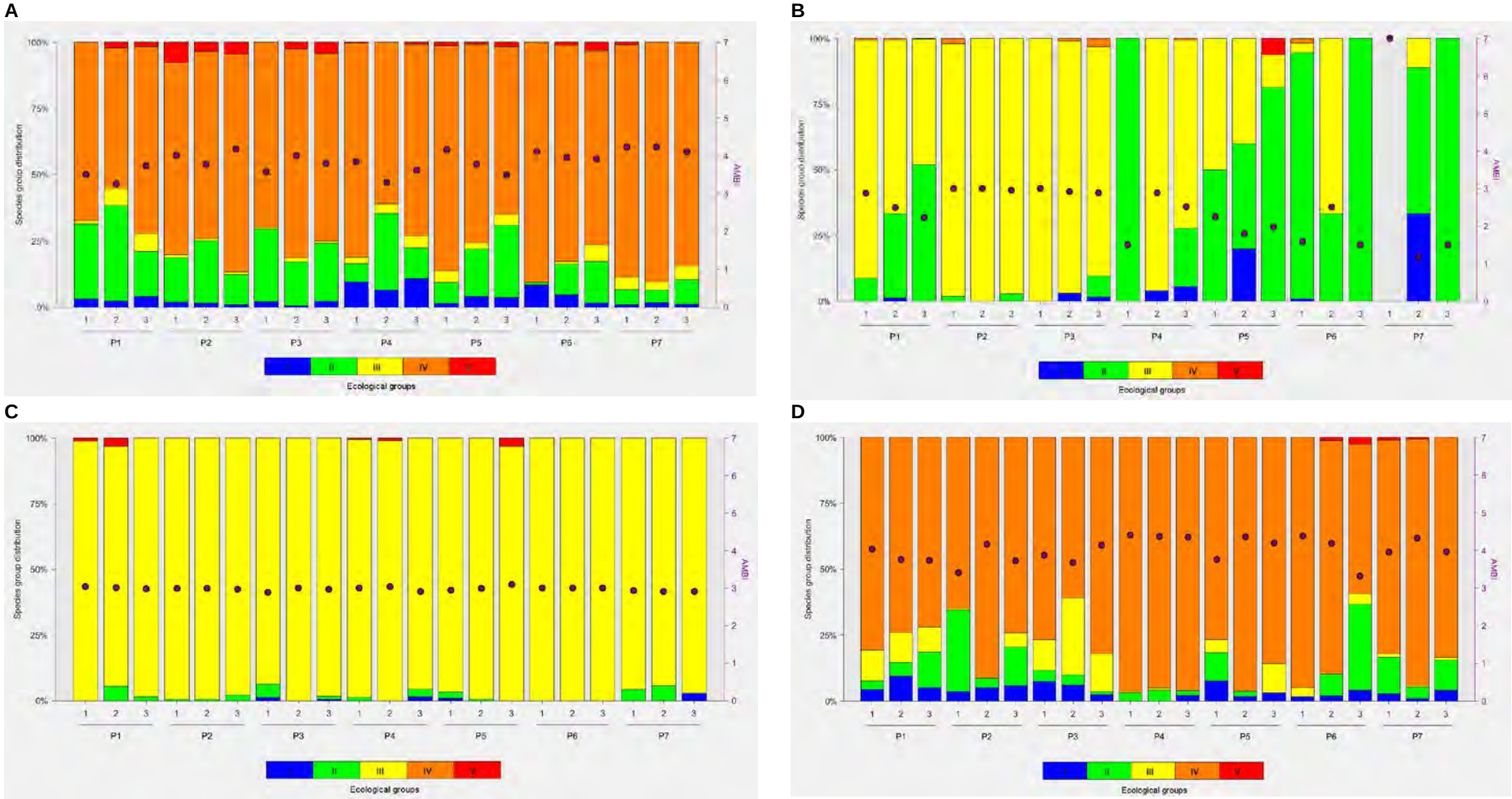


Figura 73. Distribución porcentual de especies de cada grupo ecológico y valor del índice biótico AMBI para cada una de las estaciones monitoreadas, correspondientes a las áreas influenciadas antrópicamente de la Región de Atacama y Coquimbo, A) Bahía Caldera, B) Ensenada Chapaco, C) Bahía Coquimbo y D) Bahía Tongoy, ●: Valor AMBI, Campaña Verano 2022.

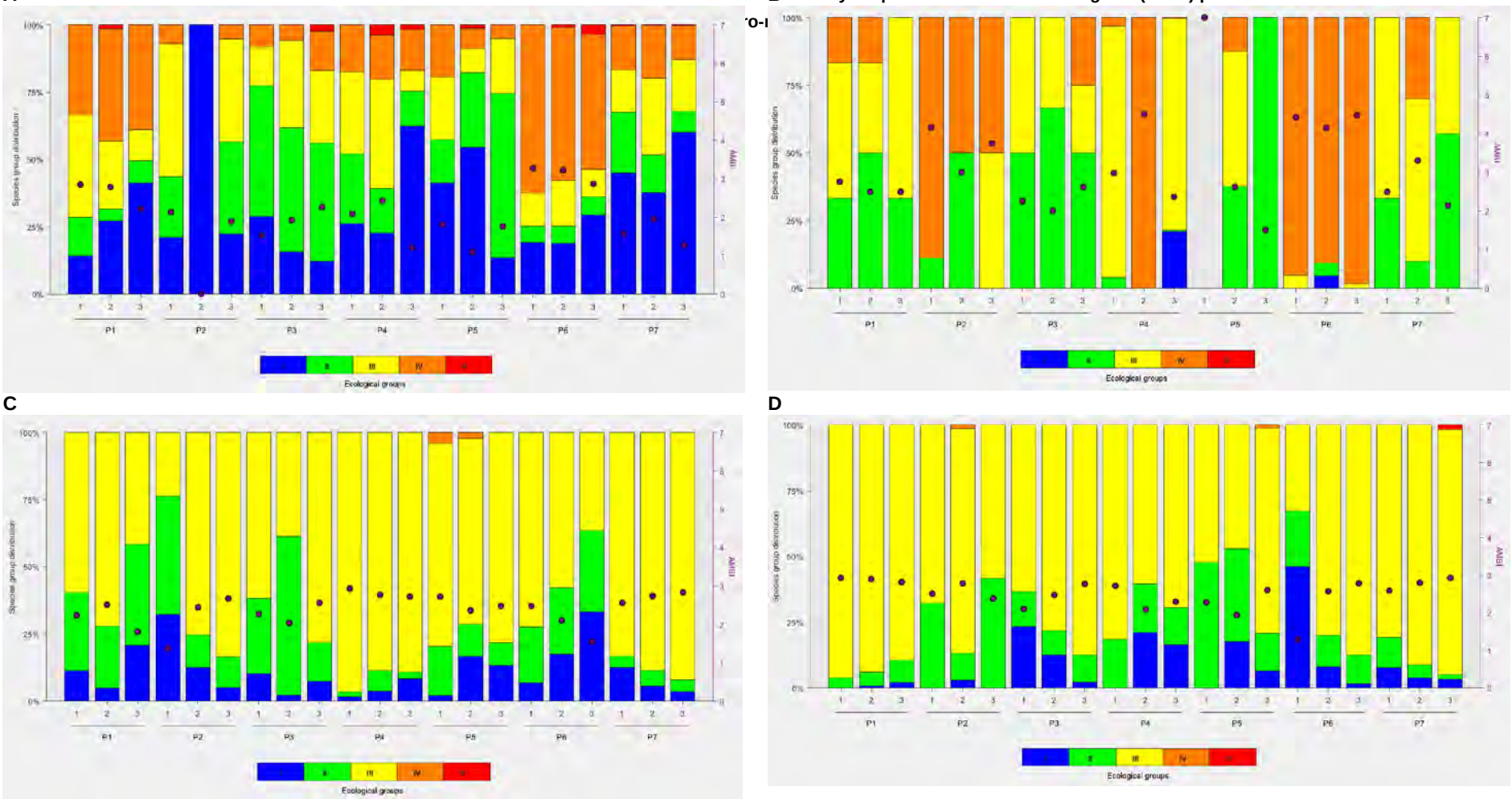


Figura 74. Distribución porcentual de especies de cada grupo ecológico y valor del índice biótico AMBI para cada una de las estaciones monitoreadas, correspondientes a las áreas no influenciadas antrópicamente de la región de Atacama y Coquimbo, A) Caleta Cisne, B) Carrizal Bajo, C) Huentelauquén y D) Chigualoco, ●: Valor AMBI, Campaña Verano 2022.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

CAMPAÑA INVIERNO

Áreas influenciadas

Bahía Caldera: La localidad de Caldera presentó valores promedio del índice AMBI que fluctuaron entre 3,53 a 3,83, obteniendo un estado ecológico moderadamente perturbado (Tabla 61). Además, la composición porcentual de la macrofauna bentónica de todas las estaciones monitoreadas mostró un predominio de especies clasificadas como GE (grupo ecológico) IV, es decir, oportunistas de segundo orden, mientras que las menores representaciones fueron observadas para especies pertenecientes al GE I y V, esto es, especies muy sensibles al enriquecimiento de materia orgánica y especies oportunistas de primero orden respectivamente (Figura 75A).

Ensenada Chapaco: El sector de ensenada Chapaco tuvo un estado ecológico no perturbado y levemente perturbado en 4 y 3 estaciones respectivamente, con valores promedio entre 0,1 a 1,54 de índice AMBI (Tabla 61). Las especies que predominaron en la composición de la macrofauna bentónica correspondieron a aquellas categorizadas en GE I y II, es decir, especies muy sensibles e indiferentes al enriquecimiento de materia orgánica, respectivamente, Especies del GE IV mostraron una baja representación porcentual (Figura 75B).

Bahía Coquimbo: El área de bahía Coquimbo mostró índices AMBI que fluctuaron entre 1,83 a 2,96 en promedio, lo cual evidenció un estado ecológico levemente perturbado para todas las estaciones monitoreadas (Tabla 61). La macrofauna bentónica estuvo mayormente constituida por especies tolerantes al exceso de enriquecimiento de materia orgánica, es decir, especies pertenecientes a GE III, seguidas de especies pertenecientesal GE II (indiferentes al enriquecimiento) (Figura 75C).

Bahía Tongoy: Los valores promedio del índice AMBI para el área de bahía Tongoy fueron de 3,26 a 3,78, con lo cual fue posible observar un estado ecológico moderadamente perturbado en casi todas las estaciones de muestreo a excepcion de la estación P6, que fue levemente perturbado (Tabla 61). Adicionalmente, el GE IV fue el más predominante de los grupos que constituyeron la macrofauna bentónica de este sector, correspondiente a especies oportunistas de segundo orden. Aquellas especies clasificadas en el GE I

(especies muy sensibles al enriquecimiento) mostraron una tendencia a ser las menos representadas en términos porcentuales (Figura 75D).

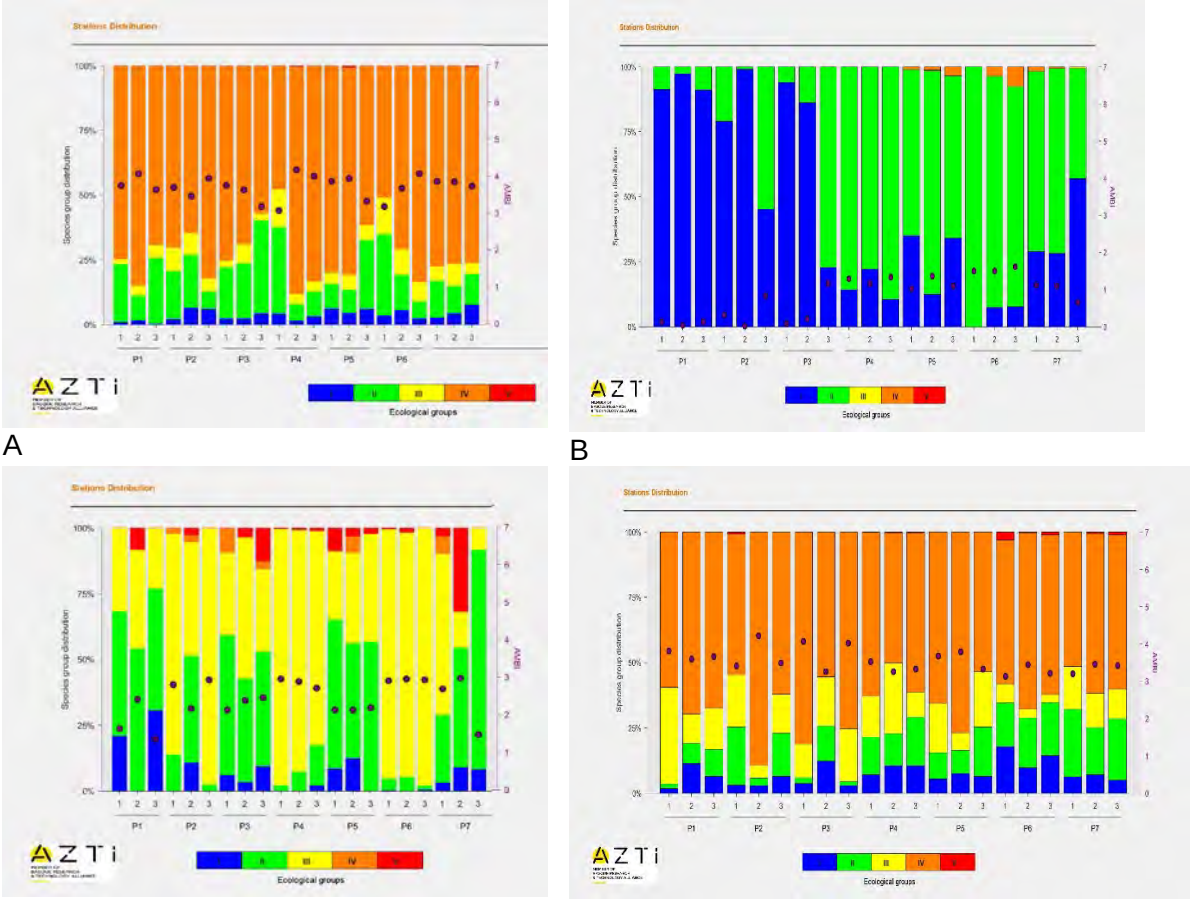


Figura 75. Distribución porcentual de especies de cada grupo ecológico y valor del índice biótico AMBI para cada una de las estaciones monitoreadas, correspondientes a las áreas influenciadas antrópicamente de la Región de Atacama y Coquimbo, A) Bahía Caldera, B) Ensenada Chapaco, C) Bahía Coquimbo y D) Bahía Tongoy, ●: Valor AMBI.

Áreas no influenciadas

Caleta Cisne: Los valores promedio del índice AMBI para la localidad de caleta Cisne se encontraron entre 2,85 a 5,3 en las estaciones monitoreadas, lo cual refleja un estado ecológico de levemente perturbado, moderadamente perturbado y la estación 7 altamente perturbado (Tabla 61). Las especies predominantes en su representación porcentual tendieron a ser aquellas pertenecientes a los GE III y IV (Taxones tolerantes al exceso de materia orgánica y oportunistas de segundo orden, respectivamente), mientras que si bien se encontraron especies categorizadas en el GE I y II (Taxones muy sensible e indiferentes al enriquecimiento orgánico respectivamente), éstas tuvieron la más baja distribución porcentual (Figura 76A).

Carrizal Bajo: En el sector de carrizal Bajo, los valores de AMBI oscilaron entre 2,15 y 4,09 en promedio, donde se registró un estado ecológico de levemente perturbado a moderadamente perturbado (Tabla 61). La mayor representación porcentual de las especies que conformaron la macrofauna bentónica del área corresponde a especies indiferentes al enriquecimiento y tolerantes al exceso de maeria orgánica (GE II y III), sin embargo, también se observaron altos porcentajes de especies oportunistas de segundo orden (GE IV) (Figura 76 B).

Huentelauquén: Los índices AMBI obtenidos para la localidad de Huentelauquén en cada una de las estaciones muestreadas presentaron valores promedio entre 1,74 a 2,37, mostrando así un estado ecológico levemente perturbado en todos los casos (Tabla 61). En relación con las especies que contribuyen a este estado ecológico, la mayor dominancia porcentual fue observada en GE III (especies tolerantes al exceso de enriquecimiento de materia orgánica), seguido de taxones asignados al GE II (especies indiferentes al enriquecimiento enriquecimiento orgánico) y taxones asignados al GE I (taxones muy sensibles al enriqueciemiento orgánico) (Figura 76C).

Chigualoco: El área de Chigualoco presentó valores promedio del índice AMBI que se encontraron entre 1,71 y 2,84, en donde todas las estaciones que fueron monitoreadas presentaron un estado ecológico considerado como levemente perturbado (Tabla 61). La comunidad bentónica se vio altamente representada por especies correspondientes al GE III, esto es, especies tolerantes al exceso de enriquecimiento de materia orgánica, seguido de especies clasificadas en el GE II y I (especies indiferentes y muy sensibles al enriquecimiento, respectivamente) (Figura 76D).

Tabla 61. Valores promedio del Índice Biótico AMBI y nivel de perturbación obtenidos para cada una de las estaciones de muestreo, correspondientes tanto para las áreas influenciadas y no influenciadas antrópicamente de la región de Atacama y Coquimbo.

Condición	Localidad	Índice/Clasificación	Estaciones de muestreo						
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Influenciada	Bahía Caldera	Valor AMBI	3.83	3.71	3.53	3.76	3.72	3.65	3.82
		Nivel de perturbación	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado
	Ensenada Chapaco	Valor AMBI	0.10	0.38	0.49	1.27	1.15	1.54	0.96
		Nivel de perturbación	No perturbado	No perturbado	No perturbado	Levemente perturbado	No perturbado	Levemente perturbado	No perturbado
	Bahía Coquimbo	Valor AMBI	1.83	2.66	2.35	2.88	2.18	2.96	2.40
		Nivel de perturbación	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado
	Bahía Tongoy	Valor AMBI	3.688	3.703	3.782	3.369	3.598	3.264	3.356
		Nivel de perturbación	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Moderadamente perturbado	Levemente perturbado	Moderadamente perturbado
No influenciada	Caleta Cisne	Valor AMBI	3.598	3.046	2.848	3.849	3.018	3.931	5.304
		Nivel de perturbación	Moderadamente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Moderadamente perturbado	Levemente perturbado	Moderadamente perturbado	Altamente Perturbado
	Carrizal Bajo	Valor AMBI	2.152	2.685	2.839	2.704	2.241	2.574	4.090
		Nivel de perturbación	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Moderadamente perturbado
	Huentelauquén	Valor AMBI	1.934	2.015	1.743	2.374	1.995	2.255	2.253
		Nivel de perturbación	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado
	Chigualoco	Valor AMBI	2.837	2.522	2.462	1.992	1.726	1.711	2.028
		Nivel de perturbación	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado	Levemente perturbado

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

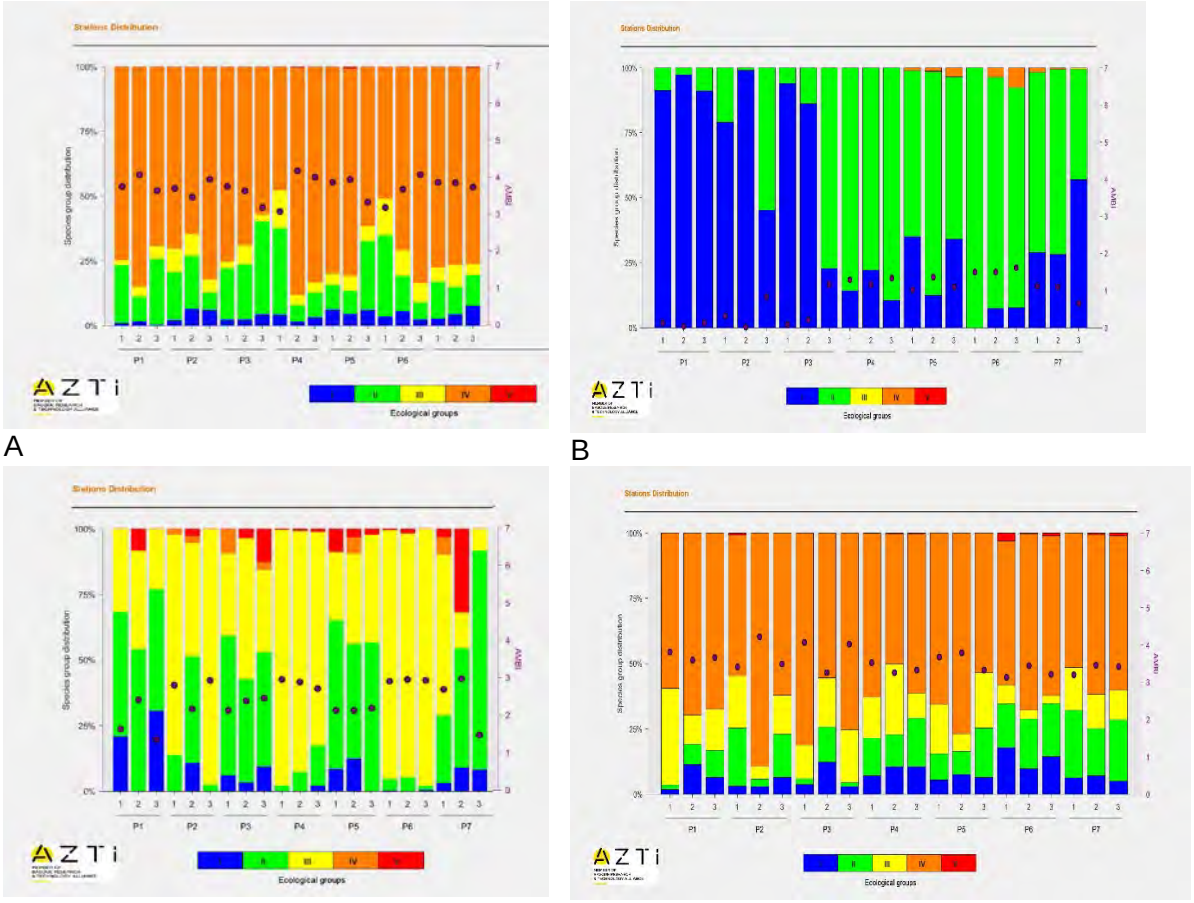


Figura 76. Distribución porcentual de especies de cada grupo ecológico y valor del índice biótico AMBI para cada una de las estaciones monitoreadas, correspondientes a las áreas influenciadas antrópicamente de la Región de Atacama y Coquimbo, A) Bahía Caldera, B) Ensenada Chapaco, C) Bahía Coquimbo y D) Bahía Tongoy, ●: Valor AMBI.

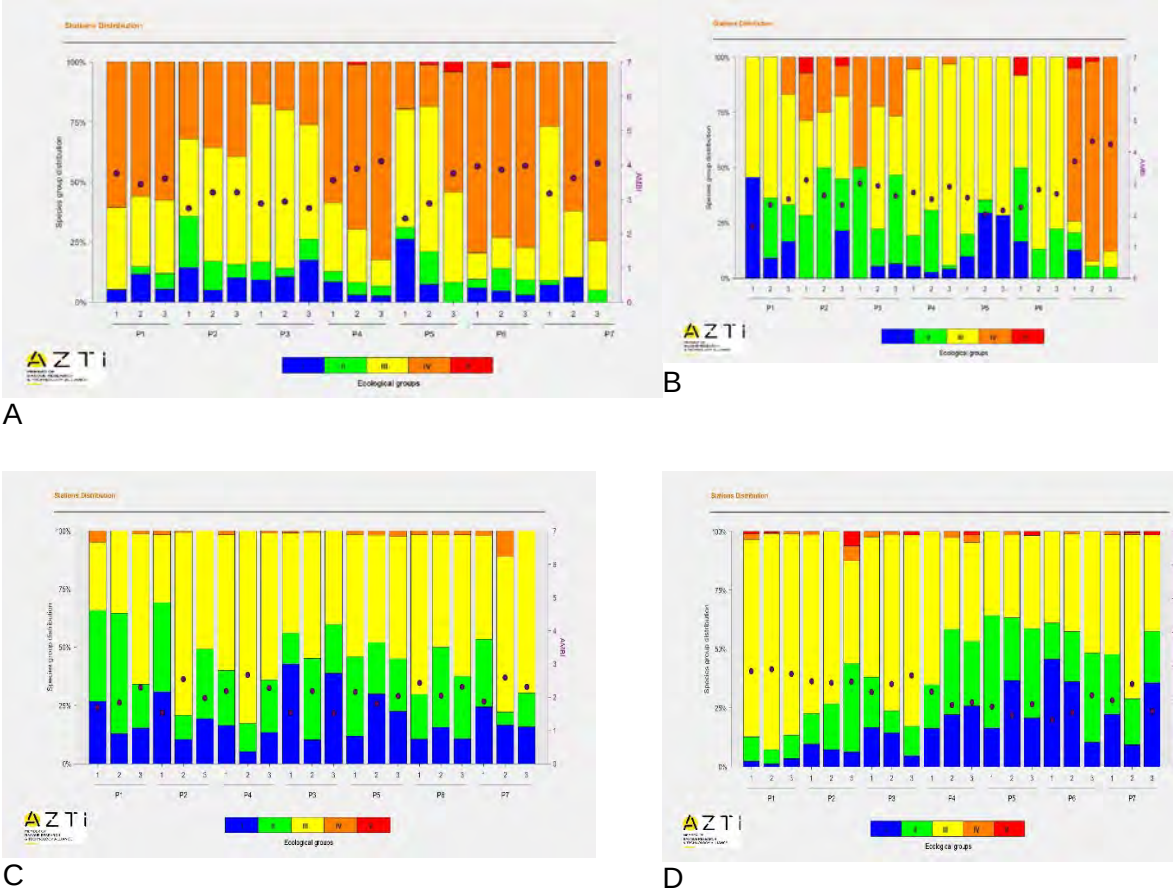


Figura 77. Distribución porcentual de especies de cada grupo ecológico y valor del índice biótico AMBI para cada una de las estaciones monitoreadas, correspondientes a las áreas no influenciadas antrópicamente de la Región de Atacama y Coquimbo, A) Caleta Cisne, B) Carrizal Bajo, C) Huentelauquén y D) Chigualoco, ●: Valor AMBI.

Las Curvas de Abundancia-Biomasa (ABC) constituyen una herramienta fundamental para evaluar el grado de alteración o estrés ecológico en las comunidades. Estas curvas, representadas en gráficos tipo k-dominancia, permiten comparar la distribución de la abundancia y biomasa de las especies. En este contexto, las especies se ordenan en el eje X, utilizando una escala logarítmica, según su porcentaje acumulado de abundancia o biomasa.

El fundamento subyacente de este enfoque radica en que, en condiciones estables o ambientales poco perturbadas, las especies de gran tamaño, edad avanzada y crecimiento lento predominan en la comunidad debido a su mayor biomasa. Este escenario es típico de entornos prístinos o con baja perturbación. En contraste, a medida que el nivel de estrés aumenta debido a perturbaciones, las especies de menor tamaño, rápido crecimiento y vida corta tienden a incrementar su abundancia numérica y a dominar la comunidad (Warwick, 1986; Clarke & Warwick, 2001; Yemane *et al*., 2005).

Según este método, el grado de efecto o perturbación se evidencia por la diferencia del área entre las dos curvas, la cual se cuantifica con los valores del estadístico W que fluctúan entre -1 y 1.

Warwick (1986) propuso que un área está sin estrés o perturbación, cuando la curva de biomasa se encuentra encima de la curva de abundancia (W>0); moderadamente estresada, al coincidir las dos curvas con valores próximos a cero de W y fuertemente estresada, al estar la curva de biomasa por debajo de la curva de abundancia (W<0).

Según los resultados obtenidos, basándonos en la clasificación propuesta por Warwick (1986), podemos interpretar los resultados de la siguiente manera:

Las localidades de Coquimbo (W = 0,032), Tongoy (W = 0,081) y Chigualoco (W= 0,087) se considera moderadamente estresada, dado que las dos curvas coinciden con un valor cercano a cero de W, sugiriendo una ligera disminución en la biomasa en comparación con la abundancia.

Por otro lado, las localidades de Ensenada Chapaco (W= -0,05) y Caleta Cisnes (W = -0.192) se clasifican como moderadamente estresada y estresada resepctivamente, ya que la curva de biomasa está por debajo de la curva de abundancia, indicando una posible disminución significativa en la biomasa en relación con la abundancia.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Finalmente, las localidades de Carrizal Bajo (W = 0,419), Huentelauquén (W = 0,187) y Bahía Caldera (W= 0,147) se encuentran en un estado sin estrés o perturbación, ya que la curva de biomasa está por encima de la curva de abundancia, lo que sugiere una condición estable.

Estas interpretaciones proporcionan una visión general del nivel de perturbación o estrés en cada una de las localidades evaluadas en relación con la actividad antrópica. (Figura 78 y 79)

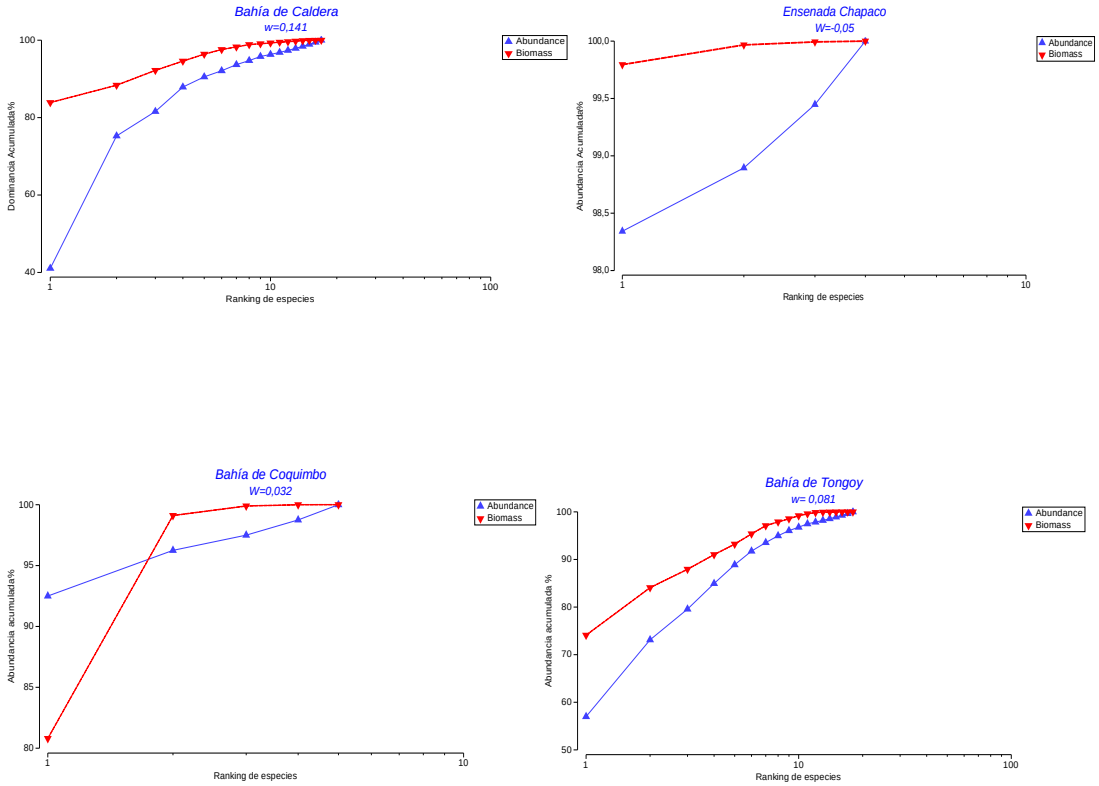


Figura 78. Curvas ABC de localidades clasificadas como influenciadas, curvas con valores promedio de la campaña verano-22 e invierno 22.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

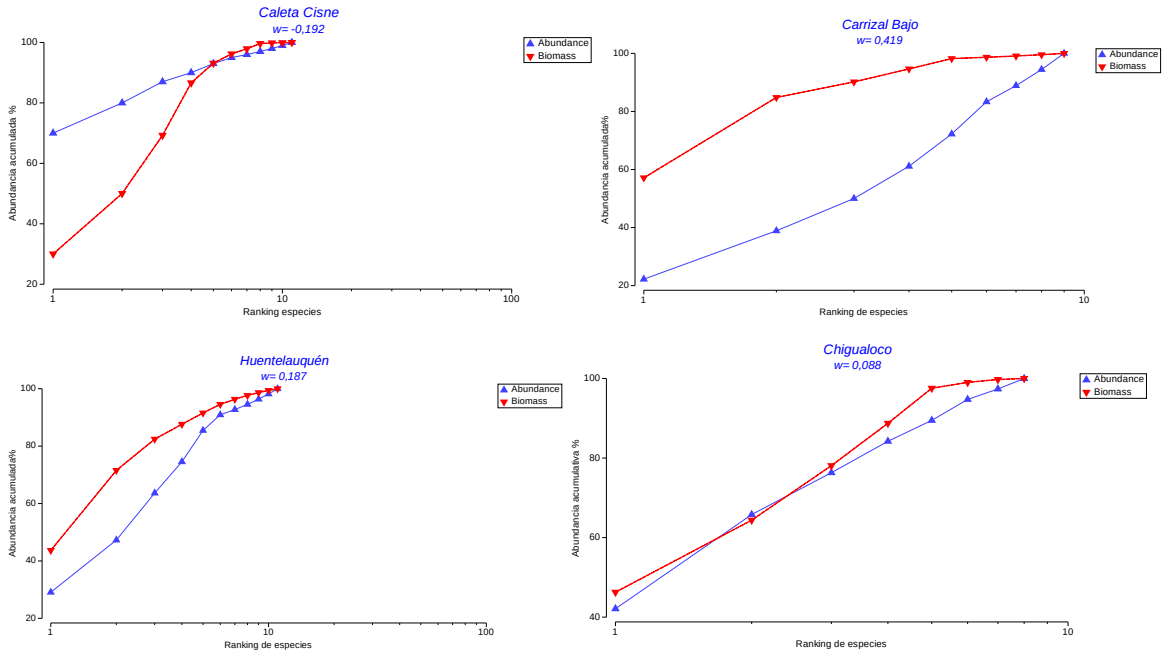


Figura 79. Curvas ABC de localidades clasificadas como No influenciadas, curvas con valores promedio de la campaña verano-22 e invierno 22.

Análisis de Componentes Principales (PCA)

El Análisis de Componentes Principales (PCA) se realizó para evaluar la variación en las variables ambientales medidas durante las campañas de muestreo de verano e invierno de 2022 en las 8 localidades de estudio, que incluyen 4 influenciadas y 4 no influenciadas antrópicamente.

El PCA reveló que los primeros cinco componentes principales (PC) explican una parte significativa de la variación total en los datos:

- PC1: Explica el 44,1% de la variación.
- PC2: Explica el 16,7% de la variación.
- PC3: Explica el 12,3% de la variación.
- PC4: Explica el 9,9% de la variación.
- PC5: Explica el 5,4% de la variación.

En conjunto, los primeros cinco componentes principales explican el 88,5% de la variación total en los datos (Tabla 62).

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Tabla 62. Resultados de los eingvalue del análisis de componetes principales obtenidos para las campañas de verano e invierno 2022, correspondientes tanto para las áreas influenciadas y no influenciadas antrópicamente de la región de Atacama y Coquimbo.

PC	EingValues	Variación (%)	Variación Acumulada (%)
1	6,17	44,1	44,1
2	2,34	16,7	60,8
3	1,72	12,3	73,1
4	1,39	9,9	83,0
5	0,76	5,4	88,4

Los vectores propios (coeficientes en las combinaciones lineales de variables que constituyen los componentes principales) indican la contribución de cada variable a los componentes principales, que se describen en la Tabla 63.

- PC1 (44.1% de variación): Las variables que más contribuyen a PC1 son Log(VARIABLE_VANADIO), Log(VARIABLE_ZINC), Log(VARIABLE_HIERRO), Log(VARIABLE_ARSÉNICO) y Log(VARIABLE_NIQUEL), indicando que los metales pesados tienen una influencia significativa en este componente (Tabla 63).
- PC2 (16.7% de variación): Las variables que más contribuyen a PC2 son VARIABLE_REDOX, Log(VARIABLE_PLOMO), y Log(VARIABLE_CADMIO), sugiriendo que las condiciones redox y ciertos metales pesados son importantes en esta dimensión (Tabla 63).
- PC3 (12.3% de variación): Las variables VARIABLE_TEMP, Log(VARIABLE_PLOMO), y VARIABLE_Ph son las que más contribuyen, lo que implica que la temperatura y el pH son críticos en esta dimensión (Tabla 63).
- PC4 (9.9% de variación): Este componente está dominado por VARIABLE_COT y VARIABLE_TEMP, indicando la importancia del carbono orgánico total y la temperatura (Tabla 63).
- PC5 (5.4% de variación): Las variables VARIABLE_MOT% y VARIABLE_COT son las principales contribuyentes, reflejando la influencia del contenido de materia orgánica (Tabla 63).

Tabla 63**.** Resultados de las variables (coeficiente de las combinaciones lineales) que componen los componentes principales obtenidos para las campañas de verano e invierno 2022, correspondientes tanto para las áreas influenciadas y no influenciadas antrópicamente de la región de Atacama y Coquimbo.

Variable	Componentes principales				
	PC1	**PC2**	**PC3**	**PC4**	**PC5**
VARIABLE_TEMP	-0,125	0,137	**-0,331**	**0,549**	-0,362
VARIABLE_Ph	-0,053	-0,439	**-0,384**	-0,077	-0,105
VARIABLE_REDOX	-0,153	**0,532**	-0,128	-0,128	0,293
VARIABLE_MOT%	0,286	-0,068	0,14	0,084	**-0,637**
VARIABLE_COT	-0,07	-0,145	-0,139	**0,688**	**0,397**
Log(VARIABLE_ARSÉNICO)	**0,353**	-0,02	-0,113	-0,147	-0,111
Log(VARIABLE_CADMIO)	-0,064	**-0,43**	-0,333	-0,311	0,226
Log(VARIABLE_PLOMO)	0,153	**0,425**	**-0,434**	-0,018	-0,072
Log(VARIABLE_ZINC)	**0,375**	0,126	0,024	0,054	0,075
Log(VARIABLE_COBRE)	0,335	-0,079	-0,339	-0,013	-0,024
Log(VARIABLE_HIERRO)	**0,373**	0,154	0,026	-0,042	0,183
Log(VARIABLE_NIQUEL)	**0,349**	-0,145	-0,221	0,112	0,196
Log(VARIABLE_VANADIO)	**0,385**	0,054	0,044	0,019	0,189
VARIABLE_GRAN	0,239	-0,208	0,456	0,243	0,162

El análisis de PCA proporcionó una visión inicial de las variables ambientales medidas durante las campañas de verano e invierno de 2022. Los primeros cinco componentes principales explicaron el 88,5% de la variación total en los datos, destacando la influencia significativa de los metales pesados, el potencial redox, la temperatura, el pH y el contenido de carbono orgánico total en las localidades de estudio, tanto influenciadas como no influenciadas antrópicamente. Estos resultados proporcionan una base para la identificación de patrones ambientales y su relación con los factores antropogénicos en los sectores estudiados.

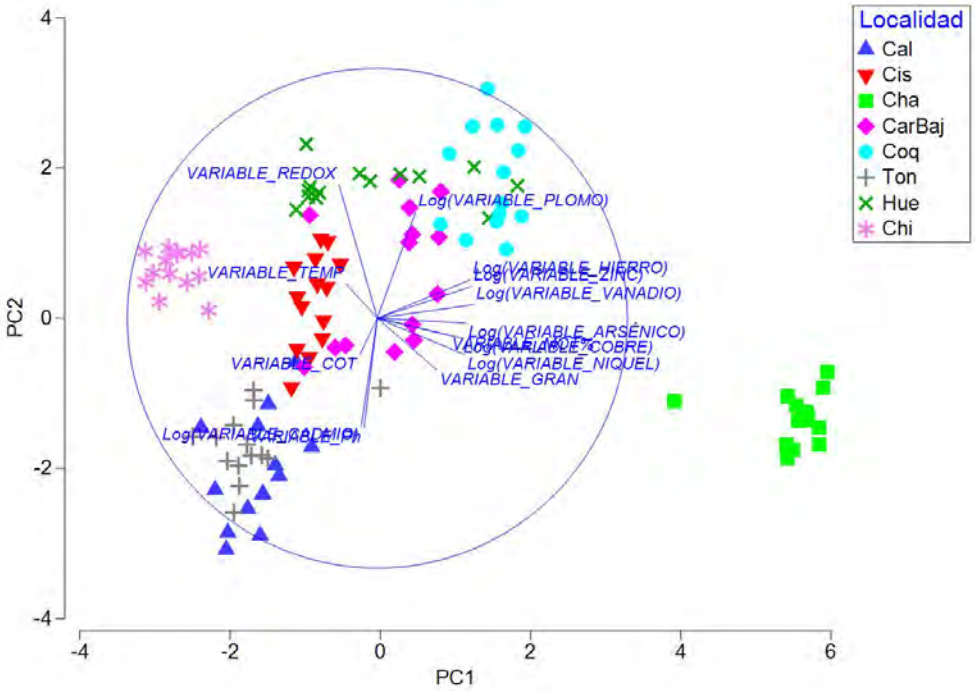


Figura 80. Grafico de análisis de componentes principales obtenida para las 8 localidades de estudios (Influencidas y No influenciadas), para las campañas de verano-22 e invierno 22.

BIOENV

El análisis BIOENV se realizó para identificar las variables ambientales que mejor explican los patrones biológicos observados en las localidades estudiadas durante las campañas de verano e invierno de 2022. En la Tabla 64 se presentan los resultados obtenidos para diferentes números de variables.

La interpretación de la Tabla 64, nos indica que el mejor resultado utilizando una sola variable fue con VARIABLE_REDOX, obteniendo una correlación de 0,397. Esto sugiere que las condiciones redox tienen una influencia considerable en los patrones biológicos.

Con dos variables, la combinación de VARIABLE_Ph y VARIABLE_GRAN mejoró la correlación a 0,552, indicando que el pH y la granulometría del sedimento juntos explican mejor la variación biológica (Tabla 64).

Con tres variables, al añadir Log(VARIABLE_PLOMO) a VARIABLE_REDOX y VARIABLE_GRAN, la correlación aumentó a 0,591 (Tabla 64). Esto sugiere que la

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

presencia de plomo, junto con las condiciones redox y la granulometría, son factores importantes.

Con cuatro variables, la inclusión de VARIABLE_MOT% (contenido de materia orgánica) a las tres variables anteriores mejoró la correlación a 0,597, indicando la importancia adicional de la materia orgánica en los patrones biológicos (Tabla 64).

Por último, con cinco variables: La combinación de VARIABLE_Ph, VARIABLE_REDOX, VARIABLE_MOT%, Log(VARIABLE_COBRE) y VARIABLE_GRAN proporcionó la mejor correlación de 0,613. Esta combinación muestra que la variación en los patrones biológicos está mejor explicada cuando se consideran estos cinco factores ambientales (Tabla 64).

Tabla 64**.** Resultados de la selección de variables con su respectiva corrrelacion de spearman (Rho) obtenidos para las campañas de verano e invierno 2022, correspondientes tanto para las áreas influenciadas y no influenciadas antrópicamente de la región de Atacama y Coquimbo.

No. de Variables	Correlación (Rho)	Selección de Variables
1	0,397	VARIABLE_REDOX
2	0,552	VARIABLE_Ph, VARIABLE_GRAN
3	0,591	VARIABLE_REDOX, Log(VARIABLE_PLOMO), VARIABLE_GRAN
4	0,597	VARIABLE_REDOX, VARIABLE_MOT%, Log(VARIABLE_PLOMO), VARIABLE_GRAN
5	0,613	VARIABLE_Ph, VARIABLE_REDOX, VARIABLE_MOT%, Log(VARIABLE_COBRE), VARIABLE_GRAN

El estadístico Rho de 0,613 es significativo al 0,1% de nivel de significancia, lo que indica una fuerte relación entre las variables ambientales seleccionadas y los patrones biológicos observados. Ninguna de las 999 permutaciones realizadas resultó en una correlación mayor o igual a 0,613, lo que refuerza la robustez de estos resultados.

En resumen, el análisis BIOENV identificó las combinaciones de variables ambientales que mejor explican los patrones biológicos en las localidades estudiadas. La combinación óptima de cinco variables (VARIABLE_Ph, VARIABLE_REDOX, VARIABLE_MOT%, Log(VARIABLE_COBRE), y VARIABLE_GRAN) mostró la correlación más alta (0,613), subrayando la importancia de estos factores en la estructura biológica de las

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

comunidades evaluadas. Estos resultados proporcionan una comprensión detallada de cómo las variables ambientales influyen en los patrones biológicos, lo que es crucial para la gestión y conservación de los ecosistemas en los sectores estudiados.

OBJETIVO ESPECIFICO 4. Ingresar la información obtenida a la base de macrofauna bentónica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Toda la información generada en el proyecto, incluyendo mediciones, datos y datos de laboratorio, ha sido presentada en formato digital, conforme a los estándares establecidos. Se han proporcionado los metadatos necesarios para identificar el conjunto de datos almacenados. Estos metadatos incluyen información como latitud, longitud, nombre del equipo, fecha de última calibración, profundidad de instalación, profundidad del fondo, horas de instalación y retiro, entre otros.

La información se entrega, según lo establecido en las Resoluciones Ex. N°932-18 y N°934-18 disponible en el enlace proporcionado por la Subsecretaría (http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-100081.html) y a lo solciitado mediante correo electròncio (Darwin Core). Ver anexo 7. Base de datos.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

DISCUSIÓN

El estudio llevado a cabo sobre las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos en las regiones de Atacama y Coquimbo representa un paso significativo en la comprensión de la ecología marina en estas áreas. Al integrar una amplia cantidad de información bibliográfica y georreferenciada, se logró establecer un diseño de monitoreo robusto que abarca diversos sectores influenciados y no influenciados por la actividad humana.

Un aspecto destacable de este estudio es la identificación de áreas menos influenciadas por actividades humanas, lo que subraya la importancia de considerar criterios específicos al seleccionar sitios de muestreo. Esta práctica está en consonancia con recomendaciones anteriores sobre diseño de estudios de campo en ambientes costeros (Hidalgo *et al,* 2017; Pérez *et al,* 2020). La inclusión de estas áreas menos afectadas proporciona una visión más completa de la diversidad y el funcionamiento de los ecosistemas marinos en la región.

La revisión documental, que se muestra en el presente informe, tuvo un énfasis particular en las regiones III y IV. Esto permitió apreciar la cantidad de estudios con referencia a: Macrofauna bentónica, características fisicoquímicas del agua y sedimento en la zona de estudio.

El análisis de la literatura consultada, indica que los sectores que presentan la mayor cantidad de información de utilidad para los objetivos de este proyecto, son aquellos lugares que han sido categorizados como "Afectado antrópicamente", en particular la bahía Caldera, bahía Inglesa y Puerto Caldera en la región de Atacama y bahía de Coquimbo, Los Vilos y Bahía Tongoy en la Región de Coquimbo, en general, se observó que la información de carácter ambiental está contenida principalmente en informes técnicos que son ingresados al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) mediante Declaraciones de Impacto Ambiental (Acuicultura) y Estudio de Impacto Ambiental (Emisarios) y por el contrario los resultados indican que hay escasa información en las zonas "No influenciadas" (Caleta Cisnes, Carrizal Bajo y Huentelauquén y Rada Chigualoco).

Luego realizar un análisis taxonómico de las muestras obtenidas en las campañas de monitoreo, se observa que los listados taxonómicos están compuestos en su mayoría por taxa determinados a nivel de especie-genero, Esto se suma importancia debido a que la

estimación del Índice AMBI requiere que las especies se reconozcan a nivel de especie al menos en los principales grupos (Anélidos, Crustáceos y Moluscos) y en segundo, que estas especies sean asignadas a algún grupo ecológico.

Uno de los principales alcances a la información utilizada, fue la escala-origen en la que se desarrolló, aspecto limitante en la toma de decisiones a nivel local. Esto fue especialmente limitante en la cobertura de microzonificación del borde costero, para otras fuentes de información se procedió a aplicar procesos determinísticos para llevar sus valores a nivel local de manera referencial como fue el caso de la batimetría en base a interpolaciones de cartas SHOA.

Como resultado de la cartografía generada que tuvo como insumos el análisis de la información consultada de diferentes fuentes, en cuanto a las actividades productivas, industriales u otras que se desarrollen en el borde costero, incluyendo la existencia de áreas protegidas, parques marinos y áreas que concentren biodiversidad, así como reuniones participativas con la contraparte técnica, se definieron los sectores de monitoreo los cuales serán monitoreados en las temporadas de verano e invierno (2022).

Una vez delimitado los polígonos, se diseñó un sistema de muestreo representativo de la unidad definida y delimitada, permitiendo cubrir de manera más óptima cada su ambiente identificado con puntos de monitoreos, para esto en cada sector se dispusieron 7 estaciones, cuya ubicación tomó en consideración la dirección de las corrientes predominantes, así como la ubicación de la o las fuentes de contaminación en aquellos sectores categorizados como Influenciados Antrópicamente.

En aquellas zonas donde se desarrolla alguna actividad antrópica, definiendo correctamente el área de influencia y la ubicación de estaciones, es probable encontrar gradientes en sus condiciones ambientales (%MO, redox, granulometría, COT, metales pesados, OD) y por lo tanto se podría detectar la sensibilidad de los parámetros e índices a analizar.

En términos taxonómicos es posible indicar que, en algunos casos no fue posible hacer la determinación completa de los ejemplares, por lo que éstos quedaron como morfoespecies, debido a que en varios de los grupos presentes no se cuenta con los insumos para su determinación, a modo de ejemplo, en crustáceos, es posible indicar que se reportaron especímenes pertenecientes al género *Ampelisca* sp. Estos presentaron una determinación compleja, ya que este género contiene muchas especies y no existe

una revisión reciente del grupo, por lo que determinar a especie requeriría la revisión y comparación de mucha literatura dispersa.

Por su parte en el grupo de los poliquetos, en algunos casos no fue posible realizar la determinación completa de los ejemplares. En el caso de la familia Polynoidae, los ejemplares recolectados no superan los 8mm de longitud y escasamente alcanzan los 12 segmentos quetígeros, siendo esta última característica uno de los elementos importantes al momento de la determinación; por otro lado, ninguno de los ejemplares poseía élitros que es otra característica que ayudaría en la determinación, es por esto que solo se pudieron ubicar en la subfamilia, esto gracias a la posición de las antenas. En el caso de algunas muestras con ejemplares de Capitellidae, Syllidae, Paraonidae, la no determinación de los mismos (algunos sólo a nivel genérico) obedece a las tallas de los ejemplares y en particular en Flabelligeriidae, Spionidae, Syllidae y Paraonidae en los cuales es sumamente importante determinar la morfología de las quetas y acículas (Syllidae), así como la distribución de las mismas, y en el caso de Spionidae y Paraonidae el número de pares de branquias. En el caso de algunos Capitellidae, éstos no están completamente desarrollados, es decir no desarrollado características de adultos, y por lo tanto podría confundirse con varios géneros o especies de la misma familia. Algunas taxa (Cirratulidae, Phyllodocidae, Paraonidae y posiblemente Capitella) correspondan al primer registro del género para Chile. En otros casos (Maldanidae, *Thoracophelia* sp.) obedece a que el material estaba muy deteriorado para poder identificarlo plenamente.

La composición y abundancia de las comunidades bentónicas en las zonas de estudio durante las campañas de verano e invierno de 2022 revelan diferencias significativas en respuesta a las variaciones estacionales en la mayoría de las localidades catalogadas como influenciadas (C1 vs C2). Los resultados muestran que durante el verano hay una mayor diversidad taxonómica y una distribución más equitativa de las especies en comparación con el invierno, lo que sugiere una mayor actividad biológica y disponibilidad de recursos en los meses más cálidos (Snelgrove *et al.,* 2017; Hidalgo *et al.,* 2020). La presencia de especies dominantes como *Nucula pisum* y Ostracoda en ambas estaciones indica su adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales.

La influencia antropogénica es evidente en áreas como bahía Caldera y bahía Coquimbo, donde dominan especies tolerantes a la contaminación como Ostracoda spp. y *Mulinia edulis* (Pérez *et al*., 2019; Rodríguez *et al.,* 2020). En contraste, en áreas menos

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

afectadas como caleta Cisnes y Carrizal Bajo, se observa una mayor diversidad y un equilibrio más saludable de taxones, reflejando una menor presión ambiental y una mayor integridad ecológica (Borja *et al.,* 2018; Teixeira *et al.,* 2021).

Las diferencias en la dominancia de ciertas especies tienen implicaciones importantes para el funcionamiento de los ecosistemas bentónicos y la provisión de servicios ecosistémicos clave como la sedimentación y la ciclización de nutrientes (Olsgard *et al.,* 2018; Carugati *et al.,* 2022). Por lo tanto, entender los factores que impulsan estas variaciones es crucial para la gestión y conservación efectiva de estos ecosistemas.

El análisis SIMPER destaca que, durante el verano, las especies que evidencian la disimilitud son los moluscos y poliquetos que predominan en los sectores influenciados, mientras que los crustáceos son más abundantes en los sectores no influenciados. Especies como *Nucula pisum*, *Mulinia edulis* y *Nassarius coppingeri* son comunes en áreas influenciadas, sugiriendo una mayor acumulación de materia orgánica (Levinton, 2001; Gutiérrez *et al.,* 2003). Los poliquetos *Lumbrineris cingulata*, *Prionospio peruana* y *Goniada uncinigera* también son más abundantes en estas áreas, indicando una adaptación a ambientes ricos en materia orgánica (Fauchald & Jumars, 1979).

En invierno, las especies *Nucula pisum*, *Lumbrineris cingulata* y *Ampelisca* spp. son las más destacadas en el análisis SIMPER utilizando un tamiz de 1 mm. Con un tamiz de 0,5 mm, *Lumbrineris cingulata* es reemplazada por *Spiophanes duplex*, mientras que *Ampelisca* spp. sigue siendo relevante. Las diferencias en la distribución de estas especies reflejan sus hábitos alimentarios y preferencias de hábitat: *Ampelisca* spp. prefiere sedimentos blandos y áreas con menor perturbación, mientras que *Spiophanes duplex* es común en zonas con alta sedimentación orgánica (Barnard & Karaman, 1991; Blake, 1996).En resumen, el estudio de la abundancia y composición de las comunidades bentónicas en las regiones de Atacama y Coquimbo proporciona información valiosa sobre la respuesta de estos ecosistemas a las influencias estacionales y antropogénicas, Los resultados resaltan la importancia de considerar la variabilidad espacial y temporal en los estudios de ecología marina y subrayan la necesidad de estrategias de manejo integradas que aborden tanto las presiones naturales como las causadas por la actividad humana.

Al realizar un análisis integrado de las variables analizadas es posible indicar que se debe reevaluar la categorización de los sitios "Influenciados" y "No influenciados" ya que todos

los metales pesados analizados están presentes en todas las localidades, con excepción de Ensenada Chapaco que presenta los mayores valores en todos los metales pesados, el resto de las localidades necesita un análisis en conjunto con la contraparte técnica, a fin de generar los rangos entre los cuales se definirán categorías de influencia antrópica. Se debería incorporar una nueva categoría "Moderadamente Influenciado".

La transparencia del agua, medida como la visibilidad, y las variaciones estacionales en la temperatura, la salinidad y la concentración de oxígeno disuelto, como se observó en este estudio, también han sido documentadas en investigaciones anteriores en Chile (Camus *et al*, 2020), La influencia de factores como la temporada, profundidad, la influencia de corrientes marinas en estos parámetros es fundamental para comprender la dinámica costera en esta región (Moraga *et al,* 2019),

Los niveles de metales y compuestos encontrados en los sedimentos marinos de algunas localidades, como Bahía Caldera, Ensenada Chapaco y Bahía Coquimbo, son motivo de alerta y reflejan la presencia de fuentes de contaminación locales, como la actividad industrial y portuaria (Ahumada *et al,* 2018), La detección de contaminantes como arsénico, plomo, cobre y cadmio en los sedimentos marinos resalta la importancia de monitorear y gestionar adecuadamente los recursos costeros en Chile (Barra *et al,,* 2021). En las costas chilenas no existen valores máximos normados de contaminantes o sustancias en sedimentos cuya presencia pueda suponer un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente marino o la preservación de los ecosistemas. Por este motivo, los valores umbrales o normas internacionales utilizados deben ser tomados como referencia. Ya que, estos valores pertenecen a diferentes lugares del mundo con realidades que podrían no ser similares a la zona Centro Norte del país, o bien estar enfocadas en la conservación de poblaciones o comunidades locales específicas. Además, las normativas consideradas no establecen valores límite máximos para todos los parámetros monitoreados por empresas privadas y entidades públicas. Por lo tanto, resulta complejo discriminar valores elevados de ciertas sustancias en los sedimentos sin la existencia de un umbral, el cual podría establecerse a partir de bibliografía sobre concentraciones letales o subletales, derivadas principalmente de investigaciones en laboratorio. Sin embargo, estos experimentos, realizados bajo condiciones controladas, no reflejan fielmente las condiciones en los sistemas naturales y suelen estar limitados a grupos de organismos o especies específicas.

Los sedimentos marinos juegan un rol clave en la acumulación y transformación de contaminantes en los ecosistemas bentónicos (Candfield, 1993). Estos sedimentos presentan un enriquecimiento de metales traza debido a procesos naturales como la erosión de rocas y suelo, aunque las actividades humanas incrementan la concentración de estos y otros metales (Hernández-Crespo & Martín, 2015). Esto se refleja en la diferencia en las concentraciones de As, Cd, Pb, Zn, Cu, Fe, Ni y V entre los sitios de estudio clasificados como influenciados y no influenciados. Al evaluar las concentraciones de metales en los sitios de estudio, se observó que algunos metales presentaron mayores concentraciones incluso en zonas catalogadas como no influenciadas (por ejemplo, Carrizal Bajo). Los resultados en general, muestran valores de metales reportados mayores que los registrados en otros estudios a nivel nacional (Sáez *et al*., 2012b; MMA, 2013; Parra *et al*., 2015; Salamanca *et al*., 2021).

Debido a su mayor exigencia, se utilizaron los valores indicados por la Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life (CEQGs) para la comparación de los resultados. Estas directrices, desarrolladas como herramientas de protección para ecosistemas acuáticos saludables, presentan dos rangos de valores: ISQG: Interim Sediments Quality Guidelines, que corresponden a los niveles en los que los parámetros raramente provocarían efectos adversos en la biota y PEL: Probable Effect Levels, que corresponde a las concentraciones que frecuentemente provocarían efectos adversos en la biota. Un valor bajo ISQG corresponde al nivel en el que no se esperan efectos biológicos, un valor entre ISQG y PEL indica que pueden ocurrir efectos adversos, y un valor sobre PEL indica la ocurrencia frecuente de efectos adversos. Solamente para Cadmio en la localidad de Carrizal Bajo (No Influenciada) se reportó que el 50 % de las muestras supera el límite PEL y por su parte para Cobre en la localidad de Ensenada Chapaco (Influenciada) el 100% de las muestras supera el límite PEL, esta localidad además presentó valores por sobre el ISQG para Zinc, Níquel y Arsénico. Además, este sector presentó *in situ* olor a H_2S, potencial redox negativo en ambas campañas, sedimento fino (limo) y los mayores valores de materia orgánica. A pesar de esto el índice AMBI indicó que esta localidad estaría catalogada como "No perturbado"- "Levemente Perturbado" en ambas campañas, dado a que las especies que dominan en este sector están categorizadas según el listado disponible, en GE I y II, es decir especies muy

sensibles e indiferentes al enriquecimiento de materia orgánica. Por lo que es importante tener una mejor clasificación de las especies presentes en nuestro territorio.

La evaluación del estado de salud de los ecosistemas marinos es crucial para su conservación y gestión sostenible. En este sentido, el Índice Biótico Marino (AMBI) ha sido ampliamente utilizado como una herramienta para evaluar la calidad del medio ambiente marino en diferentes partes del mundo, incluida la costa de Chile.

Varios estudios han aplicado el índice AMBI en la costa de Chile para evaluar la calidad ambiental y la salud de los ecosistemas costeros. Por ejemplo, un estudio realizado por Galleguillos *et al.* (2018) aplicó el índice AMBI en la Bahía de Coquimbo para evaluar la calidad del agua y los sedimentos marinos. Los resultados de este estudio mostraron que la bahía presentaba un estado ambiental moderado, con algunas áreas mostrando signos de contaminación debido a actividades antropogénicas locales.

El índice AMBI demostró ser una herramienta valiosa para evaluar la calidad ambiental de los sedimentos marinos, proporcionando información crítica sobre el estado ecológico de las áreas estudiadas. Sin embargo, la interpretación de los resultados debe ser abordada con cautela, considerando las variaciones estacionales y las influencias antropogénicas. Las discrepancias en las clasificaciones de perturbación moderada o no perturbada, como en Ensenada Chapaco, destacan la necesidad de un análisis más profundo y la validación del índice como estándar para la toma de decisiones en el país (Borja *et al.,* 2018; Carugati *et al*., 2022; Olsgard *et al.,* 2018). La combinación de AMBI con datos de parámetros físico-químicos y metales proporciona una visión integral de la salud de los ecosistemas bentónicos, crucial para la gestión y conservación de los ambientes marinos.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el índice AMBI no debe evaluarse de manera aislada y debe complementarse con otros índices ecológicos tradicionales para obtener una imagen más completa del estado de los ecosistemas marinos (Rey-Valette *et al*., 2017). Por ejemplo, los índices ecológicos tradicionales, la abundancia de especies indicadoras y la integridad del hábitat son aspectos importantes que deben considerarse en la evaluación de la salud de los ecosistemas costeros.

Además, una de las limitaciones del índice AMBI es su requerimeinto de llegar a niveles taxonómicos bajos, debido a la falta de especialistas taxonómicos en la región (Rojas *et al.,* 2019; Pérez-Schultheiss 2009). Esta limitación puede afectar la precisión de las evaluaciones del estado ambiental, ya que ciertas especies pueden tener respuestas

diferentes a los cambios ambientales y pueden ser indicadoras importantes de la calidad del medio ambiente marino.

Los resultados de este estudio contribuyen al conocimiento científico sobre la dinámica ambiental de los ecosistemas costeros en Chile y subrayan la importancia de la conservación y gestión sostenible de estos entornos para garantizar su salud y productividad a largo plazo. Las características físicas y químicas del agua y los sedimentos marinos en diversas localidades proporcionan información importante para comprender la dinámica de los ecosistemas costeros en la región y guiar la toma de decisiones en materia de conservación y gestión ambiental.

El presente estudio sobre las comunidades bentónicas submareales en las regiones de Atacama y Coquimbo ofrece una visión detallada de la ecología marina en la costa chilena. Al integrar una amplia cantidad de información georreferenciada, se estableció un diseño de monitoreo robusto que abarca áreas influenciadas y no influenciadas por la actividad humana. Se identificaron nuevas áreas menos afectadas por actividades humanas, resaltando la importancia de considerar criterios específicos al seleccionar sitios de muestreo. Sin embargo, se observa una escasez de información en las zonas menos influenciadas.

El análisis taxonómico reveló limitaciones en la identificación de especies, lo que puede afectar la precisión del índice AMBI. Además, se destacaron desafíos relacionados con la calidad y disponibilidad de índices ecológicos tradicionales.

Este estudio contribuye al conocimiento científico sobre la dinámica ambiental de los ecosistemas costeros del norte de Chile y destaca la necesidad de continuar investigando y monitoreando estos entornos para su conservación y gestión sostenible.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

CONCLUSIONES

- La información disponible de diversas fuentes se concentra principalmente en aquellas zonas que presentan múltiples usos, entre ellos transporte marítimo; actividad industrial y artesanal y para actividades municipales, Por su parte aquellas zonas alejadas de actividades antropogénicas y de las grandes ciudades presentan escasa información,
- Se observó una baja calidad de algunas de las fuentes de información secundaria, la cual requirió diferentes grados de procesamiento para corregir aspectos de carácter lógico, lo que comprometió una considerable cantidad de recursos en el caso de las concesiones marítimas de la Subsecretaría de las Fuerzas Armadas, Por otra parte, un gran número de información proveniente principalmente de informes técnicos que ingresan al SEA no se encuentran fácilmente disponibles,
- Para el estudio, se definen como áreas Influenciadas antrópicamente: Bahía Caldera, Ensenada Chapaco, Bahía Tongoy y Bahía Coquimbo y como zonas no influenciadas: Caleta Cisnes, Carrizal Bajo, Rada Chigualoco y Huentelauquén, se debería incorporar una categoría "Moderadamente Influenciada".
- Se ejecuta Plan y diseño de muestreo el cual se realizó en condiciones contrastantes: Verano-22 e invierno-22. Se realiza la toma de muestras en las 8 localidades definas en condición de verano e invierno,
- Se realizo un análisis detallado de la macrofauna bentónica de fondos blandos, así como de las variables físico-químicas y el oxígeno disuelto en profundidad para cada estación de muestreo, Esto proporciona una comprensión integral de la estructura y función de los ecosistemas marinos en la costa chilena, identificando patrones estacionales y algunas diferencias entre áreas influenciadas y no influenciadas por la actividad humana, Por su parte, si bien se observan diferencias en la abundancia y riqueza de especies con los tamices de abertura de malla de 1mm y 0,5mm estas no fueron significativas,
- El índice AMBI es una herramienta crítica y útil para evaluar la calidad ambiental de los ecosistemas marinos en la costa de Chile, particularmente en la evaluación de los sedimentos marinos. Sin embargo, su aplicación debe complementarse con otros índices ecológicos tradicionales y considerar las limitaciones asociadas con la disponibilidad de trabajos taxonómicos detallados. Para garantizar una gestión

ambiental precisa y sostenible, el uso del AMBI debe estar respaldado por un análisis más profundo y de largo aliento y complementado con otros métodos de evaluación.

- La combinación de parámetros ambientales que mejor representan la distribución de la macrofauna bentónica en las zonas de estudio son: pH-REDOX-MOT-Cobre-Granulometría.
- Se evidenció una baja oferta de especialistas en varios grupos (p.e Sipuncula y Amphipoda) esto genera que los costos sean significativamente superiores para lograr la suficiencia taxonómica y clasificación GE de cada taxa, esto es de suma importancia ya que puede repercutir en conclusiones erróneas del índice AMBI (p.e Ensenada Chapaco). Es necesario aumentar del conocimiento en la biología y ecología de las especies macrobentónicas presentes en el nuestro territorio. Además, es necesario contar con nuevos taxónomos con la capacidad de describir nuevas especies y generar herramientas de identificación de las especies presentes en nuestro territorio.
- La información obtenida se ha ingresado a la base de macrofauna bentónica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, fortaleciendo así la gestión y conservación de los recursos marinos al proporcionar datos actualizados y detallados sobre la biodiversidad y el estado ambiental de las áreas estudiadas.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abarca A. Pedro Toledo & Doris Oliva. 2018. Composición química de ejemplares de la almeja taquilla *Mulinia edulis* de bancos naturales del norte y sur de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 53. N°2: 265-272.

Aguilar L. 2005. DIA. Centro de Cultivo de *Macrocystis* sp. Sector Punta Pescadores. Bahía Inglesa. III Región - Atacama (Nº Pert. 204031011)". Informe de Laboratorio y Formulario CPS: http://www.e-seia.cl/elementosFisicos/enviados.php?iddocumento=1146661 [en línea]

Ahumada R. Pavissich JP & Escribano R. 2018. Metal contamination in sediments from San Vicente Bay. central Chile. Marine Pollution Bulletin. 127. 213-218.

Almonacid-Merino G. 2009. DIA. Cultivo comercial en mar de macroalgas *Macrocystis* spp y *Gracilaria Chilensi*. Proyecto "Cultivo en Mar de Macroalgas Pert: 207031022 en Sector Punta Negro Caldera III región de Atacama". INFORME TÉCNICO (DIA). AQBTE Nº 2310/08. para Compañía Minera Carmen. 43p.

Alonso JM. 2007. DIA. Modificación al Proyecto cultivo del ostión del norte en caleta Chasco. cultivos Carrizal Ltda Nº PERT. 206031053. Cultivos Carrizal Ltda. Análisis de Sedimentos. Concesión de Acuicultura. Proyecto "Cultivo del Ostión del Norte en Caleta Chasco". 3p.

Analytica Chañar Ltda.2006. DIA. Cultivo de Ostión del Norte en Caleta Medanitos. Bahía Salada. III Región de Atacama". NOVAMAR S.A. Análisis de Materia Orgánica en Sedimentos. 1p. e Informe de Ensayo Nº 20 - 06. 1p.

Arcadis Chile. 2012. Estudio de impacto ambiental Puerto Cruz Grande (Chungungo) IV Región. Compañía minera del pacífico 1-36

Applus. 2005. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS Y EMISARIO SUBMARINO-Coquimbo

Aguas del Valle. 2006. EIA. Los Vilos: Planta de tratamiento físico de aguas servidas y emisario submarino. Aguas del Valle. pag 140

Asesorías STIRLING. 2003. DIA"Centro de Cultivo de Ostiones Caldera". Marine Farms Chile S.A. Declaración de Impacto Ambiental Centro de Cultivo Ostiones Caldera (N°. Pert. 95030006). 197p.

Aquambiente LTDA. Asesorías Marítimas y Ambientales. 2008. DIA MONITOREO AMBIENTAL MARITIMO DE MUELLE EN PUNTA CALETA-CALDERA. Proyecto

"CANCHA DE ACOPIO SUR PARA EMBARQUE DE CONCENTRADO DE HIERRO DESDE PUERTO PUNTA CALETA" INFORME TÉCNICO (DIA). AQBTE Nº 2310/08. para Compañía Minera Carmen. 43p.

Allendes L. 2005. CULTIVO SUSPENDIDO DE OSTION DEL NORTE-La Higuera-totoralillo norte.

ASISTEC S.A. 2013. Implementación Centro de Cultivo Caleta Flamenco. Solicitud de Concesión de Acuicultura N°207031004 (DIA). Informe de Caracterización Preliminar de Sitio Proyecto Cultivo comercial de macrocystis sp. en mar sistema suspendido. caleta flamenca. comuna de chañaral. III region. para Cultivos Marinos Flamenco S.A.. 23p.

Aquacien Consultora Marítima. 2007. DIA Caracterización preliminar de sitio Categoría 3. Cultivo commercial en el mar de *Seriola lalandi* (dorado). Caleta Obispo. III región. Informe ténico. Solicitud 206031047. para Acuícola del Norte S.A.. 70p.

Araya JF & M Araya. 2015. The shallow-water chitons Mollusca. Polyplacophora) of Caldera. Region of Atacama. northern Chile. Zoosyst. Evol. 91 (1) 45–58.

Aquacien Consultora Marítima. 2007. DIACARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE SITIO CATEGORÍA 3 CULTIVO COMERCIAL EN MAR DE SERIOLA LALANDI (DORADO). CALETA OBISPO. III REGIÓN. INFORME TÉCNICO. PERT 206031038. para Acuícola del Norte S.A.. 70p.

Barra R, Urzúa S & Bahamonde P. (2021). Spatial distribution of trace elements in surface sediments of the Maipo River estuary. central Chile: Influence of anthropogenic activities and sedimentary processes. Marine Pollution Bulletin. 168. 112431

Basilio C, J Cañete & N Rozbaczylo. 1995. Polydora sp. (Spionidae). un poliqueto perforador de las valvas del ostión Argopecten purpuratus (Bivalvia: Pectinidae) en Bahía Tongoy. Chile. Revista de Biología Marina. 30(1): 71-77

B&CA–ASESORÍAS. 2010. DIA Proyecto Abastecimiento de Agua Desalinizada Mantoverde. III Región. En línea: http://seia.sea.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=4605115.

Bullock RC. 1988. The systematics of the southern hemisphere chiton genera Radsia gray 1847. and Sypharochiton TniELE. 1893 (Mollusca: Polyplacophora: Chitonidae). Proc. Biol. Soc. Wash. 101(2). pp. 280-299.

Bullock RC. 1998. The genus Chiton in the new world (Polyplacophora: Chitonidae). The Veliger 31(3-4): 141-191.

Bustos M. 2011. Declaración de Impacto Ambiental "Proyecto Acopio y Embarque de Mineral de Hierro Puerto de Caldera". LINEA BASE ECOLOGICA MARINA. ANEXO XXX. para CCA Chile Inversiones y Desarrollo Minero S.A.

Boudet Rommel I.1945. Los quitones chilenos. Revista Chilena de Historia Natural 48: 122-140.

Castillo A & Jorge Valdés. 2011. Contenido de metales en *Cancer polyodon* (Crustacea: Decapoda) en un sistema de bahías del norte de Chile (27°S). Latin American Journal of Aquatic Research 39(3): 461-470

Caillaux L, M Valdebenito, M Bravo, P Mackenney, J González, M Antiguay, F Guerrero & A Sánchez. 2009. Linea base de Medio Ambiente marino. Sector caleta Flamenco. III region. para Anglo American Norte S.A. (Proyecto Abastecimiento de Agua Desalada Mantoverde. III Región) Informe de Línea de Base. CEAMAR. 80p.

Campos E. 2017. Taxonomy of Pinnotheres bipunctatus Nicolet. 1849 with a distributional checklist of the Pinnotheridae of Chile and Peru. and a list of the Crustacea described by Hercule Nicolet in the Atlas of the Physical and Political History of Chile. Latin American Journal of Aquatic Research 45(2): 379-390

Camus P & A Arriagada. (2020). Climate change and the distribution of marine fauna in Chile: range shifts and possible future scenarios. Frontiers in Marine Science. 7. 68.

Cañete JI & RP Ambler. 1990. Growth and age determination in the Spirorbid polychaete Romanchella pustulata Knight-Jones. 1978. Revista de Biología Marina 25(2): 147-164.

Cañete JI & RP Ambler. 1994. Reclutamiento de Romanchella pustulata Knight-Jones. 1978 (Polychaeta: Spirorbidae) en la Bahía La Herradura. Coquimbo. Chile. Revista de Biología Marina 25(2): 147-164.

Cañete JI & RP Ambler. 1994. Reclutamiento de Romanchella pustulata Knight-Jones. 1978 (Polychaeta: Spirorbidae) en la Bahía La Herradura. Coquimbo. Chile. Gayana Oceanología 2(1): 19-24.

CESIAC. 2008. DIA"Cultivo de Macroalgas ÁREAS 1 y 2 Bahía Inglesa". CPS Bahía Inglesa. Categoría I para Hidrocultivos S.A. Informe Área 1. 9p. Informe Área 2. 9p.

CESIAC. 2008. DIA"Cultivo de Macroalgas PERT 207031021. Bahía Salado". CPS Bahía Salado. Categoría I para Hidrocultivos S.A.. 13p.

Contreras M, C Meruane, MF Baladrón, B Baumgartner, M Ojeda, M Martín, M Saavedra, E Abrigo & P Veas. 2013. DIA Planta Desaladora Bahía de Caldera. Región

de Atacama. Proyecto "Planta Desaladora Bahía Caldera". Informe de Estudio de Medio Marino. Anexo II. para Seven Seas Water Chile SpA. 204p.

Costasur consultores. 2005. Cultivo suspendido del ostión del norte (*Argopecten purpuratus*) en caleta Totoralillo Norte.

Costa azul Consultores Asociados. 2008. Línea base oceanográfica. sector Punta Alcalde. III Región. para Gestión Ambiental Consultores S.A. 89pp

Corporación Educacional Universidad del Mar. 2006. DIACultivo en Etapas de Engorda para la Producción en Cautiverio de Seriola lalandi en Puerto Flamenco (Proyecto DIA). Caracterización Preliminar de Sitio. para Acuícola del Norte S.A.. Corporación Educacional Universidad del Mar. 39p.

Costasur Consultores Ambientales. 2011.Línea de base del medio ambiente marino. sector Puerto Totoralillo. region de Atacama. Proyecto: Modificación del Puerto Punta Totoralillo. Informe Técnico. para Compañía Minera del Pacífico S.A.. 182p.

Doopler consultores. 2002. Centro de Cultivo de Salmonideos Caleta TotoralilloTrusal S.A.

Eugene V. Coan. 1998. Recent eastern pacific species of the bivalve Genus Semele. The Veliger 31(1/2): 1-42

Ecogestión Ambiental LTDA. 2015. Consultores Ambientales. DIA PROYECTO "Modificación emisario de descarga de riles Tres Quebradas". Programa Vigilancia Ambiental Emisarios Submarinos Tres Quebradas. Punta Pescadores y Caldereta. Compañía Pesquera Camanchaca S.A.. Bahía Inglesa. III Región De Atacama. Chile. Emisarios Submarinos Tres Quebradas. Punta Pescadores y Caldereta. Compañía Pesquera Camanchaca S.A.. Bahía Inglesa. III Región De Atacama. Chile. Informe Técnico para Cía. Pesquera Camanchaca S.A.. 95p.

Ecotecnos 2017. DIA" Planta Desalinizadora Guacolda". Guacolda Energía S.A. Estudio de línea base marina campañas Verano e invierno 2017. Proyecto Planta desalinizadora central Termoeléctrica Guacolda AES GENER S.A.. 551p.

Ecotecnos. 2014. Modernización Puerto de Coquimbo: Nuevo Sitio de Atraquen N° 3. Terminal Puerto Coquimbo S.A.

Ferreira. AJ. 1986. Revisión of the genus Acanthopleura Guilding. 1829 (Mollusca: Polyplacophora). The Veliger 28(3): 221-279

González E. 1987. A New Record Of Paracorophium hartmannorum Andres. 1975. From The Chilean Coast. With A Description Of The Adult (Amphipoda. Corophiidae). Proceedings of The Biological Society of Washington 99:21-28.

González SA W Stotz & D Lancellotti. 2014. Effects of the Discharge of Iron Ore Tailings on Subtidal Rocky-Bottom Communities in Northern Chile. Journal of Coastal Research. 30(3): 500-514.

Gestec Consultora. 2008. DIA Modificación del Sistema de tratamiento y disposición de riles. Spinetech Chile S.A.. Copiapó. III región. Proyecto Regularización del Sistema de Tratamiento y Disposición de RILES. Informe Técnico. para Compañía Minera del Pacífico S.A.. 182p.

Gestión Ambiental Consultores. (2013). DIA "Recepción y embarque de gráneles minerales". Puerto Las Losas S.A. Anexo 2-2: Resumen resultados seguimiento medio marino y ruido Puerto Las Losas Región de Atacama. Chile.

Hidrocultivos. 2003.DIA"Cultivo de Ostiones Hidrocultivos S.A." Informe CPS. Expedienteconsolidado.http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?idexpediente=5879&idExpediente=5879 [en línea]

Hidrocultivos.2010. DIA "Instalación de infraestructura de apoyo a la actividad de Acuicultura". Caracterización área descarga emisario sector Punta Fernández. Caldera. III Región. para HIDROCULTIVOS S.A.. 19p.

Illanes & Asociados. 2013. DIA "Adaptación de Unidades a la Nueva Norma de Emisión Para Centrales Termoeléctricas". Guacolda Energía S.A. ANEXO AD-7: CARACTERÍSTICAS FISICAS. QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL MEDIO MARINO. 36p.

Illanes J & asociados. 2016. EIA Proyecto Infraestructura complementaria. Minera los Pelambres. Minera los Pelambres. Sección III C (TABLA EMQ1) Y SECCIÓN III D 200pp

INPESCA 2006. DIA Sistema de Tratamiento y Disposición de los Residuos Industriales Líquidos de Pesquera Bahía Caldera S.A.. Caldera. III Región. Pesquera Bahía Caldera S.A. Anexo N° 4. Línea Base. DIA. Sistema de Tratamiento y Disposición de RILES Pesquera Bahía Caldera S.A.. Caldera. 54p.

INOSTROZA D. 2005. DIA"Cultivo de Pectinidos en Caleta San Pedro. Bahía Salada. III Región". Rodrigo Martínez De Los Ríos. CPS. Libro Excel. http://www.e-seia.cl/elementosFisicos/enviados.php?iddocumento=875804 [en línea].

Oliva L. 2001. DIA Hatchery de Abalón Rojo y Verde Sector El Morro Bahía Inglesa III Región. CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE MARINO SECTOR PUNTA EL MORRO. COMUNA DE CALDERA. PROVINCIA DE COPIAPÓ. REGIÓN DE ATACAMA. PARA Aquamont S. A.. 9p.

Jaramillo E, F Carrasco, P Quijón, M Pino & H Contreras. 1998. Distribución y estructura comunitaria de la macrofauna bentónica en la costa del norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71:459-478

Jürgen L, M Rojo, M Oliva, Wolf E & AS Thatje. 2007. Sublittoral soft bottom communities and diversity of Mejillones Bay in northern Chile (Humboldt Current upwelling system). Helgoland Marine Research 61:103–116.

Leighton G, I Salinas, M Cáceres, C Montoya, V Gudiño, A Pérez, P Winckler, A Olivares & S Avaria 2009. Diagnóstico de los efectos de las descargas líquidas en bahía Coquimbo. Informe Final Proyecto código BIP 30061296-0. Informes Científicos y Técnicos N° 124/2009. Universidad de Valparaíso. 429p

Leighton G, I Salinas, C Montoya, Jiménez F, A Pérez & V Gudiño.2009. Plan de Vigilancia Ambiental Bahía de Taltal. Empresa Nacional de Minería Planta José Antonio Moreno Antofagasta. Informes Científicos y Técnicos N° 8/2010. Universidad de Valparaíso. 130p

Leighton G, B Malet, E Soto, L López, H Sievers, JI Cañete, P García Tello, G Álvarez, R Astudillo, V Ríos, E Vivanco, S Zepeda & J Tapia.2008. Programa de Monitoreo Ambiental Punta Chungo. Bahía Conchalí Los Vilos. IV Región. Informes Científicos y Técnicos N° 012/98. Universidad de Valparaíso. 202p.

Leighton G. J Salcedo. L López. P García Tello. R Astudillo. V Ríos. A Jojot. P Barbosa. J Tapia. 1998. Programa de Monitoreo Ambiental Punta Chungo. Bahía Conchalí Los Vilos. IV Región. Informes Científicos y Técnicos N° 012/98. Universidad de Valparaíso. 202p

Marchant M. Dierk Hebbeln Gerold Wefer. 1998. Seasonal flux patterns of planktic foraminifera in the Peru-Chile Current.Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Volumen 45 (7) 1161-1185

Martínez R & E Dupré. 2010. Morfología comparada de los pleópodos del macho de Rhynchocinetes typus (Caridea: Rhynchocinetidae). Revista de Biología Marina y Oceanografía 45(1): 187-194

Mayano H. 1984. Bryozoa marinos chilenos VI. Cheilostomata Hippothoidae: South Eastern Pacific species. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción 57: 89-135.

Mayano H. 1989. Epibiosis en Bryozoa chilenos. Gayana Zoología 53(2): 45-61.

Mayano H. 1983. Southern pacific Bryzoa: A general view with emphasis on Chilean species. Gayana Zoología 46: 1-45

Lancellotti D. 2004. DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Cultivo de Ostiones; Cía Pesquera Camanchaca S.A. Nº 202031037. Informe de Laboratorio Concesión de Acuicultura. Proyecto Cultivo de Ostiones. para Cía Pesquera Camanchaca S.A.. 3p.

Lancellotti D. 2002. DIA Proyecto "Cultivo de Ostiones Camanchaca S.A.". Informe CPS. para Cía Pesquera Camanchaca S.A.. 15p.

Lee MR & JA Correa. 2005. Effects of copper mine tailings disposal on litoral meiofaunal assemblages in the Atacama region of northern Chile. Marine Environmental Research 59(1): 1-18

Lee MR & M Riveros.2012. Latitudinal trends in the species richness of free-living marine nematode assemblages from exposed sandy beaches along the coast of Chile (18-42 ºS). Marine Ecology 33: 317-325.

Litoral Austral. 2007. DIA Centro de Cultivos de Moluscos. Sector Caleta Obispito. Caldera. Proyecto "Cultivo de Ostiones en Caleta Obispito" Informe de Laboratorio. para Cía. Pesquera Camanchaca S.A.. 74p.

Litoral Austral. 2006. DIACentro de Cultivos de Moluscos. CALETA MORA. III Región. Proyecto "Cultivos de Abalón Rojo en Caleta Mora" Informe de Laboratorio. para Cía. Pesquera Camanchaca S.A.. 12p.

Litoral Austral 2008. Declaración de impacto Ambiental centro de cultivos de pectinidos. Sector Sur Punta Caldera. Nº PERT 205031024. Informe de Laboratorio. para Ricardo Guillermo Calvetti Zúñiga. 6p. Y Libro Excel "Formulario CPS"

Litoral Austral. 2008. Declaración de impacto Ambiental centro de cultivos de pectinidos Sector Oeste Península Caldereta. Nº PERT 205031025. Informe de Laboratorio. para Ricardo Guillermo Calvetti Zúñiga. 5p. Y Libro Excel "Formulario CPS"

Goldstein M & E Dupré. 2010. Sistema reproductivo de hembras y machos en Cancer setosus (Molina. 1782) (Decapoda. Brachyura). Latin American Journal of Aquatic Research 38(2): 274-280

Goldstein M & E Dupré. 2011. Modificación de la estructura espermática de la jaiba Cancer setosus (Molina. 1782) (Decapoda: Brachyura) durante su reacción acrosomal inducida Latin American Journal of Aquatic Research 39(1): 172-178.

Minera los Pelambres. 1998. EIA Modificación muelle mecanizado los Pelambres. Minera pelambres. pag 104

Mattos & M Romero. 2016. Imposex in Thaisella chocolata (Duclos. 1832) (Gastropoda: Muricidae) Caldera Bay. Chile. Latin American Journal of Aquatic Research 44(4): 825-834

Moraga. R & Olivares G. 2019. Seasonal and interannual variability of sea surface temperature along the coast of Chile (18°S–42°S). Remote Sensing. 11(11). 1295.

Oliva D, A Abarca, R Gutiérrez, L Herrera, Á Celis & R Durán. 2014. Effect of stocking density and food ration on growth and survival of veliger and pediveliger larvae of the taquilla clam Mulinia edulis reared in the laboratory. Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 49. Nº3: 567-575

Osorio C. 2012. Nueva especie del género Liotia (Gastropoda: Trochoidea: Liotiidae) del Pacífico sur oriental. norte de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 47. Nº3: 407-411

Oyarzún P, E Cabañas, J Toro, R Jaramillo, R Guiñez, C Briones & M Astorga. 2010. Análisis comparativo del ciclo gametogénico de *Perumytilus purpuratus* (Bivalvia: Mytilidae). en las localidades de Taltal y Huasco. norte de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 45(1): 43-58.

Ocean Matters S.A. 2008. Estudio impacto ambiental Centro de Cultivo de Abalones". Ocean Matters S.A.

OIKOS CHILE S.A. 2008. DIA "Sitio 2 Puerto Las Losas". Puerto Las Losas S. A. ANEXO A5 Comunidades bentónicas. para Puerto Las Losas S.A.. 24p.

Pérez-Schultheiss J. 2009. Biodiversidad, Taxonomia y el valor de los estudios descriptivos. Boletín de Biodiversidad de Chile 1(1):1-14.

POAL. (1997-2017). Programa de observación del ambiente litoral. Matriz de Agua para la región de Atacama. DIRECTEMAR.

POAL. (1997-2017). Programa de observación del ambiente litoral. Matriz de Biota para la región de Atacama. DIRECTEMAR.

POAL. (1997-2017). Programa de observación del ambiente litoral. Matriz de Sedimentos para la región de Atacama. DIRECTEMAR.

Rescan Consultants Inc. 1993. DIA "Mejoramiento Tecnológico para la Producción de Concentrados de Minerales de Hierro". Compañía Minera del Pacífico S.A. ESTUDIO OCEANOGRÁFICO Y SELECCIÓN DEL SITIO DE DESCARGA EN ENSENADA CHAPACO.

Risi D & A Mujica. 2014. Descripción de la primera zoea del cangrejo ermitaño Pagurus perlatus (Milne Edwards. 1848) (Decapoda: Anomura: Paguridae) obtenida en laboratorio. Latin American Journal of Aquatic Research. 42(3). 658-661.

Martínez R & E Dupré. 2010. Transferencia de espermatóforos en el camarón de roca Rhynchocinetes typus (Caridea: Rhynchocinetidae). Latin American Journal of Aquatic Research. 38(2). 265-269.

Rutllant J & Fuenzalida H. 2017. Coastal ocean climate of northern Chile. In The Coastal Ocean of Northern Chile (pp. 21-63). Springer. Cham.

SAIMIC LTDA. 2006. DIA Emisario Bahía Inglesa Punta pescadores. III Región de Atacama. Chile. Proyecto "Modificación Sistema de Descarga de Residuos Industriales Líquidos". Informe Técnico. para Cía. Pesquera Camanchaca S.A.. 124p.

SAIMIC LTDA. Declaración de Impacto Ambiental Emisario Tres Quebradas. Bahía Inglesa. III Región de Atacama. Chile. Proyecto "Modificación Proyecto Cultivo Abalón y su Disposición de RILES". Informe Técnico. para Cía. Pesquera Camanchaca S.A.. 113p.

Servicio de asesoría integral marítima de ingeniería y construcción naval limitada. (2006). Emisario Submarino Pesquera San José. ORISON S.A.

Sanhueza A, A Navarrete, I Opazo & P Camus. 2008. Caracterización trófica del placóforo intermareal *Enoplochiton niger* en el norte de Chile: variación ambiental y patrones dietarios a nivel local y regional. Revista Chilena de Historia Natural 81: 533-546

Sánchez M, JC. Castilla & O Mena. 1982. Variaciones Verano — Invierno de la Macrofauna de Arena en Playa Morrillos (Norte Chico. Chile). Studies on Neotropical Fauna and Environment 17. pp. 31-49

Schmiede P & V Videla. 1998. Ochetostoma baronii (Echiuridae) and Urechis chilensis (Urechidae). two echiuran worms from Coquimbo. Chile. Revista Chilena de Historia Natural 68: 303-309.

Soto E, Quiroga E, Ganga. B & Alarcón G. (2007). Influence of organic matter inputs and grain size on soft-bottom macrobenthic biodiversity in the upwelling ecosystem of central Chile. Marine Biodiversity. 47. 433–450.

Spano C, N Rozbaczylo, V Häussermann & R Bravo. 2013. Redescription of the sea anemones Anthopleura hermaphroditica and Bunodactis hermafroditica (Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria) from Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 48. Nº3: 521-534

STIPA Totoralillo. (2012). Modificación de Proyecto técnico (SOL. Nº 212041002): cultivo comercial de ostión del norte. mitílidos y macrocystis sp. En el sector de caleta Totoralillo Norte. La Higuera - IV Región. STI Pescadores Artesanales Totoralillo Norte La Higuera. Coquimbo - IV Región.

Thurston M, Petrillo M & N Della Croce. 2002. Population structure of the necrophagous amphipod Eurythenes gryllus (Amphipoda: Gammaridea) from the Atacama Trench (south-east Pacific Ocean). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 82. 205-211.

Villaseñor-Parada C & PE Neill. 2011. Distribución espacial de epifitos en el talo de la macroalga introducida Codium fragile subsp. tomentosoides en el submareal de Caldera. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 46(2). 257-262.

Vilches C, Pradenas J, Quiñones A & A Brante. 2012. Asociación de Crepidula coquimbensis con Pagurus edwardsi: efecto sobre el potencial de dispersión y diferenciación genético poblacional. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 47(2). 327-331.

Viviani C. 1969. Die Bryozoen (Ento- und Ectoprocta) des chilenischen Litorals. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Justus-Liebig-Universität Giessen. 207 pp.

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

ANEXO 1. ACTA DE REUNIONES DE COORDINACIÓN

Universidad de Valparaíso CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y DE RECURSOS NATURALES

PROYECTO FIPA N° 2018-21

"LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS SUBMAREALES DE FONDOS BLANDOS Y LA APLICACIÓN DE INDICES BIOLOGICOS (AMBI) PARA SU EVALUACIÓN AMBIENTAL, ZONA NORTE A LA CENTRO (2da Etapa) "

Lugar: Ed. Centenario Piso 17 - 06 - Mayo - 2019.

Motivo: REUNION DE COORDINACIÓN INICIAL

Hora Inicio: 15:02

Hora Fin: 16:00

N°	Nombre	Institución /Organización	Correo electrónico	Teléfono	FIRMA
1	Carolina Romero	SUBPESCA	gromero@subpesca.cl	32/2502851	
2	MALÚ ZALAZAR	FIPA	malz@subpesca.cl	32 2502843	
3	Flor Uribe	SUBPESCA	furibe@subpesca.cl	32 2502765	
4	Víctor Gudino G.	UVlpmarco	victor.gudino@uv.cl	32-2507800	
5	Gerardo Leighton	UVolpo	gerard.leighton@uv.cl	99229815	
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					

Av. Borgoño 16.344 Montemar, Reñaca ✆ Teléfonos (32)2 507860- (32) 2507832
victor.gudino@uv.cl

Actividad N°2: Reunión de coordinación

Fecha: 06 de mayo de 2019

Hora inicio: 15:00

Hora fin: 16:00

Tabla:

- Revisión de metodologías y Plan de Trabajo
- Presentación equipo de trabajo

Resumen Reunión

1) Se revisa plan de trabajo, analizando las actividades en el tiempo (cronograma), con el fin de determinar el mes de inicio de los muestreos, tomando en cuenta el desfase en el inicio del proyecto,

Acuerdo: Se acuerda realizar Reunión de Trabajo para Revisión del Plan de Monitoreo la segunda semana de agosto (5 al 9 de agosto) de 2019 y definir la ubicación de las estaciones y meses de muestreo, La pesca de investigación se ingresará una vez definidos los sectores de monitoreo,

2) Se revisan las metodologías propuestas para la ubicación de las estaciones de muestreo y metodologías de análisis,

No se presentan observaciones.

3) Por parte de la contraparte técnica se compromete a entregar los informes de CPS (si es posible) e INFAS, así como los informes finales con sus respectivas bases de datos de los siguientes proyectos indicados en las bases:

I. "Elaboración de un Catastro de Macrofauna Bentónica y la Aplicación de Índices biológicos para la Evaluación Ambiental de las comunidades bentónicas submareales"

II. " Levantamiento de información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y caracterización de su condición ambiental usando índices biológicos (AMBI) y variables físicas y químicos en la zona sur (1ra etapa)

4) Por parte de la Universidad se compromete a enviar carta Gantt actualizada,

5) Se aclara que forman parte del equipo de la Universidad los Sres, David Jara y Patricio Rivera, encargados de la migración de la información generada en el proyecto, Además de la Sra, Viviana Martínez que apoyará en la coordinación de las actividades de terreno y elaboración de informes y Sr, Carlos Arenas quien apoyará en la elaboración de la cartografía SIG,

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Universidad de Valparaíso CHILE

PROYECTO: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN ED LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS SUBMAREALES DE FONDOS BLANDOS Y LA APLICACIÓN DE ÍNDICES BIOLÓGICOS PARA SU EVALUACIÓN AMBIENTAL: ZONAS NORTE A LA CENTRO NORTE
PROYECTO FIPA N° 2018- 21

Lugar: Ed. Gobernación Pza 17 - 09-agosto-2019.-

Motivo: Descripción y definición de sectores (Actividad 4 y 5); Revisión plan de monitoreo (Actividad 7.)

Hora inicio:10:00 - 11:45
Hora Fin: 11:45.-

N°	Nombre	Institución/ Organización	Mail	Teléfono	Firma
1	Flavia Uribe R	SUBPESCA	furibe@subpesca.cl	32-2502765	
2	Gabriela Romero R	SUBPESCA	gromero@subpesca.	32-2502851	
3	Gerardo Leighton	Univ. Valparaíso	gerard.leighton@uv.cl	993249665	
4	Victor Gudiño	✓	victor.gudiño@uv.cl	32276853	
5	Carlos Arenas	✓	c.arenas@sernapesca	961404298	
6					
7					
8					
9					
10					

Página 1 de 2

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Actividad N°7 y N°8: "Reunión de coordinación: Revisión del plan de monitoreo"

Fecha: 09 de agosto de 2019

Hora inicio: 10:00

Hora fin: 11:45

Tabla

- **Definir bahías levantamiento de información (intervenida vs no intervenida)**
- **Definir fechas de muestreo**
- **Definir ubicación de las estaciones de monitoreo**

Resumen Reunión

1) Por parte de la Universidad de Valparaíso se exponen los resultados correspondientes a las actividades N°3 (Levantamiento de información bibliográfica), N°4 (Plan y diseño de muestreo) y N°5 (Descripción de sectores) del Plan de Actividades,
Como resultado del análisis de datos recolectados, se concluye que los 8 sectores definidos por la contraparte técnica en las Bases Técnicas del proyecto se encuentran en condición **"Influenciadas antrópicamente**",
En base a la información recolectada de diversas fuentes (al 08/08/2019), se identifican otros sectores que no se encontrarían afectados por alguna actividad antrópica,
Como resultado del análisis, por parte del equipo técnico de la Universidad de Valparaíso se proponen las siguientes Bahías/Sectores para la realización de los muestreos destinados al levantamiento de información e comunidades bentónicas y su posterior aplicación de índices biológicos,

Área	Región	Sector de monitoreo	Condición
Copiapó	Atacama	Bahía Caldera	Influenciada antrópicamente
		Punta Alcalde	Influenciada antrópicamente
		Caleta Cisne	No Influenciada antrópicamente
		Carrizal Bajo	No Influenciada antrópicamente
Coquimbo	Coquimbo	Bahía Coquimbo	Influenciada antrópicamente
		Bahía Tongoy	Influenciada antrópicamente
		Huentelauquén	No Influenciada antrópicamente
		Chigualoco	No Influenciada antrópicamente

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

Observación: Por parte de la Contraparte Técnica se indica que es de interés incluir dentro de los sectores de muestreo identificados como "Afectados antrópicamente" a "Ensenada Chapaco",

Acuerdo: La Contraparte Técnica se compromete a tomar la decisión con respeto a incluir "Ensenada Chapaco" o "Punta Alcalde" como sector "Afectados antrópicamente", Por su parte la Universidad ingresará la solicitud de pesca de Investigación incluyendo los dos sectores,

2) Se analiza la fecha de realización de la primera campaña de muestreo, tomando en consideración, la fecha de inicio del proyecto (trámite administrativo de adjudicación y firma de contrato) y la selección de fechas que permitan realizar los monitoreos en condiciones contrastantes según lo indicado en las bases (verano-otoño vs invierno-primavera), A raíz de este análisis se define que las fechas para la realización de los muestreos serán las siguientes:

Fecha	Región	Condición
Enero 2020	Coquimbo	Verano
Febrero 2020	Atacama	Verano
Junio 2020	Atacama	Invierno
Julio 2020	Coquimbo	Invierno

Observaciones: Dado que el primer informe de avance se realizará conforme a lo señalado en la resolución que adjudica la ejecución del proyecto, dicho informe deberá mantener la carta Gantt original,
La solicitud de aprobación de la nueva carga Gantt, que conlleva el postergar la entrega de informe de avance 2 en adelante, deberá realizarse aparte,
Acuerdo: Una vez ingresado el primer informe de avance se solicitará por parte de la Universidad de Valparaíso la aprobación de la nueva carta Gantt,

3) Para la ubicación de las estaciones de muestreo se considerará la información de datos de correntómetros instalados de las zonas de estudio y la ubicación de las fuentes de contaminación,

Observaciones: Sin observaciones

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

ANEXO 2. Cuadro detallado de personal participante por actividad

N°	Actividad	Personal Participante	Año 2019				Año 2022									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			Horas													
1	Solicitud de pesca de investigación y permiso SHOA	Gerardo Leighton				4										
		Victor Gudiño				4										
		Viviana Martínez				4										
2	Reunión de Coordinación	Gerardo Leighton	1													
		Victor Gudiño	1													
3	Levantamiento de información bibliográfica	Alejandra Miranda	40	40	10	10										
		Fernando Jiménez	40	40	10	10										
		Viviana Martínez	40	40	10	10										
4	Plan y diseño de Muestreo	Gerardo Leighton	20	20	10	10										
		Victor Gudiño	10	10	10	10										
		Viviana Martínez			10	10										
		Carlos Arenas			5	5										
5	Descripción de sectores	Victor Gudiño	5	5	5	5										
		Viviana Martínez			5	5										
		Carlos Arenas			20	20										

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

6	Análisis de información para el establecimiento de las estaciones de muestreo	Victor Gudiño			5	5										
		Viviana Martínez			5	5										
		Carlos Arenas			20	20										
7	Revisión de plan de monitoreo con SUBPESCA	Gerardo Leighton				2										
		Victor Gudiño				2										
		Carlos Arenas				2										
8	Elaboración y envió Acta revisión de plan de monitoreo a FIPA	Victor Gudiño				2										
9	Coordinación Campaña 1 Verano Región Atacama y Coquimbo	Victor Gudiño					20									
		Viviana Martínez					20	10	10							
10	Ejecución Campaña 1 Verano, región de Atacama	Victor Gudiño					100	100	100							
		Viviana Martínez					100	100	100							
		Sebastián Larrea					100	100	100							
		Alonso Núñez					100	100	100							
		Benjamín Romo					100	100	100							
11	Ejecución Campaña 1 Verano, región de Coquimbo	Victor Gudiño					100	100	100							
		Viviana Martínez					100	100	100							
		Sebastián Larrea					100	100	100							
		Alonso Núñez					100	100	100							
		Benjamín Romo					100	100	100							

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile

12	Procesamiento y análisis de campaña 1	Victor Gudiño							20	20	20	20	20	20	20	
		Viviana Martínez							20	20	20	20	20	20	20	
		Sebastián Larrea							120	120	120	120	120	120	120	
		Alejandra Miranda							120	120	120	120	120	120	120	
		Fernando Jiménez							120	120	120	120	120	120	120	
		Alonso Núñez							120	120	120	120	120	120	120	
13	Coordinación Campaña 2 Invierno Región Atacama y Coquimbo	Victor Gudiño										20				
		Viviana Martínez										20	10	10		
14	Ejecución Campaña 2 Invierno, región de Atacama	Victor Gudiño											100	100		
		Viviana Martínez											100	100		
		Sebastián Larrea											100	100		
		Alonso Núñez											100	100		
		Maximiliano Labbe											100	100		
15	Ejecución Campaña 2 Invierno, región de Coquimbo	Victor Gudiño												100	100	
		Viviana Martínez												100	100	
		Victor Gudiño												100	100	
		Viviana Martínez												100	100	
		Sebastián Larrea												100	100	
		Alonso Núñez												100	100	
		Maximiliano Labbe												100	100	
16	Procesamiento y análisis de	Viviana Martínez													20	

	campaña 2	Victor Gudiño													20	
17	Estimación de índices	Victor Gudiño													20	
		Viviana Martínez													20	
18	Análisis integrado e informe del estado ambiental de los sectores estudiados	Victor Gudiño													5	
		Viviana Martínez			20	20									5	
25	Elaboración informe de avance 1	Gerardo Leighton			20	20										
		Victor Gudiño			20	20										
		Viviana Martínez			20	20										
		Carlos Arenas			20	20										
		Alejandra Miranda			20	20										
		Fernando Jiménez			20	20										
		Sebastián Larrea			20	20										
26	Elaboración de informe avance 2	Gerardo Leighton										20	20	20	20	20
		Victor Gudiño										20	20	20	20	20
		Viviana Martínez										20	20	20	20	20

ANEXO 3. Resultados Macrofauna SIMPER (DIGITAL)

ANEXO 4. Resultados Macrofauna (DIGITAL)

ANEXO 5. Resultados Laboratorio Metales Pesados (DIGITAL)

ANEXO 6. Revisión Bibliográfica_Matriz coordenadas (DIGITAL)

ANEXO 7. Normativa internacional

Tabla 1.- Límites referenciales normativos para sedimento aplicados en el área de estudio

	CCME 2002 (Canada)		Buchman 2008 (NOAA)		Australia and New Zealand Environment 2000		Ecological Screening criteria ASM (New Jersey)	
Parámetro	ISQG	PEL	ERL	ERM	ISQG (Low)	ISQG (High)	ERL	ERM
Arsénico	7,24	41,6	8,2	70	20	70	8,2	70
Cadmio	0,7	4,2	1,2	9,6	1,5	10	1,2	9,6
Cobre	18,7	108	34	270	65	270	34	270
Zinc	124	271	150	410	200	410	150	410
Plomo	30,2	112	46,7	218	50	220	47	218
Níquel			20,9	51,6	21	52	21	52

Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life (CCME 2002). Los criterios de esta norma son: ISQG: Interim Sediments Quality Guidelines, que corresponden a los niveles en los que los parámetros raramente provocarían efectos adversos en la biota. PEL: Probable Effect Levels, que corresponde a las concentraciones que frecuentemente provocarían efectos adversos en la biota.
Screening Quick reference tables del NOAA Buchman (2008). Los criterios son: ERL: Effect Range-Low. Concentración a la que los efectos son escasamente observados. ERM: Effect Range-Median. Concentración a la cual los efectos se observarán siempre o generalmente
Australian and Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters. Sediment quality guidelines
Ecological Screening Criteria ASM de New Jersey. Esta norma también establece dos criterios: ERL: Effect Range-Low. Concentración a la que los efectos son escasamente observados. o ERM: Effect Range-Median. Concentración a la cual los efectos se observarán siempre o generalmente.

Referencias.

Australian and New Zealand Environment and Conservation Counsil (2000). Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality, Vol. 1.

CCME, (2002). Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of aquatic life, summary tables. Canadian Council of Ministers of the Environment.

Department of Environmental Quality, Oregon (2015) Aquatic Life Water Quality Criteria for Toxic Pollutants, Table 30, Effective aquatic life criteria.

New Jersey Department of Environmental Protection (2015). Ecological Screening Criteria. Division of Water Quality, New Jersey Department of Environmental Protection, USA

Av. Borgoño Nº 16.344 Montemar ● Casilla 5080 Reñaca ● Teléfonos (32) 2507832 – (32) 2507824
·Viña del Mar ● Chile