



INFORME FINAL

**“LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS
SUBMAREALES DE FONDOS BLANDOS Y CARACTERIZACIÓN DE SU
CONDICIÓN AMBIENTAL USANDO INDICES BIOLÓGICOS (AMBI) Y
VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICOS EN LA ZONA SUR (1RA ETAPA)”.**

PROYECTO FIP N°2016-02

ID 4728 _53_ LQ16

**INSTITUCIÓN OFERENTE: UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE-SEDE PUERTO
MONTT**

INSTITUTO DE ACUICULTURA

INSTITUCIÓN ASOCIADA/SUBCONTRATADA: FUNDACIÓN AZTI TECNALIA

UNIDAD DE GESTIÓN INTEGRAL DEL AMBIENTE

PAÍS VASCO-ESPAÑA

OCTUBRE 2018

Informe elaborado por:

Sandra Marín, Directora General. Universidad Austral de Chile

Estrella Hernández, Directora Alterna. Universidad Austral de Chile

Rosa Núñez, Coordinadora Técnica. Universidad Austral de Chile

Claudia Zil, Encargada bases de datos. Universidad Austral de Chile

Ángel Borja, Asesor Internacional, análisis de datos y relator taller de transferencia agentes públicos.

Fundación AZTI Tecnalia, España

Iñigo Muxika, Asesor Internacional, análisis de datos. Fundación AZTI Tecnalia, España

Colaboradores:

Loreto Pino, Analista de macrofauna y coordinadora terrenos. Universidad Austral de Chile

Thamara Matamala, Analista de macrofauna y apoyo terrenos. Universidad Austral de Chile

Javier Sellanes, Analista Experto taxonómico. Universidad Católica del Norte

Jorge Pérez, Analista Experto taxonómico. Museo Nacional de Historia Natural

Eulogio Soto, Analista Experto taxonómico. Universidad de Valparaíso

Sandra Madariaga, Consultora Asesoría preparación winkler terrenos.

INDICE GENERAL

I.	RESUMEN EJECUTIVO.....	13
I.1.	Resumen en español.....	13
I.2.	Resumen en Inglés (Abstract).....	18
II.	OBJETIVO GENERAL.....	23
III.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
IV.	ANTECEDENTES	24
V.	METODOLOGÍA	29
V.1	OBJETIVO 1: Proponer un diseño de monitoreo en áreas influenciadas por la acuicultura y alejadas de la influencia de la acuicultura, en las regiones de Los Lagos y Aysén durante los periodos otoño-invierno y primavera-verano.....	29
V.1.1	Diseño de monitoreo	29
V.1.1.1	Contexto	29
V.1.1.2	Etapas	33
V.1.2.	Análisis del Plan de Monitoreo	57
V.2	OBJETIVO 2: Analizar para cada estación de muestreo la macrofauna bentónica de fondos blandos, granulometría y textura, %MOT, pH y Redox en sedimentos y oxígeno disuelto en profundidad, entre otras variables.....	58
V.2.1	Actividades en la embarcación.....	58
V.2.2	Macrofauna bentónica	61
V.2.3	Variables físicas y químicas del sedimento.....	66
V.2.4	Parámetros químicos de la columna de agua.....	68
V.2.5	Análisis de los Datos	69
V.3	OBJETIVO 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.	70
V.4	OBJETIVO 4: Ingresar la información obtenida a la base de macrofauna bentónica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.....	75
V.5	OBJETIVO 5. Transferir el modelo de evaluación de la condición ambiental, en base al AMBI, a los usuarios de las entidades gubernamentales con competencia en la evaluación ambiental. .	77
5.	RESULTADOS.....	78
VI.1	PLAN DE TRABAJO.....	78
VI.2	OBJETIVO 1: Proponer un diseño de monitoreo en áreas influenciadas por la acuicultura y alejadas de la influencia de la acuicultura, en las regiones de Los Lagos y Aysén durante los periodos otoño-invierno y primavera-verano.....	82

VI.2.1	Diseño de monitoreo	82
VI.2.2	Análisis plan de muestreo: Evaluación técnica – económica muestreos.....	93
VI.3	OBJETIVO 2: Analizar para cada estación de muestreo la macrofauna bentónica de fondos blandos, granulometría y textura, %MOT, pH y redox en sedimentos y oxígeno disuelto en profundidad, entre otras variables.	106
VI.3.1.	Variables químicas y físicas del sedimento y columna de agua	106
VI.3.1.1	Granulometría y textura.....	107
VI.3.1.2	Materia orgánica total, redox, pH y temperatura del sedimento, oxígeno disuelto. 111	
VI.3.1.3	Comparación zonas influenciadas y menos influenciadas	124
VI.3.2.	Macrofauna bentónica.....	126
VI.3.2.1.	Índice Biótico AMBI	126
VI.3.2.2.	Comparación AMBI zonas influenciadas y menos influenciadas y estación del año	132
VI.3.2.3.	Relación porcentaje de individuos por grupo ecológico y redox	132
VI.3.2.4.	Porcentaje de especies no asignadas a grupo ecológico.....	135
VI.3.2.5.	Indicadores comunitarios	136
VI.4.	OBJETIVO 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.	140
VI.5.	OBJETIVO 4: Ingresar la información obtenida a la base de macrofauna bentónica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.....	149
VI.6.	OBJETIVO 5. Transferir el modelo de evaluación de la condición ambiental, en base al AMBI, a los usuarios de las entidades gubernamentales con competencia en la evaluación ambiental.	160
VII.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	164
VIII.	CONCLUSIONES	171
IX.	BIBLIOGRAFÍA	173
X.	AGRADECIMIENTOS	180
XI.	ANEXOS	181
	ANEXO 1: Información bibliográfica Caracterización de áreas de estudio	181
	ANEXO 2: Metodología Winkler	197
	ANEXO 3: Registros Transferencia.....	201
	ANEXO 4: Modificación del convenio de investigación.....	216
	ANEXO 5. Personal Participante por Actividad	223
	ANEXO 6. Imagen archivo Darwin Core de las muestras del FIPA ingresadas en colección de referencia de la Universidad Católica del Norte.....	228

ANEXO 7. Listado de especies no asignadas grupo ecológico (GE) y asignación sugerida por expertos.	229
ANEXO 8. Documentación Base de Datos en SQL Server 2008	231

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de las etapas involucradas en la definición del diseño de muestreo, así como el objetivo u objetivos de cada etapa y las fuentes de información para cada etapa.	32
Tabla 2. Valorizaciones dadas a los distintos niveles para cada criterio. Entre paréntesis se indica la ponderación dada al criterio.	35
Tabla 3. Cálculo del Indicador de Cumplimiento de criterios para la selección de zonas influenciadas y no influenciadas por acuicultura. V: valorización, AA: Actividad acuícola, FBP: Fondos blandos y profundidad, MOT: Materia orgánica total, MF: macrofauna bentónica.....	37
Tabla 4. Información sobre los centros de cultivo de salmónidos que sirvieron de referencia para la selección zonas influenciadas por la acuicultura. Fuente: Sernapesca.....	44
Tabla 5. Información sobre los centros de cultivo de salmónidos que sirvieron de referencia para la selección zonas menos influenciadas por la acuicultura. Fuente: Sernapesca.	44
Tabla 6. Información de corrientes asociadas a los centros de cultivo de salmónidos que sirvieron de referencia para la selección zonas influenciadas.	45
Tabla 7. Distancia desde el centro de cultivo hasta la estación de muestreo para las zonas influenciadas por la acuicultura en las regiones de Los Lagos y Aysén. El primer número de la columna estación indica la zona. 1: Zona Seno Reloncaví, 2: Zona Chiloé Centro, 7: Zona Melinka, 8: Zona Melinka Central. Segundo número en columna estación indica sector y el tercero estación.	46
Tabla 8. Distancia desde el centro de cultivo (cuando fue posible identificar alguno) hasta la estación de muestreo para las zonas menos influenciadas por la acuicultura en las regiones de Los Lagos y Aysén. El primer número de la columna estación indica la zona. 3: Zona Corcovado, 4: Zona Tic Toc, 5: Zona Raúl Marín Balmaceda 1, 6: Zona Raúl Marín Balmaceda 2. Segundo número en columna estación indica sector y el tercero estación.	47
Tabla 9. Número de muestras a nivel espacial de zona y por variable.....	61
Tabla 10. Tiempo de respuesta de análisis de macrofauna. Fechas de envío de muestras separadas por grupo (moluscos, crustáceos y anélidos) a los taxónomos y fecha de recepción de las planillas con los resultados. S/E indica sin fecha de envió, analizadas por profesionales UACH.....	64
Tabla 11. Valores del Coeficiente biótico AMBI y su equivalencia con el estado de las comunidades bentónicas, el nivel de perturbación del hábitat y el estatus ecológico (Muxika et al., 2005 (Modificado de Borja et al., 2000)).....	73
Tabla 12. Carta Gantt Propuesta.	80
Tabla 13. Carta Gantt Ejecutada	81
Tabla 14. Fechas de realización de campañas primavera –verano, otoño-invierno y recuperaciones de sectores.....	83
Tabla 15. Georreferenciación de las estaciones de muestreo muestreadas en UTM y geográficas referidas al DATUM WGS 84 para el huso 18 para las zonas influenciadas y menos influenciadas de la región de Los Lagos.	84
Tabla 16. Georreferenciación de las estaciones de muestreo en UTM y geográficas referidas al DATUM WGS 84 para el huso 18 para las zonas influenciadas y menos influenciadas de la región de Aysén...	85
Tabla 17. Fecha de muestreo y profundidad de cada una de las estaciones muestreadas en la región de Los Lagos.	86
Tabla 18. Fecha de muestreo y profundidad de cada una de las estaciones muestreadas en la región de Aysén.....	87

Tabla 19. Experiencia personal para actividades de terreno y análisis de macrofauna bentónica	95
Tabla 20. Distribución de funciones del personal de terreno	97
Tabla 21. Recursos requeridos para una campaña de terreno y análisis de macrofauna bentónica	98
Tabla 22. Comparación Propuesto V/S Ejecutado según variable proyecto FIPA 2016-02	99
Tabla 23. Gastos en actividades de Laboratorio.....	100
Tabla 24. Gastos en actividades de terreno	100
Tabla 25. Gastos totales actividades de terreno y análisis taxonómico, incluido RRHH de gestión e imprevistos	101
Tabla 26. Precios mínimos y máximos de referencia.....	102
Tabla 27. Referencias de tiempo mínimo y máximo para análisis de macrofauna bentónica.....	103
Tabla 28. Estimación de costos de dos campañas de terreno y los análisis correspondientes en base a precios referenciales de mercado.	104
Tabla 29. Estadísticos descriptivos para todos los datos correspondientes a cada una de las variables analizadas	106
Tabla 30. Estadísticos descriptivos para cada una de las variables analizadas pero separadas por el nivel de influencia de la acuicultura: Influenciadas (INF) y Menos influenciada (MINF). Se indica el valor de la probabilidad según la Prueba de Mann Whitney para evaluar si existen diferencias significativas entre las medianas de cada variable entre zonas con distinto nivel de influencia de la acuicultura.....	125
Tabla 31. Porcentaje de especies no asignadas por estación.	135
Tabla 32. Indicadores ecológicos comunitarios estimados para cada estación de muestreo para las zonas influenciadas y menos influenciadas para OI y PV de la región de Los Lagos.	137
Tabla 33. Indicadores ecológicos comunitarios estimados para cada estación de muestreo para las zonas influenciadas y menos influenciadas para OI y PV de la región de Aysén.	138
Tabla 34. Resumen de estadísticos descriptivos para los indicadores comunitarios diferenciando zonas influenciadas y menos influenciadas.	139
Tabla 35. Resultados del análisis de regresión entre AMBI y potencial redox.....	141
Tabla 36. Valor de AMBI observado y predicho desde la relación AMBI y potencial redox para aquellos casos en los que el residuo fue mayor a 1,3 (positivo y negativo). Gris claro indica valores predichos mayores que los observados y gris oscuro indica valores predichos menores que los observados.	144
Tabla 37. Regresión multinomial para categorías ordenadas de AMBI (DC), aplicando el modelo de regresión para datos ordinales (McCullagh, 1980). AIC, Índice de información de Akaike.	145
Tabla 38. Probabilidad predicha por el modelo de regresión para datos ordinales sobre el estado ecológico en zonas menos influenciadas e influenciadas utilizando el valor medio del índice de Simpson y un potencial de REDOX de 50 mV.	148
Tabla 39. Entidades incluidas en el modelo y breve descripción.....	150
Tabla 40: Detalle de Atributos y sus características.....	151
Tabla 41. Respuestas entregadas por grupos de trabajo	162
Tabla 42. Salida en medios de prensa regional y página institucional. Taller de difusión de resultados:	163

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema que representa las escalas espaciales del muestreo. El detalle está presentado para la estación del año Primavera – Verano y específicamente para la Zona 8 respecto de los sectores, estaciones y réplicas, pero este esquema es idéntico para la estación Otoño – Invierno.	30
Figura 2. Esquema etapas en el diseño de monitoreo: Definición de zonas, sectores y estaciones de muestreo y Constatación en terreno de zonas, sectores y estaciones de muestreo.	31
Figura 3. Ubicación de las zonas seleccionadas en la región de Los Lagos: 1) Seno de Reloncaví; 2) Chiloé Central; 3) Corcovado frente a San Pedro y 4) Bahía Tic Toc.	38
Figura 4. Ubicación de las zonas seleccionadas en la región de Aysén: 5 Raúl Marín Balmaceda 1, 6 Raúl Marín Balmaceda 2, 7 Melinka y 8 Melinka Central.	39
Figura 5. Zona 1 Seno Reloncaví, los sectores seleccionados (S) y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Sector Bahía Chincui, S2. Sector Isla Maillen, S3. Sector Isla Guar (3). Las estaciones en cada transecta se diferencian de 1 a 3.	48
Figura 6. Zona 2 Chiloé Central y los sectores seleccionados (S) así como los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Sector Isla Meulín, S2. Sector Isla Caguach – Isla Quenac, S3. Sector Isla Teuquelín. Las estaciones en cada transecta se diferencian de 1 a 3.	49
Figura 7. Zona 3 Corcovado frente a San Pedro, los sectores seleccionados (S), y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Los sectores se observan en ampliado en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Corcovado Norte, S2. Corcovado 2, S3. Corcovado Sur. Las estaciones en cada transecta se diferencian de 1 a 3.	50
Figura 8. Zona 4 Bahía Tic Toc Corcovado, los sectores seleccionados (S), y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Tic Toc Expuesta, S2. Tic Toc Costa, S3. Tic Toc Sur. Las estaciones en cada transecta se diferencian por un número de 1 a 3.	51
Figura 9. Zona 7 Melinka, los sectores seleccionados (S), y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Canal Lagreze, S2. Isla Betecoi, S3. Isla Sánchez. Las estaciones en cada transecta se diferencian por un número de 1 a 3.	52
Figura 10. Zona 8 Melinka central, los sectores seleccionados (S), y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte central de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Isla May, S2. Sector Isla Forsyth. Las transectas se diferencian por un número de 1 a 4 y 0 a 4, respectivamente.	53
Figura 11. Zona 5 Raúl Marín Balmaceda. Sectores en la zona (S1, S2, S3) y las estaciones en cada sector numeradas de 1 a 3. Se presenta una ampliación de los sectores para indicar la posición de las transectas.	54
Figura 12. Sectores en la Zona Raúl Marín Balmaceda 2 y las estaciones en cada sector. Se presenta una ampliación de los sectores para mostrar las estaciones de muestreo por cada sector.	55
Figura 13. Esquema que muestra el diseño de toma de muestras en las estaciones y réplicas para un sector de una zona en una región. Este diseño se replica para las otras zonas y para la región de Los Lagos y la campaña de Otoño – Invierno.	60

Figura 14. Representación del marco DPSIR y las relaciones entre sus componentes. Traducido desde Atkins et al. (2011).....	71
Figura 15. Bosquejo inicial de estructura de almacenamiento	76
Figura 16. Zona 1 Seno Reloncaví: 1.1. Bahía Chincui, 1.2. I. Maillen, 1.3. I. Guar; (B) Zona 2 Chiloé Central: 2.1. I. Meulín, 2.2.I. Quenac-Cahuach. 2.3. I. Teuquelín. Región Los Lagos Campaña Primavera Verano; O Campaña Otoño Invierno.	89
Figura 17. Zona 3: Golfo Corcovado (3.1, 3.2, 3.3), Zona 4 (4.1, 4.2, 4.3). Bahía Tic Toc. Región Los Lagos Campaña Primavera Verano; O Campaña Otoño Invierno.	90
Figura 18. Ubicaciones sectores y estaciones de muestreo Zona 5: RMB, Zona 6. RMB2. Región Aysén Campaña Primavera Verano; O Campaña Otoño Invierno.	91
Figura 19. Ubicaciones sectores y estaciones de muestreo Zona 7: Melinka, Zona 8. Melinka Central. Región Aysén Campaña Primavera Verano; O Campaña Otoño Invierno.	92
Figura 20. Composición granulométrica del sedimento en las zonas influenciadas campaña Primavera Verano (A) y campaña Otoño Invierno (B) y zonas menos influenciadas campaña Primavera Verano (C) y campaña Otoño Invierno (D). Z: zona, S: sector, E: estación. Z1: Seno Reloncaví, S1: Bahía Chincui, S2: Isla Maillen, S3: Isla Guar. Z2: Chiloé Central, S1: Isla Meulín, S2: Isla Caguah-Isla Quenac; S3: Isla Teuquelín. Z3: Corcovado frente a san Pedro, S1: Corcovado Norte, S2: Corcovado 2, S3: Corcovado Sur. Z4: Bahía Tic Toc, S1: Toc Toc Expuesta, S2: Tic Toc Costa; S3: Tic Toc Sur.....	108
Figura 21. Composición granulométrica del sedimento en las zonas influenciadas campaña Primavera Verano (A) y campaña Otoño Invierno (B) de la región de Aysén y zonas menos influenciadas campaña Primavera Verano (C) y Otoño Invierno (D). Z: zona, S: sector, E: estación. Z7: Melinka, S1: Canal Lagreze, S2: Isla Betecoi, S3: Isla Sánchez. Z8: Melinka Central, S1: Isla Rojas, S2: Isla May; S3: Isla Forsyth. Z5: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 1, S1: RMB1.1, S2: RMB1.2, S3: RMB1.3. Z6: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 2, S1:RMB2.1, S2: RMB2.2; S3: RMB2.3	110
Figura 22. Porcentaje de materia orgánica total en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas en la región de Los Lagos durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos). Z: zona, S: sector, E: estación. Z1: Seno Reloncaví, S1: Bahía Chincui, S2: Isla Maillen, S3: Isla Guar. Z2: Chiloé Central, S1: Isla Meulín, S2: Isla Caguah-Isla Quenac; S3: Isla Teuquelín. Z3: Corcovado frente a san Pedro, S1: Corcovado Norte, S2: Corcovado 2, S3: Corcovado Sur. Z4: Bahía Tic Toc, S1: Toc Toc Expuesta, S2: Tic Toc Costa; S3: Tic Toc Sur.....	112
Figura 23. Potencial redox (mV) en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas en la región de Los Lagos durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos). Z: zona, S: sector, E: estación. Z1: Seno Reloncaví, S1: Bahía Chincui, S2: Isla Maillen, S3: Isla Guar. Z2: Chiloé Central, S1: Isla Meulín, S2: Isla Caguah-Isla Quenac; S3: Isla Teuquelín. Z3: Corcovado frente a san Pedro, S1: Corcovado Norte, S2: Corcovado 2, S3: Corcovado Sur. Z4: Bahía Tic Toc, S1: Toc Toc Expuesta, S2: Tic Toc Costa; S3: Tic Toc Sur.	113
Figura 24. pH en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas en la región de Los Lagos durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos). Z: zona, S: sector, E: estación. Z1: Seno Reloncaví, S1: Bahía Chincui, S2: Isla Maillen, S3: Isla Guar. Z2: Chiloé Central, S1: Isla Meulín, S2: Isla Caguah-Isla Quenac; S3: Isla Teuquelín. Z3: Corcovado frente a san Pedro, S1: Corcovado Norte, S2: Corcovado 2, S3: Corcovado Sur. Z4: Bahía Tic Toc, S1: Toc Toc Expuesta, S2: Tic Toc Costa; S3: Tic Toc Sur.	114

Figura 25. Oxígeno disuelto (mg/mL) en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas en la región de Los Lagos durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos). Z: zona, S: sector, E: estación. Z1: Seno Reloncaví, S1: Bahía Chincui, S2: Isla Maillen, S3: Isla Guar. Z2: Chiloé Central, S1: Isla Meulín, S2: Isla Caguah-Isla Quenac; S3: Isla Teuquelin. Z3: Corcovado frente a san Pedro, S1: Corcovado Norte, S2: Corcovado 2, S3: Corcovado Sur. Z4: Bahía Tic Toc, S1: Toc Toc Expuesta, S2: Tic Toc Costa; S3: Tic Toc Sur.....	115
Figura 26. Temperatura (°C) en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas en la región de Los Lagos durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos). Z: zona, S: sector, E: estación. Z1: Seno Reloncaví, S1: Bahía Chincui, S2: Isla Maillen, S3: Isla Guar. Z2: Chiloé Central, S1: Isla Meulín, S2: Isla Caguah-Isla Quenac; S3: Isla Teuquelin. Z3: Corcovado frente a san Pedro, S1: Corcovado Norte, S2: Corcovado 2, S3: Corcovado Sur. Z4: Bahía Tic Toc, S1: Toc Toc Expuesta, S2: Tic Toc Costa; S3: Tic Toc Sur.	116
Figura 27. Porcentaje de materia orgánica total en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos) en la región de Aysén. Z: zona, S: sector, E: estación. Z7: Melinka, S1: Melinka-Canal Lagreze, S2: Isla Betecoi, S3: Isla Sánchez. Z8: Melinka Central, S1: Isla Rojas, S2: Isla May; S3: Isla Forsyth. Z5: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 1, S1: RMB1.1, S2: RMB1.2, S3: RMB1.3. Z6: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 2, S1:RMB2.1, S2: RMB2.2; S3: RMB2.3.	118
Figura 28. Potencial redox (mV) en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos) en la región de Aysén. Z: zona, S: sector, E: estación. Z7: Melinka, S1: Melinka-Canal Lagreze, S2: Isla Betecoi, S3: Isla Sánchez. Z8: Melinka Central, S1: Isla Rojas, S2: Isla May; S3: Isla Forsyth. Z5: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 1, S1: RMB1.1, S2: RMB1.2, S3: RMB1.3. Z6: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 2, S1:RMB2.1, S2: RMB2.2; S3: RMB2.3.	119
Figura 29. pH en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos) en la región de Aysén. Z: zona, S: sector, E: estación. Z7: Melinka, S1: Melinka-Canal Lagreze, S2: Isla Betecoi, S3: Isla Sánchez. Z8: Melinka Central, S1: Isla Rojas, S2: Isla May; S3: Isla Forsyth. Z5: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 1, S1: RMB1.1, S2: RMB1.2, S3: RMB1.3. Z6: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 2, S1:RMB2.1, S2: RMB2.2; S3: RMB2.3.	120
Figura 30. Oxígeno disuelto (mg/mL) en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos) en la región de Aysén. Z: zona, S: sector, E: estación. Z7: Melinka, S1: Melinka-Canal Lagreze, S2: Isla Betecoi, S3: Isla Sánchez. Z8: Melinka Central, S1: Isla Rojas, S2: Isla May; S3: Isla Forsyth. Z5: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 1, S1: RMB1.1, S2: RMB1.2, S3: RMB1.3. Z6: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 2, S1:RMB2.1, S2: RMB2.2; S3: RMB2.3.	121
Figura 31. Temperatura (C°) en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos) en la región de Aysén. Z: zona, S: sector, E: estación. Z7: Melinka, S1: Melinka-Canal Lagreze, S2: Isla Betecoi, S3: Isla Sánchez. Z8: Melinka Central, S1: Isla Rojas, S2: Isla May; S3: Isla Forsyth. Z5: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 1, S1: RMB1.1, S2: RMB1.2, S3: RMB1.3. Z6: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 2, S1:RMB2.1, S2: RMB2.2; S3: RMB2.3.	122

Figura 32. Oxígeno disuelto (mg/ml), temperatura (°C) y salinidad en el sedimento reportadas en las INFAs de los centros de cultivo de referencia para cada uno de los sectores en la Zona Influenciada 1, Seno Reloncaví.....	123
Figura 33. Porcentaje de especies en cada grupo ecológico (GE) y valor promedio del AMBI para cada estación de muestreo en cada sector de cada una de las zonas influenciadas muestreadas en la región de Los Lagos. Zona 1 Seno Reloncaví: S1. Sector Bahía Chincui, S2. Sector Isla Maillen, S3. Sector Isla Guar (3). Zona 2 Chiloé Central: S1. Sector Isla Meulín, S2. Sector Isla Caguach – Isla Quenac, S3. Sector Isla Teuquelín. Las estaciones se referencian de 1 a 3.....	128
Figura 34. Porcentaje de especies en cada grupo ecológico (GE) y valor promedio del AMBI para cada estación de muestreo en cada sector de cada una de las zonas menos influenciadas muestreadas en la región de Los Lagos. Zona 3 Corcovado: S1. Corcovado Norte, S2. Corcovado 2, S3. Corcovado Sur. Zona 4: Bahía Toc Toc: S1. Tic Toc Expuesta, S2. Tic Toc Costa, S3. Tic Toc Sur. Las estaciones se referencian de 1 a 3.	129
Figura 35. Porcentaje de especies en cada grupo ecológico (GE) y valor promedio del AMBI para cada estación de muestreo en cada sector de cada una de las zonas influenciadas muestreadas en la región de Aysén. Zona 7 Melinka: S1. Canal Lagreze, S2. Isla Betecoí, S3. Isla Sánchez. Zona 8 Melinka central: S1. Isla May, S2. Sector Isla Forsyth. Las estaciones en cada transecta se diferencian por un número de 0 a 4 según corresponda.	130
Figura 36. Porcentaje de especies en cada grupo ecológico (GE) y valor promedio del AMBI para cada estación de muestreo en cada sector de cada una de las zonas menos influenciadas muestreadas en la región de Aysén. Zona 5 Raúl Marín Balmaceda 1: Sector RMB 1, RMB 2, RMB 3. Zona 6 Raúl Marín Balmaceda 2, Sector RMB2 1, RMB2 2, RMB2 3. Las estaciones se referencian de 1 a 3.	131
Figura 37. Relación entre porcentaje de individuos del grupo ecológico I (GE I) y el potencial redox.	133
Figura 38. Relación entre porcentaje de individuos pertenecientes a los grupos ecológicos II (A), III (B), IV (C), V (D) y potencial redox.	134
Figura 39. Relación entre potencial redox (mV) y porcentaje de materia orgánica total (%MOT) para los datos colectados en este estudio (A) y para datos obtenidos desde INFAs (B)	141
Figura 40. Relación entre AMBI y potencial redox (mV)	142
Figura 41. (A) Regresión lineal entre AMBI y potencial redox (mV) (línea continua negra) con el intervalo de confianza para la media predicha (línea quebrada) y para los valores observados (línea continua gris). (B) Valores del AMBI observados versus el predicho por el modelo de regresión.	143
Figura 42. Probabilidad observada y predicha obtenida usando el modelo de regresión ordinal seleccionado para las zonas menos influenciada (A y B) e influenciada (C y D) de que una estación sea clasificada como no perturbada (No), Levemente perturbada (Leve), Moderadamente perturbada (Mod) y Altamente perturbada (Alta). Los números sobre las barras representan la probabilidad llevada a número de casos en función del número de datos analizados.	146
Figura 43. Predicción por el modelo de regresión ordinal seleccionado de la probabilidad de una estación de ser clasificada en alguna de las categorías definidas por el AMBI en función del potencial redox y fijando el valor del índice de dominancia de Simpson en el promedio obtenido desde los datos originales para zonas menos influenciadas (A) e influenciadas (B).	147
Figura 44. Modelo de entidades de BD (modelo conceptual).....	150
Figura 45. Modelo Lógico y Físico.....	151

Figura 46. Visualización Base Datos	158
Figura 47. Ejecución de consultas y sus salidas.....	159

I. RESUMEN EJECUTIVO

I.1. Resumen en español

Este proyecto tiene como objetivo general levantar información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos en determinados sectores de la zona sur de Chile y caracterizar la condición ambiental de éstos y variables físicas y químicas en sedimentos. Para esto se han planteado los siguientes objetivos específicos

- i. Proponer un diseño de monitoreo en áreas influenciadas por la acuicultura y alejadas de la influencia de la acuicultura, en las regiones de Los Lagos y Aysén durante los periodos otoño-invierno y primavera-verano.
- ii. Analizar para cada estación de muestreo la macrofauna bentónica de fondos blandos, granulometría y textura, materia orgánica total (%MOT), pH y potencial redox en sedimentos y oxígeno disuelto en profundidad, entre otras variables.
- iii. Determinar la condición ambiental de los sectores estudiados en base a los resultados de la aplicación del índice biológico AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) y variables físicas y químicas analizadas.
- iv. Ingresar la información obtenida a la base de macrofauna bentónica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- v. Transferir el modelo de evaluación de la condición ambiental, en base al AMBI, a los usuarios de las entidades gubernamentales con competencia en la evaluación ambiental.

El diseño del plan de muestreo incluyó la selección de zonas, sectores y estaciones de muestreo. Para selección de zonas se diseñó un Indicador de Cumplimiento de Requisitos, los que se refieren a los requerimientos de los términos técnicos de referencia del proyecto. Para cada requisito se definieron criterios y una escala que permitió darle una valoración. Luego cada criterio fue ponderado para calcular un puntaje. La mayor ponderación la tuvo el criterio asociado al nivel de influencia de la acuicultura. Los valores más altos representaban las zonas que mejor cumplían los requisitos, en especial la mayor influencia de la acuicultura. Posteriormente, con información sobre la presencia de centros de cultivo activos durante el año 2015 en las zonas seleccionadas se seleccionaron los sectores influenciados y las estaciones se fijaron a una distancia máxima de 670 m desde el punto medio del módulo de cultivo y separadas entre sí por 200 m aproximadamente. En las zonas menos influenciadas los sectores se definieron paralelos a la costa espaciados en aproximadamente 800 m y las estaciones separadas por 200 m aproximadamente. La información que se utilizó para el diseño de muestreo incluyó 13 fuentes distintas y no toda fue igualmente informativa y certera. Las zonas seleccionadas en la región de Los Lagos fueron Zona 1 (Z1) Seno Reloncaví, Zona 2 (Z2) Chiloé Central, Zona 3 (Z3) Corcovado, Zona 4 (Z4) Bahía Tic Toc. Las zonas 1 y 2 corresponden a las zonas influenciadas y las 3 y 4 a zonas menos

influenciadas. Las zonas seleccionadas en la región de Aysén fueron Zona 5 (Z5) Raúl Marín Balmaceda, Zona 6 (Z6) Raúl Marín Balmaceda 2, Zona 7 (Z7) Melinka, Zona 8 (Z8) Melinka Central. Las zonas 7 y 8 corresponden a las zonas influenciadas y las 5 y 6 a zonas menos influenciadas.

La campaña primavera-verano (PV) fue llevada a cabo en tres partes. La primera en el periodo 24 Noviembre – 9 Diciembre 2016. La segunda desde el 13 al 16 de Marzo 2017 para recuperar una zona menos influenciada en la región de Aysén debido a que la zona seleccionada en el diseño original (Punta Puquitín) no cumplió con el requisito de fondos blandos. La tercera parte se llevó a cabo desde el 6 al 11 de Octubre del 2017 y en ella se recuperaron 4 zonas para las cuales se debió reemplazar información y un sector (Isla Rojas) en la zona Melinka Central, región de Aysén, que no cumplió con el requisito de fondos blandos. Para este último, en lugar de reemplazarlo por un sector nuevo, las 3 estaciones se repartieron en los otros dos sectores de la zona. La campaña otoño-invierno (OI) se llevó a cabo según lo planificado durante el periodo 11 de mayo del 2017 al 27 de mayo del 2017. Con las recuperaciones el cumplimiento en cuanto a las estaciones muestreadas fue de 98%.

Se realizó una evaluación técnica – económica de las actividades de muestreo para que la autoridad tenga un referente para próximas acciones en estas materias. Sin perjuicio de lo anterior y atendiendo el propósito final de estas campañas, que es “caracterizar la condición ambiental de fondos marinos”, se consideró también el trabajo de laboratorio para las muestras de macrofauna – desde el lavado hasta la identificación taxonómica - base para aplicación del AMBI. En base a información del proyecto y datos de mercado, se hicieron simulaciones de costos de dos campañas, tomando precios referenciales – para cuando se tenía la información – y algunos supuestos. De los resultados se puede observar que sobre el 89% de los costos son por arriendo de embarcación (32%) y recursos humanos (57%), los gastos asociados a material de terreno y laboratorio son marginales, dado que en conjunto alcanzan sólo el 6% de los costos totales.

Durante cada campaña, cada punto de muestreo fue geo-referenciado en UTM y geográficas referidas al DATUM WGS 84 y en la zona correspondiente según longitud (huso 18). La constatación de profundidad se realizó con un ecosonda y posteriormente se corrigió de acuerdo al nivel de marea del día y la hora del muestreo. Las profundidades de cada punto de muestreo y su georreferenciación durante la campaña PV y OI fueron comparadas. La información recogida desde terreno fue llevada a planillas Excel diseñadas para luego ser exportadas directamente a la base de datos del proyecto. Las muestras para determinación de redox, pH y temperatura del sedimento, así como granulometría, porcentaje de materia orgánica total (%MOT) y macrofauna fueron obtenidas y analizadas según Resolución Exenta N°3612/2009. Oxígeno a 1 m de profundidad fue estimado usando la metodología Winkler.

El análisis de la información se realizó en base a dos aproximaciones. La primera es de tipo descriptivo donde los resultados se presentan en tablas y gráficos individualizando estación, sector, zona, región y campaña. Se realizaron comparaciones pareadas de cada variable entre zonas influenciadas y menos influenciadas y cuando se detectaron diferencias significativas se realizó ANOVA de dos factores (estación del año y nivel de influencia). La segunda aproximación fue más integradora e incluyó: (i) identificación de la variable que mejor describe la influencia de la acuicultura, entendida esta variable como el indicador de presión ambiental, (ii) la relación entre presión ambiental y estado ecológico del sistema bentónico, usando el Índice AMBI como índice de estado ecológico, y (iii) modelo que predice la probabilidad de que una estación sea clasificada en alguno de los estados ecológicos definidos por el AMBI a través de un modelo de regresión ordinal.

La metodología para el diseño de la base de datos de este proyecto considera tres apartados: Diseño Conceptual, Diseño Lógico y Diseño Físico. Luego se hizo la migración a SQL Server de los datos que correspondan a la base de datos de macrofauna bentónica de SUBPESCA. Además, ambas bases de datos fueron subidas independientemente al servidor de SUBPESCA.

Los resultados referidos a las variables químicas y físicas del sedimento muestran que las zonas influenciadas presentan mayor nivel de materia orgánica que las menos influenciadas (promedio 1.37 y 1,1% respectivamente; Rango: 0,41 y 4,95), y valores de potencial redox significativamente menores (115,6 y 350,7 mV, respectivamente; rango: -179,70 y 465,60). El ANOVA de dos factores para MOT y redox indica que solo el factor influencia es significativo. Para MOT sin embargo no se distinguen diferencias entre combinaciones. Para potencial redox las combinaciones que fueron estadísticamente diferentes fueron: OI-influenciado/OI-menos influenciado, OI-influenciado/PV-menos influenciado, OI-menos influenciado/PV-influenciado, y PV-influenciado y PV-menos influenciado. El resto de las variables no muestra diferencias significativas. Los indicadores ecológicos comunitarios que mostraron diferencias significativas entre zonas influenciadas y menos influenciadas fueron la riqueza (número de especies) y diversidad. En general, las zonas menos influenciadas presentan mayor riqueza de especies y diversidad que las zonas influenciadas. Dominancia y equitabilidad no se diferenciaron entre zonas influenciadas y menos influenciadas. El ANOVA de dos factores (estación del año y nivel de influencia) para riqueza indica que ambos factores y la interacción son significativas. La comparación a posteriori mostró diferencias en las siguientes combinaciones: OI-influenciada/PV-influenciada, OI-menos influenciada/PV-influenciada, PV-influenciada/PV menos-influenciada. Para diversidad sólo el factor influencia es significativo y se detectó diferencias entre OI-menos influenciada y PV-influenciada.

Los valores de AMBI muestran que: (i) en las zonas influenciadas los estados ecológicos que predominan son leve y moderadamente perturbados y pueden observarse casos en los que se observó alta y

extremadamente perturbado, (ii) en las zonas menos influenciadas predomina el estado ecológico levemente perturbado y es posible encontrar estaciones no perturbadas, (iii) una de las zonas menos influenciadas presentó altos porcentajes de individuos no clasificados en grupo ecológico (GE) por lo cual el estado ecológico que presenta debe ser interpretado con precaución. El análisis de la relación entre porcentaje de individuos en cada GE y potencial redox muestra que las especies del GE I (sensibles a la perturbación) se relacionan significativamente con el potencial redox a través de una función exponencial donde el aumento más notorio de estos individuos ocurre en sedimentos con 200 mV aproximadamente. El porcentaje de individuos del GE II se relaciona positivamente con el redox, y el GE IV negativamente, lo cual es consistente con las estrategias de vida de las especies que conforman estos grupos (indiferentes y oportunistas de segundo orden, respectivamente). La relación entre el porcentaje de individuos del GE III y V no fue significativa. En el caso del GE III esto es consistente con su estrategia de tolerante y para el caso del GE V (oportunistas de primer orden) es posible que el resultado se deba a que hubo muy pocos casos en los que se observó estas especies. El ANOVA de dos factores (estación del año y nivel de influencia) indica que el nivel de influencia y la interacción nivel de influencia – estación del año son significativas. Las combinaciones que resultaron estadísticamente diferentes fueron: OI-influenciada/OI menos influenciada, OI-influenciada/PV menos influenciada, OI-menos influenciada/PV-influenciada, PV-influenciada/PV menos-influenciada. Las diferencias entre zonas con el mismo nivel de influencia entre estaciones del año no fueron significativas. La variable que significativamente explica la variación del indicador de estado ecológico (AMBI) es el potencial redox y muestra que a menores valores de redox mayor valor de AMBI, es decir muestra un deterioro del estado ecológico del sistema bentónico.

El análisis de regresión para datos ordinal se realizó con la variable dependiente AMBI que es tratada como categórica para representar el estado ecológico de una estación y como variables predictoras pH, profundidad, potencial redox, %MOT, % Fango, riqueza (número de especies), diversidad, equitabilidad, y dominancia, estacionalidad en base a las campañas PV y OI, Nivel de influencia de la acuicultura en base a la definición dada en este estudio como influenciadas y menos influenciadas y región (Los Lagos y Aysén). Los resultados indican que el modelo más informativo fue el que incluyó el nivel de influencia, el potencial redox y el índice de dominancia de Simpson.

La significancia del nivel de influencia en este análisis sugiere que la metodología utilizada para diseñar el muestreo permitió identificar áreas más y menos influenciadas, en este caso las estaciones influenciadas serían aquellas que estuvieron a una distancia máxima de 620 m desde el punto medio del tren de jaulas del centro de cultivo. Las predicciones del modelo confirman los resultados observados desde el análisis descriptivo respecto de la predominancia de estaciones con estado levemente perturbado

en zonas menos influenciadas, y leve y moderadamente perturbadas en zonas influenciadas. La trayectoria de cada uno de los estados ecológicos a lo largo del gradiente de potencial redox es diferente en zonas influenciadas y menos influenciada. Esto sugiere que los cambios que puede experimentar una comunidad macrobentónica, en términos de la probabilidad de se encuentre en un estado ecológico dado frente a un gradiente de redox, es diferente dependiendo de si se está en una zona influenciada o menos influenciada. Esto fue corroborado fijando el potencial redox en el modelo en 50 mV. Los resultados indican que encontrar una estación moderadamente perturbada en las zonas influenciadas es aproximadamente el doble que en las zonas menos influenciadas y la probabilidad de encontrar una estación altamente perturbada en las zonas influenciadas es más del doble que en la zona menos influenciada. Esta información sugiere que el sedimento de una zona influenciada que presente un valor de 50 mV de redox tiene una alta probabilidad de presentar un estado ecológico moderadamente perturbado en base a la categorización de AMBI.

De acuerdo a los resultados las zonas influenciadas pueden diferenciarse de las zonas menos influenciadas en que presentan menor potencial redox, mayor proporción de estaciones con estado ecológico moderadamente perturbado, estaciones alta y extremadamente perturbadas, mayor índice de dominancia y mayor porcentaje de materia orgánica que las zonas no influenciadas.

La información ingresada en la base de datos permitió estimar que el número de especies/taxa que se identificaron en este estudio fue de 385. De éstas 176 taxa se identificaron a nivel de especie, 204 a nivel de género, y 5 a nivel de familia. De los taxa identificados como especies, 45 de ellos pertenecen a especies que no fueron identificaron en Base de datos generada por el proyecto “Elaboración de un catastro de macrofauna bentónica y la aplicación de índices biológicos para la evaluación ambiental de las comunidades bentónicas submareales”.

Las actividades de transferencia y difusión de resultados tuvieron una buena participación de agentes del sector público y privado. En específico el taller de transferencia “Aplicación e interpretación del índice Azti Marine Biotic Index [AMBI]”, se realizó en la ciudad de Valparaíso y contó con la activa participación de 13 funcionarios de las instituciones de Sernapesca, Subpesca y Directemar, donde los participantes pudieron realizar ejercicios prácticos y discutir de manera grupal ámbitos de aplicación del AMBI, e identificar eventuales problemas y/o oportunidades de su uso que apoye la gestión de estas instituciones en sus ámbitos de competencia. Respecto al taller de difusión de resultados ejecutado en la ciudad de Puerto Montt, se contó con la participación de representantes de Laboratorios ambientales, empresas productoras de salmón e investigadores de IFOP, donde se analizaron los resultados del proyecto y sus eventuales usos para los agentes del sector.

I.2. Resumen en Inglés (Abstract)

The general objective of this study is to provide information regarding soft bottom subtidal benthic macrofauna communities in specific areas of the southern region of Chile and characterize the environmental status of these habitats using also chemical and physical variables of the sediments. The specific objectives are

- i. To propose a monitoring design to simple areas influenced and not influenced by the aquaculture activity in the regions Los Lagos and Aysén during the periods of spring-summer and fall-winter
- ii. To analyze for each sampling site the soft bottom benthic macrofauna, particle size distribution and texture, total organic matter (TOM), pH and redox potential in the sediment and dissolved oxygen close to the bottom
- iii. To determine the environmental condition of the sampling areas based on the AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) and chemical and physical variables.
- iv. To update Undersecretary of Fisheries and Aquaculture database of macrofauna
- v. To transfer the model to evaluate the environmental condition based on the AMBI Index to professionals of the state agencies with competence in the area

Sampling design included the selection of zones, sectors, and sampling stations. An Indicator of Compliance with Requirements for the selection of zones was designed, which refers to the requirements of the project's technical reference terms. For each requirement criteria were defined and a scale that allowed to rank them. Then each criterion was weighted to calculate a score. The criterion associated with the level of influence of aquaculture was the greatest weight. The highest values represented the areas that best met the requirements, especially the greater influence of aquaculture. Subsequently, with information on the presence of active farming sites during 2015 in the selected areas, the influenced sectors were selected, and the stations were set at a maximum distance of 670 m from the midpoint of the culture module and separated from each other by 200 m approximately. In less influenced areas, sectors were defined parallel to the coast spaced at approximately 800 m each other and stations separated by approximately 200 m. The information used for the sampling design included 13 different sources and not all were equally informative and accurate. The selected zones in Los Lagos region were Zone 1 (Z1) Seno Reloncaví, Zone 2 (Z2) Chiloé Central, Zone 3 (Z3) Corcovado, Zone 4 (Z4) Bahía Tic Toc. Zones 1 and 2 correspond to the affected areas and zones 3 and 4 correspond to less influenced areas. The selected areas in the Aysén region were Zone 5 (Z5) Raúl Marín Balmaceda, Zone 6 (Z6) Raúl Marín Balmaceda 2, Zone 7 (Z7) Melinka, Zone 8 (Z8) Melinka Central. Zones 7 and 8 correspond to the affected areas and zones 5 and 6 correspond to less influenced areas.

The spring-summer campaign (PV) was carried out in three parts. The first in the period of 24 November - 9 December 2016. The second from March 13 to 16, 2017 to recover a less influenced area in the Aysén region because the area selected in the original design (Punta Puquitrín) did not comply with the requirement of soft bottom. The third part was carried out from October 6 to 11, 2017, and it recovered 4 areas for which it was necessary to replace information and a sector (Isla Rojas) in Melinka Central zone, Aysén region, which did not comply with the requirement of soft funds. For the latter, instead of replacing it with a new sector, the 3 stations were divided into the other two sectors of the area. The autumn-winter (OI) campaign was carried out as planned during the period May 11, 2017 to May 27, 2017. With the recoveries, compliance with the stations sampled was 98%.

During each campaign, each sampling point was geo-referenced in UTM and geographic referring to DATUM WGS 84 and in the corresponding zone according to length (spindle 18). The depth verification was carried out with an echo sounder and subsequently corrected according to the tide level of the day and the sampling time. The depths of each sampling point and its georeferencing during the PV and OI campaign was compared. The information collected from the field was taken to Excel spreadsheets designed to be exported directly to the project database. The samples for determination of redox, pH and temperature of the sediment, as well as granulometry, total organic matter percentage of (% TOM) and macrofauna were obtained and analyzed according to Exempt Resolution N ° 3612/2009. Oxygen at 1 m depth was estimated using the Winkler methodology.

The analysis of the information was made based on two approaches. The first is a descriptive type where the results are presented in tables and graphs, individualizing station, sector, zone, region and campaign. Were made paired comparisons of each variable between influenced and less influenced areas and when significant differences were detected, two-way ANOVA was performed (season of the year and level of influence as factors). The second approach was more integrative and included: (i) identification of the variable that best describes the influence of aquaculture, understood as variable environmental pressure indicator, (ii) the relationship between environmental pressure and ecological status of the benthic system, using AMBI as an impact index, and (iii) a model that predicts the probability that a station will be classified in one of the ecological states defined by the AMBI through an ordinal regression model.

The methodology for the design of the database of this project considers three sections: Conceptual Design, Logical Design and Physical Design. The data corresponding to the benthic macrofauna database of SUBPESCA was then migrated to SQL Server. In addition, both databases were independently uploaded to the SUBPESCA server.

A technical and economical evaluation of field sampling activities was carried out in order to provide information to the authorities for futures actions in this field. However, this evaluation was extended to

include also the macrofauna analysis (from sample rinsing to species identification). Based on the current project information, market data and some assumptions cost simulations for two field trips were executed. Results indicate that 19 of the total cost corresponds to the ship renting, 65% to human resources, 8% to field and laboratory materials, and 7% to unforeseen.

The results referring to the chemical and physical variables of the sediment show that the influenced areas have a higher level of organic matter than less influenced (average 1,4 and 1,1%, respectively; Range: 0,41 y 4,95), and significantly lower redox potential values (115,6 and 350,7 mV, respectively; range: -179,70 y 465,60). The two-factor ANOVA for TOM and redox indicates that only the influence factor is significant. For TOM, however, there are no differences between combinations. For potential redox combinations statistically different were: OI-influenced / OI-least influenced, OI-influenced / PV-less influenced, OI-less influenced / PV-influenced, and PV-influenced and PV-less influenced.

The AMBI values show that: (i) in the influenced areas, the predominant ecological states are slightly and moderately disturbed, and can be notice in cases where high and extremely disturbed were observed, (ii) in less influenced areas the ecological state predominates slightly disturbed and it is possible to find undisturbed stations, (iii) one of the less influenced areas had high percentages of individuals not classified as ecological group (EG), so the ecological status presented must be interpreted with caution. The analysis of the relationship between percentage of individuals in each GE and redox potential shows that GE I species (sensitive to disturbance) are significantly related to redox potential through an exponential function where the most notorious increase of these individuals occurs in sediments with approximately 200 mV. The percentage of GE II individuals is positively related to redox, and GE IV negatively, which is consistent with the life strategies of the species that make up these groups (indifferent and second order opportunistic species, respectively). The relationship between the percentage of individuals from GE III and V was not significant. In the case of GE III this is consistent with its tolerant strategy and for the case of GE V (first order opportunistic species) it is possible that the result is because there were very few cases in which these species were observed. The two-factor ANOVA (season of the year and level of influence) indicates that the level of influence and the interaction level of influence - season of the year are significant. The combinations statistically different were: OI-influenced / OI least influenced, OI-influenced / PV least influenced, OI-less influenced / PV-influenced, PV-influenced / PV less-influenced. The differences between zones with the same level of influence between seasons of the year were not significant. The variable that significantly explains the variation of the ecological state indicator (AMBI) is the redox potential and shows that at lower redox values, the greater the AMBI value, that is, it shows a deterioration of the ecological state of the benthic system.

The regression analysis for ordinal data was performed with the AMBI dependent variable that is treated as categorical to represent the ecological status of a station and as predictor variables pH, depth, redox potential, % TOM, % Mud, wealth (number of species) , diversity, equitability, and dominance, seasonality based on PV and OI campaigns, Level of influence of aquaculture based on the definition given in this study as influenced and less influenced and region (Los Lagos and Aysen). The results indicate that the most informative model was the one that included the level of influence, the redox potential and the Simpson dominance index. The significance of the level of influence in this analysis suggests that the methodology used to design the sampling allowed to identify more and less influenced areas, in this case the influenced stations would be those that were at a maximum distance of 620 m from the midpoint of the cages. The predictions of the model confirm the results observed from the descriptive analysis with respect to the predominance of stations with a slightly disturbed state in less influenced areas, and slightly and moderately disturbed in affected areas. The trajectory of each of the ecological states along the gradient of redox potential is different in less influenced and influenced areas. This suggests that the changes that a macrobenthic community may experience, in terms of the probability of being in a given ecological state versus a redox gradient, is different depending on whether one is in an area influenced or less influenced. This was corroborated by setting the redox potential in the model at 50 mV. The results indicate that finding a moderately disturbed station in the affected areas is approximately double that in less influenced areas and the probability of finding a highly disturbed station in the affected areas is more than double that in the less influenced area. This information suggests that the sediment of an affected zone that has a value of 50 mV redox has a high probability of presenting a moderately disturbed ecological state based on the AMBI categorization.

According to the results, the affected areas can be differentiated from the less influenced areas in which they have lower redox potential, a greater proportion of stations with moderately disturbed ecological status, high and extremely disturbed stations, higher dominance index and higher percentage of organic matter than areas not influenced.

The information entered in the database allowed us to estimate that the number of species / taxa that were identified in this study was 385. Of these, only 175 were identified at the species level, 204 at the gender level, and 5 at the family level. By cross-referencing this information and that contained in the database generated by the project "Development of a benthic macrofauna cadastre and the application of biological indices for the environmental assessment of subtidal benthic communities "it is possible to estimate that this project contributed 45 new species / taxa to the database.

Two outreach activities were carried out during the project. The first activity took place in Valparaíso; it was focused on the transference of the methodology to estimate AMBI. In this workshop participate 13

people from Undersecretary of Fisheries and Aquaculture, National Service of Fisheries and Aquaculture, and Direction for Maritime Territory. The second activity was developed in Puerto Montt and was focused on presenting project results to different stakeholders (salmon farming companies), environmental laboratories, Fishery Institute.

II. OBJETIVO GENERAL

Levantar información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos en determinados sectores de la zona sur de Chile y caracterizar la condición ambiental de éstos y variables físicas y químicas en sedimentos.

III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1 Proponer un diseño de monitoreo en áreas influenciadas por la acuicultura y alejadas de la influencia de la acuicultura, en las regiones de Los Lagos y Aysén durante los periodos otoño-invierno y primavera-verano.

2 Analizar para cada estación de muestreo la macrofauna bentónica de fondos blandos, granulometría y textura, %MOT, pH y potencial redox en sedimentos y oxígeno disuelto en profundidad, entre otras variables.

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.

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

5 Transferir el modelo de evaluación de la condición ambiental, en base al AMBI, a los usuarios de las entidades gubernamentales con competencia en la evaluación ambiental.

IV. ANTECEDENTES

Los ecosistemas costeros y estuarinos son algunos de los ecosistemas más intensamente usados y en mayor riesgo (Halpern et al., 2008). El deterioro debido al efecto antropogénico es intenso y en aumento. Se ha estimado una degradación a nivel mundial (que incluye la pérdida) de un 50% en marismas, 35% en manglares, 30% en arrecifes de coral y 29% submareales dominados por macroalgas (Barbier et al., 2011). Es así que las actividades antropogénicas inevitablemente causan alteraciones en el medio natural en el que se desarrollan. No obstante, el concepto de desarrollo sostenible entrega un marco sobre el cual las acciones antropogénicas deben desarrollarse garantizando la sustentabilidad ambiental, social y económica (Goodland, 1995). El ecosistema marino entrega una diversidad de servicios que deben ser preservados si el desarrollo sustentable es el objetivo de las naciones. Para los sistemas costeros, estuarinos y oceánicos se han descrito diversos servicios ecosistémicos. Por ejemplo, para los sistemas costeros se han descritos servicios de (i) regulación y soporte tales como la estabilización de la línea de costa, la regulación de los nutrientes, el secuestro de carbono, y de detoxificación de aguas contaminadas y sumidero desechos, (ii) aprovisionamiento, tales como abastecimiento de alimento, combustible, energía y productos naturales, y (iii) culturales tales como la recreación y el turismo (Agardy y Alder, 2005). La acuicultura es una forma de explotación que ocurre en el ambiente biofísico haciendo uso del ecosistema marino para alcanzar su objetivo de producir organismos con valor nutricional para el bienestar humano (FAO, 2012). Como actividad productiva tiene un impacto socio-económico importante, y a la vez es una actividad con alto potencial de impactar el medio. Recientemente se han descrito las sinergias y balances causados por la salmonicultura chilena sobre los servicios ecosistémicos, enfatizando en que hay un incremento en los servicios de aprovisionamiento a expensas de algunos servicios de regulación y culturales (Outerio y Villasante, 2013).

La declaración de los objetivos de calidad ambiental de la mayoría de los países que desarrollan actividades acuícolas y organizaciones internacionales establecen que los efectos de dichas actividades no debieran poner en riesgo los servicios ecosistémicos¹ que proveen, resguardando la integridad ecológica de los ecosistemas (Fisheries and Oceans Canadá, DFO, 2012; Food and Agriculture Organization, FAO, 2011; Scottish Environmental Protection Agency, SEPA, 2011; World Wildlife Fund, WWF, 2012). Para el caso de Chile, el Artículo 87 de la Ley General de Pesca y Acuicultura señala que se establecerán medidas de protección del medio ambiente para que los establecimientos que exploten concesiones o autorizaciones de acuicultura operen en niveles compatibles con las capacidades

¹ Servicios ecosistémicos: los beneficios que las poblaciones humanas obtienen directa e indirectamente de las funciones ecosistémicas (Constanza et al., 1997).

de carga de los cuerpos de agua lacustres, fluviales y marítimos, que asegure la vida acuática y la prevención del surgimiento de condiciones anaeróbicas en las áreas de impacto de la acuicultura

Una parte importante del análisis de integridad ecológica es medir la integridad biológica, lo que típicamente enfatiza análisis de plancton, macroalgas, bentos y peces (Borja y Dauer, 2008). En el desarrollo de protocolos para evaluar integridad ecológica las comunidades de macroinvertebrados son el componente más consistentemente enfatizado en los sistemas acuáticos. La composición y estructura de las comunidades bentónicas de fondos blandos, así como los procesos que generan su estructura, han sido motivo de variados estudios publicados en revistas científicas. Los enfoques de estos estudios incluyen desde estudios taxonómicos (ej: Carrasco y Palma, 2000; Rozbaczylo y Quiroga, 2000), estudios ecológicos comunitarios (ej: Puente et al., 2008; Neira y Palma 2007), respuesta de la macrofauna a presiones ambientales (ej: Pearson y Rosenberg, 1978; Borja et al., 2004; Callier et al., 2009), de aplicación en la evaluación del estado ecológico de los fondos marinos a través de los indicadores biológicos (ej: Borja et al., 2008; Blanchet et al., 2008; Quiroga et al., 2013), y o el uso de especies indicadoras (Cañete et al., 2004; Oliver y Sellanes, 2005).

Adicionalmente existe información sobre la composición de las comunidades bentónicas que proviene de los requerimientos para el desarrollo de actividades antropogénicas en los sistemas marinos por las autoridades competentes. En Chile, existen diversas herramientas que pueden aportar información, por ejemplo, los proyectos que ingresan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y la información que entregan las empresas acuícolas a través de las Caracterizaciones Preliminares de Sitio (CPS) y los Informes Ambientales (INFA). Esto muestra que existen variadas fuentes de aporte de conocimiento de la fauna bentónica submareal y que ésta ha ido aumentando en el tiempo. No obstante, proyectos ejecutados más recientemente muestran que existen algunas debilidades en torno a nuestro conocimiento de la macrofauna bentónica². Estas son: (i) la identificación taxonómica de las especies no siempre se hace hasta el nivel de especie, no parece haber una actualización del estatus taxonómico de las especies y existen muchos errores asociados a la forma en que se escriben los nombres científicos, (ii) la disponibilidad de información está concentrada en ciertas regiones (motivado por la presencia de investigadores y actividades productivas a las cuales se les exige entregar información), (iii) escasa información sobre biología y ecología de las especies, y (iv) conocimiento limitado en identificación taxonómica ya que los expertos en los principales grupos taxonómicos son pocos. No obstante, también existen fortalezas, por ejemplo, la existencia de distintas fuentes de información, el interés de la autoridad

² (i) Diseño de un modelo de gestión institucional para la implementación del AMBI (AZTI MARINE BIOTIC INDEX) en la industria acuícola nacional. FIC 2012 Región de Los Lagos.

(ii) Elaboración de un catastro de macrofauna bentónica y la aplicación de índices biológicos para la evaluación ambiental de las comunidades bentónicas submareales. SUBPESCA ID 4728-50-LP13

competente en generar información sobre macrofauna, establecer una red expertos, y continuar con el desarrollo de la base de datos de macrofauna de fondos blandos y sus atributos ecológicos. Esto permite promover la asociatividad y de esa manera fomentar el interés por el estudio de la taxonomía de la macrofauna bentónica, como un aporte al patrimonio nacional en la biodiversidad marina, y con un elemento que contribuya a la evaluación de la condición ambiental no solo en aquellas áreas afectados por la acuicultura sino que también en áreas afectadas por otras actividades antropogénicas.

Como se mencionó previamente, la integridad ecológica en el componente biótico de los sistemas marinos está bien representado por la integridad de las comunidades de macroinvertebrados. La gran mayoría de los indicadores bióticos se basan en la macrofauna bentónica y aunque son variados (Birk et al., 2012) todos tienen el objetivo de evaluar el estado ecológico del sistema bentónico usando diferentes enfoques. Por ejemplo, según tipo de impacto (algunos son más específicos que otros respecto de los impactos), o pueden diferir en cuanto a la información que requieren para su estimación. Así mismo, los indicadores bióticos varían respecto del nivel de resolución taxonómica que requieren para ser estimados, ya que algunos se basan en las estrategias alimentarias (ITI, Infaunal Trophic Index, Word, 1979), para lo cual no necesariamente se requiere una resolución a nivel de especie, o en otros casos se requiere información a nivel de especie y grupos ecológico al que se puede asignar cada especie (AMBI, Borja et al., 2000). Aunque se ha indicado que los índices AMBI, M-AMBI, BENTHIX (Forde et al., 2013; Dimitriou et al., 2012) pueden ser utilizados a nivel de familia, es necesario enfatizar que si se quiere usar los mejores indicadores habrá que identificar a nivel de especie los individuos en los grupos más importantes (anélidos, crustáceos y moluscos), o al menos al nivel más bajo posible en el resto de los grupos. Esto es así porque es cada vez más necesario realizar evaluaciones que tengan en cuenta la funcionalidad de los ecosistemas y ésta viene determinada por las especies concretas, no por las familias u otros niveles taxonómicos, que pueden incorporar mucho “ruido” a la evaluación en momentos concretos (Borja y Elliot, 2013).

Los indicadores de calidad ecológica del sistema bentónico se pueden clasificar en tres tipos: (i) univariados o de estructura comunitaria (Shannon–Wiener, Índice de Infauna tróficos, ITI) curvas ABC) (ii) multimétricos, que combinan varias medidas de la respuesta de la comunidad al estrés (índice de calidad biológica, BQI, índice de condición bentónica, BCI, índice bentónico de integridad biótica, B-IBI, AZTI Marine biotic Index, AMBI, entre otros), y (iii) métodos multivariados que describen patrones de agrupamiento tales como curvas de respuesta principal, M-AMBI, entre otros (Borja y Daier, 2008). Borja et al. (2015) realizaron una búsqueda bibliográfica de los indicadores bióticos basados en la macrofauna bentónica usados internacionalmente y reconocieron la existencia de 35. En su revisión y análisis determinaron que al considerar (i) el número de presión en el que el indicador ha sido evaluado,

(ii) el número de relaciones significativas entre la intensidad de la presión y la condición ecológica que muestra el indicador, y (iii) la cobertura geográfica en la que ha sido usado el indicador el AMBI y M-AMBI obtuvieron el ranking más alto. El indicador AMBI tiene también la ventaja de que es un indicador sencillo de entender y muestra integralmente la respuesta de la comunidad a la contaminación, permitiendo establecer en qué estado de la sucesión ecológica se encuentra dicha comunidad según el modelo de Glemarec and Hily (1981) y modificado por Hily (1984). Este indicador fue analizado en Chile a través del uso de la metodología de Juicio de Expertos (Best Professional Judgment, BPJ) y se determinó que hubo un alto nivel de acuerdo entre los expertos respecto de la calificación ambiental de un grupo de sectores cuando ellos revisaron un informe que mostraba la composición y abundancia de especies presente en las muestras. A su vez se determinó una alta y significativa correlación entre la calificación ambiental dada por los expertos y el AMBI y M-AMBI (Borja et al., 2014). Estos autores concluyen que este indicador permite encapsular el conocimiento de expertos en un valor lo cual permite que se puedan realizar comparaciones entre áreas geográficas.

Otras variables utilizadas en la evaluación de la condición ecológica del sistema bentónico están relacionadas con los parámetros físicos y químicos como porcentaje de materia orgánica, potencial redox, granulometría del sedimento, etc. Sin embargo, raramente la condición ambiental definida por un indicador biótico va a ser explicada solo por una variable abiótica (Keeley et al., 2012a) y además la comparación de los resultados de las distintas variables e indicadores pueden conducir a impresiones diferentes sobre la calidad ecológica (Keeley et al., 2012b). Por esta razón es necesario realizar esfuerzos por relacionar las distintas variables e indicadores para llegar a una definición de calidad ecológica lo más fácilmente interpretable y que a su vez entregue resultados robustos. Para esto es especialmente importante que las variables e indicadores puedan responder a ambos extremos de un gradiente de contaminación o enriquecimiento orgánico (en el caso más específico de la acuicultura) (Keeley et al., 2012b). La evaluación de la respuesta de las variables e indicadores a los extremos del gradiente se consiguen con información recopilada en sitios afectados en distintos niveles y en sitios no afectados, por lo cual incluir sitios no afectados por la acuicultura en este estudio es relevante.

En este contexto es que este proyecto espera aportar información que permita por una parte (i) generar información sobre la composición de las comunidades de macroinvertebrados y los parámetros ambientales del sedimento asociado a estas comunidades en las regiones Los Lagos y Aysén tanto en sitios asociados a centros acuícolas como a sitios no asociados a acuicultura, (ii) con lo anterior, avanzar hacia la integración de información sobre parámetros ambientales e indicadores biológicos basados en macrofauna bentónica que permita establecer el estado ecológico de los fondos marinos costeros y (iii) actualizar la base de datos de macrofauna bentónica que está actualmente en poder de SUBPESCA.

V. METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología utilizada para el desarrollo de las actividades separadas por objetivo.

V.1 OBJETIVO 1: Proponer un diseño de monitoreo en áreas influenciadas por la acuicultura y alejadas de la influencia de la acuicultura, en las regiones de Los Lagos y Aysén durante los periodos otoño-invierno y primavera-verano.

De acuerdo a las bases técnicas además de proponer y describir un diseño de muestreo se debe realizar un análisis del plan de muestreo que incluya parámetros monitoreados, mediciones realizadas en terreno, frecuencia, entre otros, que permitan asegurar y/o mejorar el diseño propuesto. Se adiciona en esta sección la logística de muestreo la cual también se incorpora al análisis del plan de muestreo como un factor adicional que permita realizar mejoras a próximos muestreos.

V.1.1 Diseño de monitoreo

V.1.1.1 Contexto

Los niveles espaciales que se incluyen en el diseño son regiones (2), zonas (4 por región), sectores (3 por zona) y estaciones de muestreo (3 por sector) (Fig. 1)

Las regiones no eran parte del proceso de selección, sin embargo, fueron caracterizadas de manera de relevar la importancia de la acuicultura en estas regiones como actividad antropogénica asociada al borde costero y la necesidad de realizar estudios para dimensionar la influencia que tiene. Para esto se usó fundamentalmente información desde literatura de acceso libre como también de acceso restringido.

La metodología para el diseño comprende la integración de 3 etapas: Definición de zonas, Definición de sectores y estaciones y Constatación de zonas, sectores y estaciones en terreno (Fig. 2). La fuente de información principal para cada etapa y objetivo se indica en la Tabla 1. El total de fuentes de información (13) se utilizaron en diferentes etapas del proceso de selección de zonas, sectores y estaciones de muestreo, considerando que el muestreo incluye 4 niveles espaciales jerárquicos donde las estaciones de muestreo constituyen la unidad de muestreo y se encuentran anidadas en el sector, el cual a su vez se encuentra anidado en la zona, la cual se encuentra anidada en la región.

La información bibliográfica recolectada para caracterizar las regiones, zonas, sectores se encuentra en el Anexo 1.

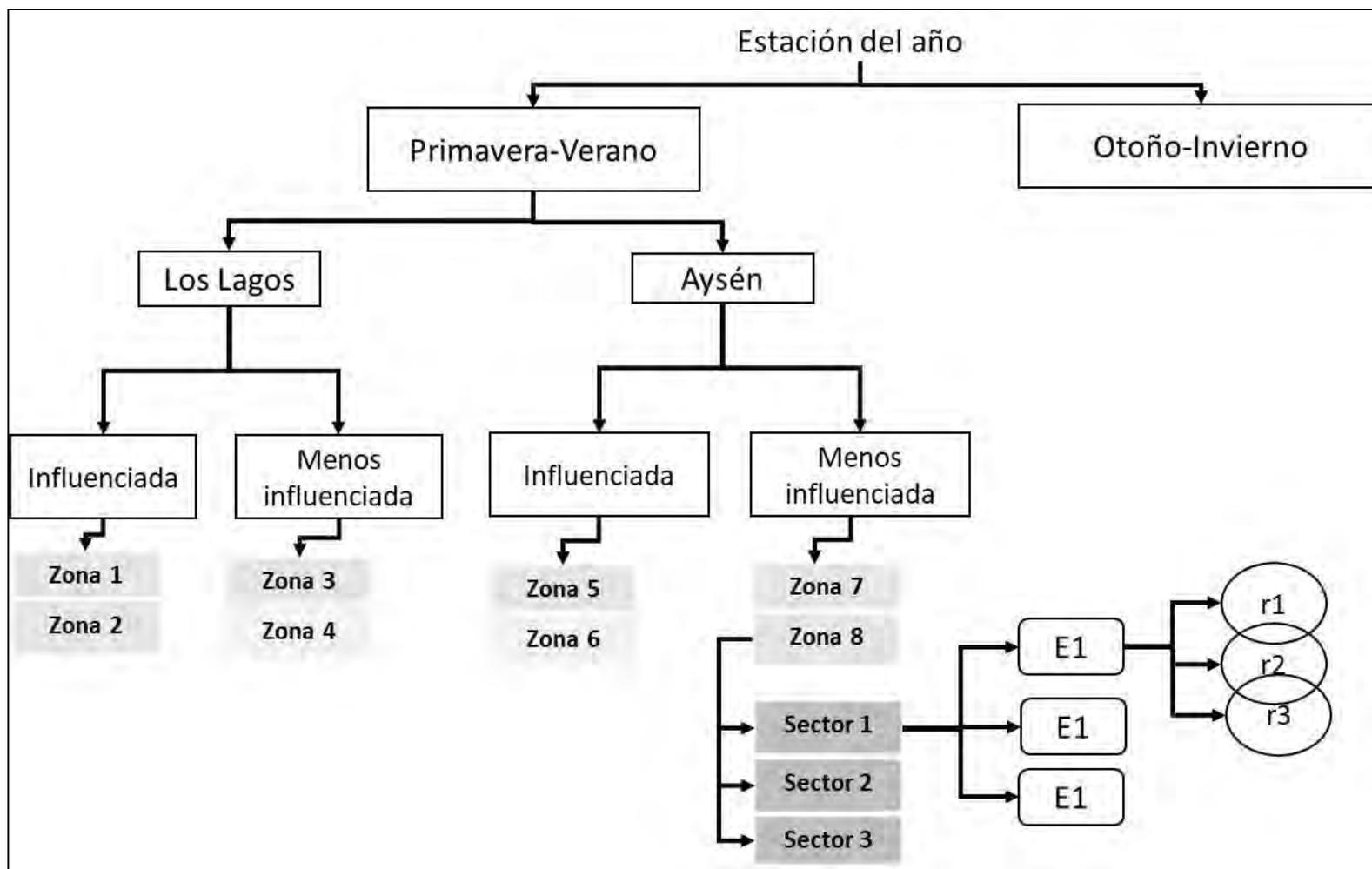


Figura 1. Esquema que representa las escalas espaciales del muestreo. El detalle está presentado para la estación del año Primavera – Verano y específicamente para la Zona 8 respecto de los sectores, estaciones y réplicas, pero este esquema es idéntico para la estación Otoño – Invierno.

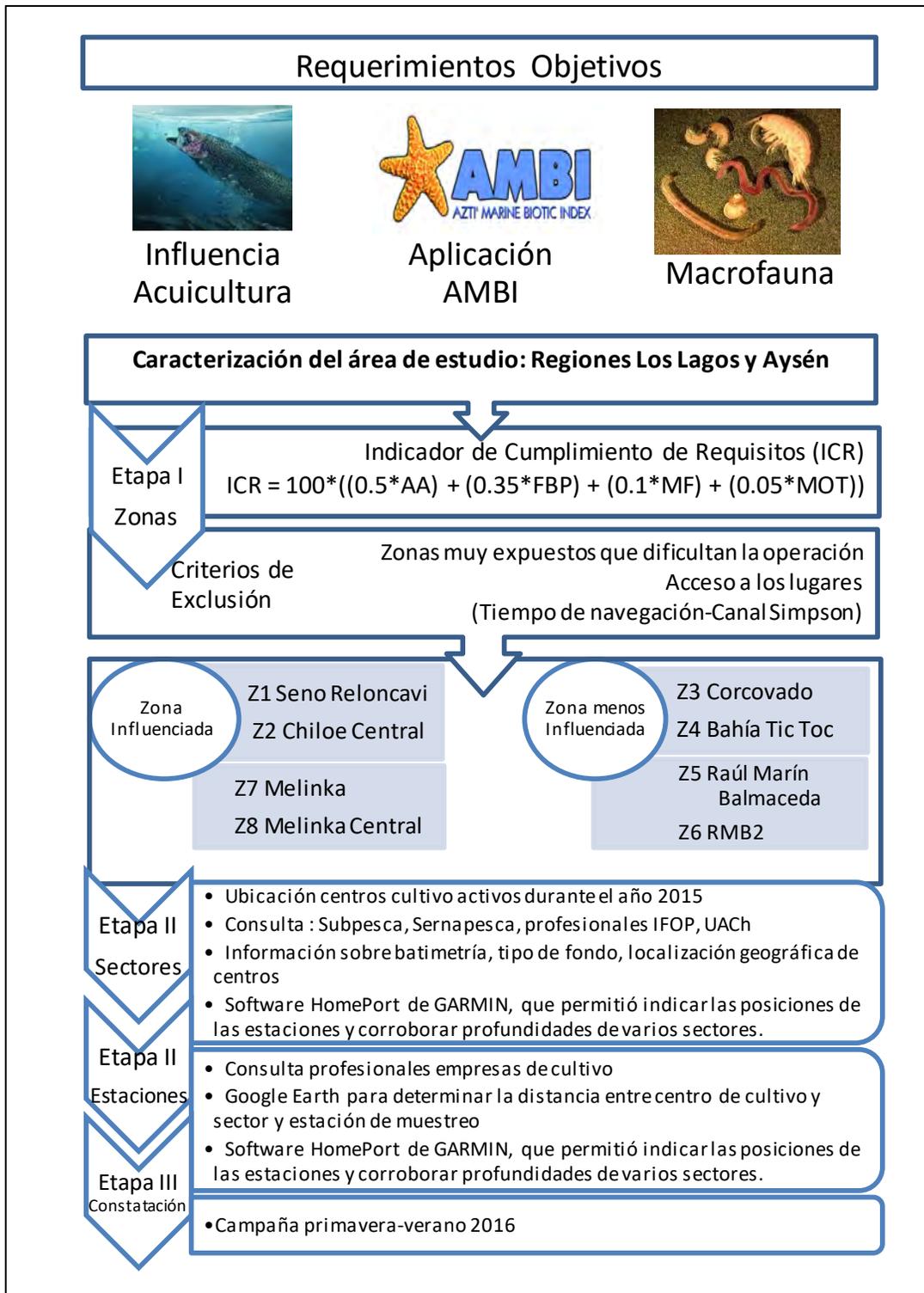


Figura 2. Esquema etapas en el diseño de monitoreo: Definición de zonas, sectores y estaciones de muestreo y Constatación en terreno de zonas, sectores y estaciones de muestreo.

Tabla 1. Resumen de las etapas involucradas en la definición del diseño de muestreo, así como el objetivo u objetivos de cada etapa y las fuentes de información para cada etapa.

Etapa	Objetivo	Metodología	Fuente información
I	Definición de zonas	Definición de criterios para definir influencia y no influencia de la acuicultura	Registro concesiones otorgadas en las Áreas de Concesiones de Salmones Sistema de Evaluación e Impacto Ambiental (SEIA). Consulta Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanográficos de Chile (CENDHOC)
		Revisión bibliográfica para obtener la información sobre los criterios	Información bibliográfica publicada y obtenida desde la Base de datos de la Biblioteca de la Universidad Austral de Chile y de libre acceso en la web Consulta INFAs web, desde 01 abril 2010 hasta 31 de agosto 2016 Catastro de Macrofauna Bentónica (Subpesca)
		Elaboración indicador cumplimiento de requisitos (ICR)	
		Ubicación centros cultivo activos durante el año 2015	
II	Definición de sectores	Consulta experta (Subpesca, Sernapesca, investigadores, profesionales IFOP, UACH)	
		Información sobre batimetría, tipo de fondo, localización geográfica de los centros	Cartas de navegación de los distintos sectores si es que estaban disponibles, los que entregaban profundidad y tipo de fondo (Arena o piedra). Visualizador de mapas de Subpesca.
		Definición estaciones	Consulta profesionales empresas de cultivo Consulta experta (Investigadores)
III	Constatación zonas, sectores y estaciones	Google Earth para determinar la distancia entre centro de cultivo y sector y estación de muestreo.	
		Software HomePort de GARMIN, que permitió indicar las posiciones de las estaciones y corroborar profundidades de varios sectores.	
		Campaña primavera-verano 2016	
		Segunda parte Campaña primavera-verano 2017	

V.1.1.2 Etapas

Etapa I. Selección de zonas

Para seleccionar las zonas de muestreo en base a los criterios influenciadas y menos influenciadas se utilizó un indicador, al cual se le nombró Indicador de Cumplimiento de Requisitos (ICR) y fue desarrollado para este propósito. El ICR se basó en las condiciones que permitirían dar cuenta de los requisitos del estudio: Comparación de zonas influenciadas y menos influenciadas por acuicultura, utilización de indicadores bióticos como el AMBI, y contribuir con nuevo conocimiento de macrofauna. Para esto se seleccionaron 4 criterios, (i) número de concesiones acuícolas por área de concesión de salmónidos (ACS), (ii) porcentaje de materia orgánica como criterios asociados a la influencia de la acuicultura, (iii) fondos blandos para poder estimar indicador biótico AMBI y profundidades menores o iguales a 60 m para, que en conjunto con los fondos blandos se pueda representar centros de cultivo categoría 3, y (iv) disponibilidad de información sobre macrofauna bentónica y la calidad de la fuente de información.

Para cada zona, en cada una de las regiones, se asignó una valorización a cada criterio. Luego la valorización dada a un criterio para todas las zonas fue ajustada a una escala de 0 a 1 de forma no paramétrica a través del uso del rango percentil, que interpola la jerarquía de porcentaje de un valor dentro de un conjunto de valores (Borja et al., 2015). Posteriormente, se asignó una ponderación a cada criterio según importancia para discriminar entre zonas influenciadas y menos influenciadas con cierto nivel de certeza sobre la existencia en esas zonas de fondos blandos y profundidades menores o iguales a 60 m. La ponderación asignada a cada criterio se multiplicó por la valorización ajustada. Finalmente, la suma de todos los criterios ponderados se multiplicó por 100 para llevar el puntaje a un valor entre 0 y 100.

Criterios:

1. Fondos blandos y profundidades menores o iguales a 60 m, o muy cercanas a 60 m, asemejando las condiciones de centros categoría 3, cuyas características permiten evaluar su condición ecológica a través del Indicador AMBI.
2. Actividad acuícola: en base al número de concesiones de salmones otorgadas en un Área de Concesiones particular y acotando la búsqueda a sectores en los cuales haya existido centros de cultivo de salmónidos operando el año 2015 (criterio acordado con Subsecretaría de Pesca y Acuicultura).
3. Contenido de materia orgánica (MOT %): en base a la información disponible en la literatura. Este criterio se consideró indicador que podría complementar la definición de un sector influenciado por la acuicultura y uno menos influenciado, o menos influenciado. Sin embargo, hay que considerar

que lugares con alto contenido de materia orgánica pueden existir sin estar influenciados por la acuicultura, lo cual constituye una debilidad del criterio.

4. Información sobre macrofauna bentónica: en base al catastro de macrofauna bentónica. Se analizó diferentes zonas respecto de la disponibilidad de información sobre macrofauna bentónica y las fuentes de información

Valorización por criterio:

Actividad acuícola (AA): se definió la valorización como el número de concesiones acuícolas del área, así el área con mayor actividad acuícola albergaba 196 concesiones por tanto su valorización fue de 196. Zonas sin actividad acuícola tuvieron valorización 0. No obstante, fue muy difícil encontrar zonas sin actividad acuícola, puesto que prácticamente todo el borde costero de las regiones de Los Lagos y Aysén está concesionado, quedando como áreas sin influencia de la acuicultura aquellas de difícil acceso, ya sea por condiciones de navegación o por tiempo de navegación (Tabla 2).

Fondos blandos y profundidad (FBP): la valorización dada a una zona se definió en función de la disponibilidad de información. Esto debido a que el requisito más importante tanto para zonas con o sin influencia es que el sustrato sea blando y la profundidad menor de 60 m. Mientras mayor cantidad de información indicase que una zona dada reunía los requisitos de sustrato y profundidad mayor sería la valorización y frente a ausencia de información la valorización es cero (Tabla 2)

Contenido de materia orgánica (MOT): La valorización de la materia orgánica incluyó cuatro niveles que representan distintas concentraciones de MOT. La valorización máxima fue para zonas con una MOT >10 y la menor para aquellas zonas con MOT <2 (Tabla 2).

Macrofauna (MF): Los niveles para este criterio son 5 y representan la calidad de la información que reporta macrofauna para una zona dada. Para este criterio la valorización máxima es para la categoría sin información (5) ya que se espera que a través de este estudio se contribuya con información para sectores con menos información sobre macrofauna. A partir de la máxima valorización, ésta va disminuyendo con el mejoramiento de la calidad de la información (Tabla 2).

Ponderación:

Las ponderaciones dadas fueron 50% para la actividad acuícola dado que el número de concesiones por área representa una indicación de intensidad histórica de la acuicultura. En segundo lugar, se consideró el tipo de sustrato y la profundidad con un 35% por ser un requisito para la selección de las estaciones de muestreo (Etapa III). En tercer lugar, se asignó la macrofauna (10%), la que pierde importancia respecto de los criterios anteriores debido a que se considera que dichos criterios no pueden ser modificados. Sin embargo, muestrear un lugar para el cual existe información sobre MF no perjudica el

muestreo, sino que aporta más información a la existente. La MOT se asignó en el cuarto lugar (5%), debido a que en la información analizada la MOT no siempre estaba asociada a sectores con actividad acuícola.

Tabla 2. Valorizaciones dadas a los distintos niveles para cada criterio. Entre paréntesis se indica la ponderación dada al criterio.

Tipo de fondo y profundidad (0,35)	
Disponibilidad Información	Valorización
Existencia de varias fuentes de información	3
Información de fuentes limitadas	2
Escasas fuentes de información	1
Sin información	0
Actividad acuícola (0,5)	
Información	Valorización
Número de concesiones por ACS	0 a 138
Materia orgánica (0,05)	
MOT (%)	Valorización
>10	4
>5	3
<5	2
<2	1
Macrofauna (0,10)	
Disponibilidad Información	Valorización
Publicaciones científicas	1
INFAs/Monitoreo IFOP	2
INFAs/Otros	3
INFAs	4
Sin información	5

ICR: El indicador se calculó usando la siguiente fórmula y adquiere valores que van de 0 a 100.

$$ICR = 100*((0,5*AA) + (0,35*FBP) + (0,1*MF) + (0,05*MOT))$$

El valor de 100 indica que la zona obtuvo la mayor valoración para todos los criterios y dado que la ponderación dada al criterio actividad acuícola es el más alto (50%) entonces un valor alto del indicador indica mayor influencia de la actividad acuícola respecto de valores menores (Tabla 3).

Una vez estimado el ICR se analizó las zonas con mayor puntaje considerando los siguientes criterios de exclusión:

- Difícil acceso a los lugares y realización de los muestreos requeridos de manera segura: sectores muy expuestos que dificultan la operación.
- Tiempo total de navegación para la campaña mayor a 17 días: El tiempo estimado y costeadado de navegación y muestreo fue de 17 días por lo cual no es posible acceder a lugares muy alejados debido a que no se podría costear los días extra en los que se pudiese incurrir. Por esto se definió como límite sur el Canal Simpson.

Un total de 9 zonas en cada una de las regiones fueron consideradas en el análisis para la selección de zona. A cada una se le estimó el ICR y en base al puntaje obtenido y los criterios de exclusión fueron seleccionadas. De acuerdo a este indicador las zonas que tuvieron los mayores puntajes para los requisitos selecciones están en la región de Los Lagos ya que 3 de las zonas incluidas en el análisis obtuvieron los más altos puntajes, siendo el criterio de número de ACS el que más aportó al puntaje. Las zonas seleccionadas fueron las de mayor puntaje: Chiloé Central (84,09), Seno Reloncaví (74,99).

En la región de Aysén la zona con mayor puntaje ocupa el ranking cuatro del total de zonas (Los Lagos y Aysén) con un valor de 62,63, zona llamada Melinka, y fue seleccionada. Sin embargo, la segunda zona escogida fue la que obtuvo el octavo puntaje más alto, zona llamada Melinka Central (43,80). Esto debido a que las zonas siguientes a la más alta cumplían los requisitos de exclusión señalados en la metodología (Canal Pérez Sur, Fiordo Puyuhuapi y Fiordo Aysén). Es decir, a pesar de que estas tenían un mayor porcentaje en su valoración, su ubicación más alejada implicaba más días de navegación. No obstante, cabe señalar que el puntaje de la segunda zona seleccionada es solo 5,59 puntos menor que la que obtuvo por puntaje el segundo lugar (Canal Pérez Sur) (Tabla 3).

Las zonas sin influencia acuícola seleccionadas fueron aquellas que tenían el menor puntaje para cada región. Así, para la región de Los Lagos las zonas escogidas fueron Zona Norte Bahía Tic Toc (22,31) y Zona Corcovado (11,47). Para el caso de Zona Norte bahía Tic Toc hubo igual puntaje con Quilán pero se optó por la primera porque Quilán involucraba más tiempo de navegación y era más expuesta a mar abierto (Tabla 3). Para la región de Aysén las zonas seleccionadas fueron (Raúl Marín Balmaceda (22,31) y Punta Puquitín (16,17) (Tabla 5).

Tabla 3. Cálculo del Indicador de Cumplimiento de criterios para la selección de zonas influenciadas y no influenciadas por acuicultura. V: valorización, AA: Actividad acuícola, FBP: Fondos blandos y profundidad, MOT: Materia orgánica total, MF: macrofauna bentónica

Región	Zona	V AA	Rango Percentil AA	V FBP	Rango Percentil FBP	V MOT	Rango Percentil MOT	V MF	Rango Percentil MF	Puntaje	Propuesta
X	Chiloé Central	138	1	3	0,823	3	0,235	4	0,411	84,09	ZONA Influenciada
X	Seno de Reloncaví	52	0,812	3	0,823	4	0,764	3	0,176	74,99	ZONA Influenciada
X	Estuario de Reloncaví	40	0,647	3	0,823	4	0,764	3	0,176	66,74	Descartado
X	Calbuco	39	0,588	2	0,294	3	0,235	2	0,058	41,45	Descartado
X	Fiordo Reñihue y Fiordo Pillán	20	0,47	2	0,294	4	0,764	5	0,588	43,49	Descartado
X	Chaitén	19	0,411	3	0,823	3	0,235	2	0,058	51,11	Descartado
X	Zona norte Bahía TicToc	3	0,117	2	0,294	2	0,058	5	0,588	22,31	ZONA menos Influenciada
X	Quilán	3	0,117	2	0,294	2	0,058	5	0,588	22,31	Descartado
X	Corcovado frente a San Pedro	0	0	2	0,294	3	0,235	1	0	11,47	ZONA Sin Influencia
XI	Melinka	125	0,941	2	0,294	3	0,235	4	0,411	62,63	ZONA Influenciada
XI	Canal Pérez Sur	90	0,882	0	0	3	0,235	4	0,411	49,39	Descartado
XI	Zonas aledañas Fiordo Aysén	56	0,823	0	0	4	0,764	3	0,176	46,73	Descartado
XI	Fiordo Puyuhuapi	45	0,705	1	0,235	4	0,764	3	0,176	49,06	Descartado
XI	Melinka central	34	0,529	2	0,294	3	0,235	5	0,588	43,80	ZONA Influenciada
XI	Isla Huichas	16	0,352	0	0	3	0,235	5	0,588	24,66	Descartado
XI	Canal Carrera del Chivato	5	0,294	0	0	3	0,235	5	0,588	21,76	Descartado
XI	Raúl Marín Balmaceda	3	0,117	2	0,294	2	0,058	5	0,588	22,31	ZONA menos Influenciada
XI	Punta Puquítin	0	0	2	0,294	1	0	5	0,588	16,17	ZONA menos Influenciada

Esta propuesta inicial de zonas de muestreo fue aprobada por Subpesca. En la Figura 3 y 4 se presentan la ubicación geográfica de las zonas seleccionadas para la región de Los Lagos y Aysén

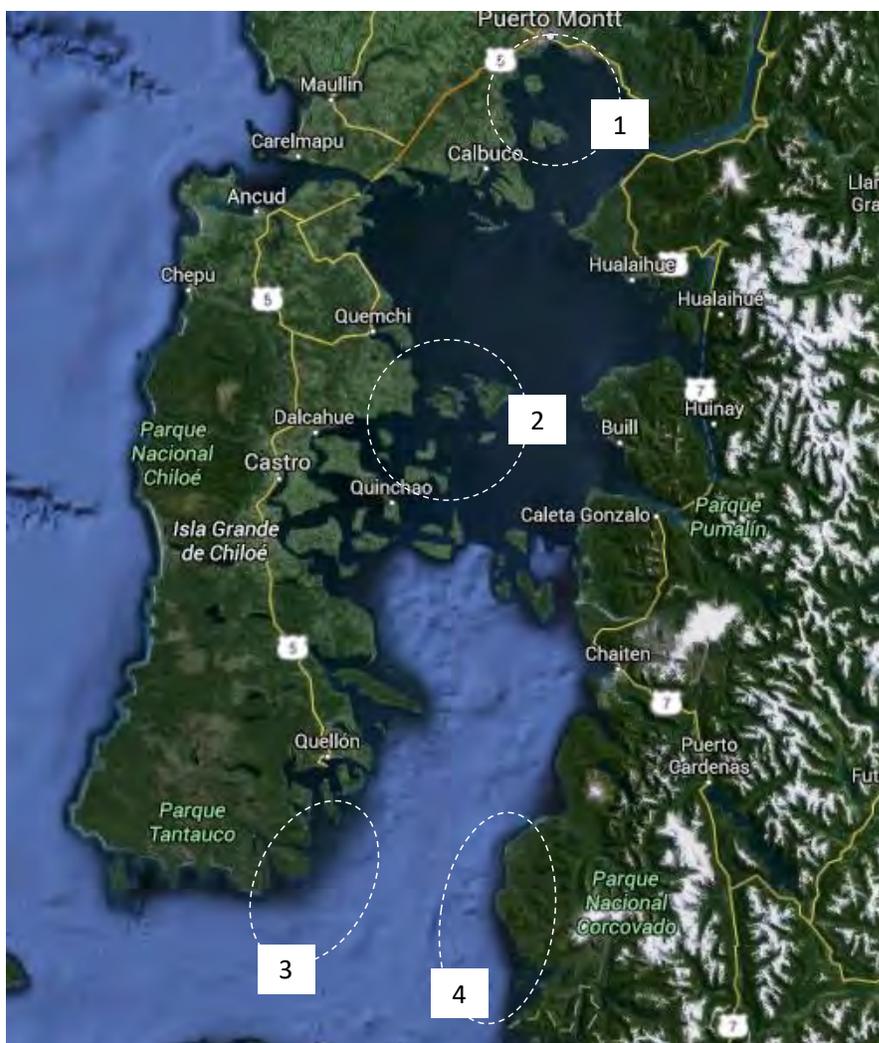


Figura 3. Ubicación de las zonas seleccionadas en la región de Los Lagos: 1) Seno de Reloncaví; 2) Chiloé Central; 3) Corcovado frente a San Pedro y 4) Bahía Tic Toc.

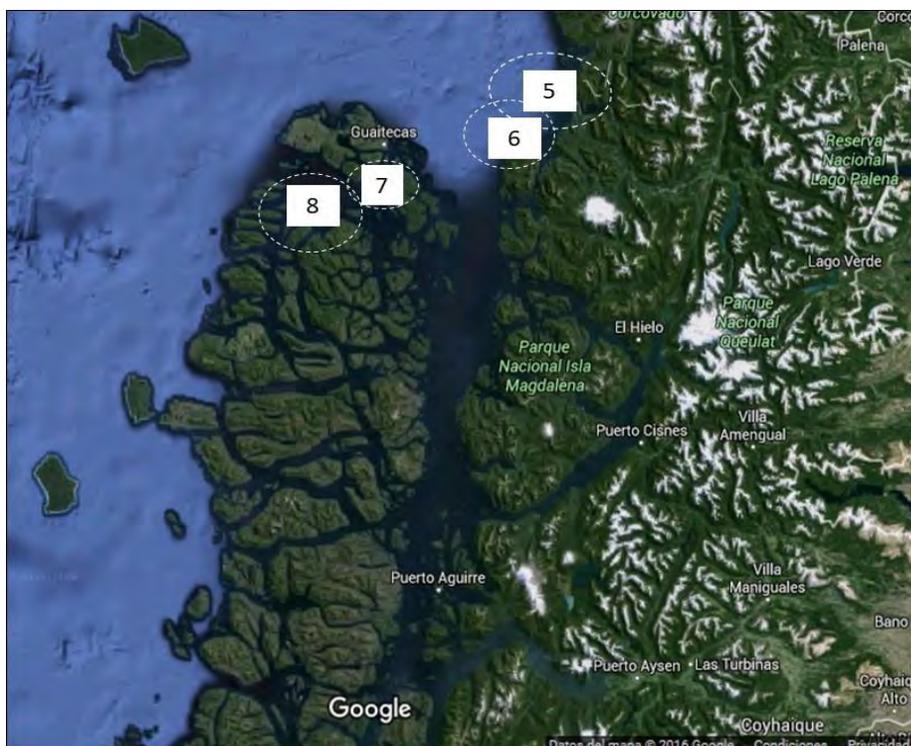


Figura 4. Ubicación de las zonas seleccionadas en la región de Aysén: 5 Raúl Marín Balmaceda 1, 6 Raúl Marín Balmaceda 2, 7 Melinka y 8 Melinka Central.

Etapa II: Selección de sectores y estaciones

Selección de sectores

Para una mejor comprensión de ésta y las siguientes secciones las tablas y figuras se presentan al final de este apartado de la metodología (Diseño de Monitoreo).

Sectores en zonas influenciadas: En base a consulta a Sernapesca regiones Los Lagos y Aysén se solicitó información sobre los centros de cultivo categoría 3 que hubiesen operado durante el año 2015, y un listado indicando: ACS, Código Centro, biomasa para el año 2015, biomasa acumulada del ACS, año de inicio de operaciones y resultado de la INFA (Tabla 4). De acuerdo a esta información es posible constatar que los centros de cultivo que sirvieron de referencia para elegir los sectores estuvieron operativos durante el año 2015 dada la biomasa que se registró ese año. Cabe destacar que la mayor biomasa acumulada en las ACS 2 y 8 se corresponden con las zonas 1 y 8 del proyecto, respectivamente. Los centros de referencia para los sectores en la región de Aysén están operativos desde el año 2005, en tanto que en la región de los Lagos desde 1996. Solo dos centros de referencia, específicamente para la Z2 y Z5 de Los Lagos y Aysén, respectivamente, mostraron resultados anaeróbicos para INFA.

Para seleccionar más precisamente el sector se usó como criterio la presencia de fondos blandos, profundidad no mayor a 60 m y distancia desde el centro de cultivo de referencia, la cual no debía ser mayor a 500 m. Para esto se cruzó la información recolectada sobre los centros de cultivo en el visualizador de mapas de Subpesca y junto a otras fuentes de información se pudo llegar a definir sectores donde se visualizaba con una mayor probabilidad el cumplimiento de los requisitos de selección. En casos en que las coordenadas no coincidían con puntos en el mar se consideró el punto medio del tren de jaulas que se visualiza en Google Earth para determinar las distancias, usando la herramienta Google Earth.

Los sectores seleccionados con influencia de la acuicultura son:

- Región Los Lagos: Zona 1 (Z1), Seno Reloncaví: los sectores escogidos en base a los centros de cultivo de referencia fueron Sector 1 Bahía Chincui (Z1S1), Sector 2 Isla Maillen (Z1S2) y Sector 3 Isla Guar (Z1S3).
- Región Los Lagos Zona 2, Chiloé central: los sectores escogidos en base a los centros de cultivo de referencia fueron Sector 1 Isla Meulín (Z2S1), Sector 2 Isla Caguach-Isla Quenac (Z2S2) y Sector 3 Isla Teuquelin (Z2S3).
- Región Aysén Zona 7 (Z7), Melinka: los sectores escogidos en base a los centros de cultivo de referencia fueron Sector 1 Canal Lagreze (Z7S1), Sector 2 Isla Betecoi (Z7S2) y Sector 3 Isla Sánchez (Z7S3).
- Región Aysén Zona 8, Melinka central: los sectores escogidos en base a los centros de cultivo de referencia fueron Sector 1 Isla May (Z8S1), Sector 2 Isla Forsyth (Z8S2) y Sector 3 Isla Rojas (Z8S3).

Sectores en zonas menos influenciadas: Las fuentes de información disponible no contribuyeron mayormente en la definición de sectores menos influenciados debido a que en general hay mayor información de los distintos tipos para los sectores influenciados. Fue necesario recurrir a fuentes de información menos precisa para la definición de los sectores menos influenciados que aumentó la incertidumbre sobre el cumplimiento de los criterios de selección (Cartas de navegación de los distintos sectores, si es que estaban disponibles, los que entregaban profundidad y tipo de fondo (arena o piedra), y consulta a profesionales). En la Tabla 5 se muestra la única información entregada por Sernapesca para los sectores elegidos *a priori* en las zonas no influenciadas. Dado que en estas zonas no había necesariamente centros de cultivo como referencia los sectores se ubicaron se ubicaron como transectas.

Los sectores seleccionados con menos influencia de la acuicultura son:

- Región Los Lagos Zona 3 (Z3) Corcovado: los sectores seleccionados fueron nombrados como Sector 1 Corcovado Norte (Z3S1), Sector 2. Corcovado 2 (Z3S2) y Sector 3 Corcovado Sur (Z3S3).
- Región Los Lagos Zona 4 (Z4) Bahía Tic Toc: los sectores seleccionados fueron nombrados como Sector 1 Tic Toc Expuesta (Z4S1), Sector 2. Tic Toc Costa (Z4S2) y Sector 3 Tic Toc Sur (Z4S3).
- Región Aysén Zona 5 (Z5) Raúl Marín Balmaceda (RMB): los sectores seleccionados fueron nombrados como Sector 1 RMB 1 (Z5S1), Sector 2 RMB 2 (Z5S2) y Sector 3 RMB 3 (Z5S3).
- Región Aysén Zona 6 (Z6) Punta Puquitrín: los sectores seleccionados fueron nombrados como Sector 1 Punta Puquitrín 1 (Z6S1), Sector 2. Punta Puquitrín 2 (Z6S2) y Sector 3 Punta Puquitrín 3 (Z6S3).

En el caso de la Z3 los sectores se ubicaron relativamente paralelos a la costa, levemente en diagonal, y separados entre sí por 800 metros. En el caso de la Z4 los sectores se separaron entre sí por distancias mayores a 1 km. En la Z6 las transectas que representan a cada sector están ubicadas paralelamente a la costa. El sector 1 se separa del sector 2 por 2000 metros, y el S2 del sector 3 por 4000 metros. En Punta Puquitrín los sectores se ubicaron paralelos a la costa y separados entre sí por aproximadamente 800 m.

En la Tabla 6 se muestra información sobre velocidad de la corriente para los sectores seleccionados, cuando fue posible encontrarla. Dado que para algunos sectores hubo más de una fuente de información se reportaron todas las fuentes de información. En algunos casos las distintas fuentes de información reportan distintas velocidades. Para las zonas menos influenciadas no fue posible encontrar información.

Selección de estaciones

Estaciones en Zonas influenciadas: Una vez seleccionados los sectores se procedió a definir las estaciones de muestreo en cada sector para lo cual se posicionó cada sector en Google Earth. Se definió posicionar las estaciones a lo largo de una transecta distanciadas entre ellas por distancias que variaron entre 100 y 200 m aproximadamente, procurando abarcar la longitud del tren de jaulas. Sin embargo, la ubicación precisa de las estaciones estuvo también determinada por la presencia de otros centros de cultivos en las cercanías (salmones y/o mitílidos), por la profundidad y la distancia a la costa. Luego usando la herramienta Google Earth y la información sobre fondos blandos se definió la distancia real entre el centro de cultivo y cada una de las 3 estaciones de cada sector.

Para las zonas influenciadas de las regiones Los Lagos y Aysén las distancias entre el centro de cultivo y la estación de muestreo se presenta en la Tabla 7. En promedio las estaciones de los sectores en la región de Los Lagos se posicionaron más cerca de los centros de cultivo que en la región de Aysén. En

esta última hubo dos estaciones en los cuales se excedió el límite de 500 m (570 y 670 m Zona 7) debido a que los puntos seleccionados previamente no tenían fondos blandos, lo que fue verificado en la etapa de constatación en terreno (Etapa III) por lo que la embarcación se desplazó lanzando la draga hasta que se encontró fondos blandos.

Estaciones en Zonas menos Influenciadas: En las zonas menos influenciadas se cruzó la información provista por Sernapesca sobre centros de cultivo operativos en el año 2015 y la información disponible en el visualizador de mapas de Subpesca para buscar los centros de cultivo más cercanos a los sectores *a priori* seleccionados y se determinó la distancia usando la herramienta GoogleEarth.

La Tabla 8 muestra la distancia que se obtuvo para los sectores donde fue posible distinguir un centro de cultivo. Se observa que en la región de Los Lagos los centros de cultivo estuvieron más cerca de los sectores y estaciones seleccionadas que en la región de Aysén. Las estaciones se distanciaron unas de otras por 200 m en cada sector. Los sectores más alejados estuvieron entre 10200 m y 13013 m en la región de Aysén, aunque en los sectores 1 y 2 de la zona Raúl Marín Balmaceda las distancias fueron similares a la región de los Lagos, donde fluctuaron entre 3880 m y 5920 m.

Cabe señalar que el cruce de todas las fuentes de información permitió agregar mayor precisión a la definición de las zonas, sectores y estaciones de muestreo, pero aun así existió cierta incertidumbre en algunos sectores sobre si la estación de muestreo realmente tendría las características de profundidad y tipo de fondo deseado. Dado esto es que se le entregó cierta flexibilidad al equipo de muestreo de cambiar la posición de las estaciones de muestreo y de acuerdo a la primera campaña es que surge la necesidad de agregar la Etapa IV a esta metodología.

Etapa III. Constatación zonas, sectores, estaciones

Esta etapa consistió en verificar en terreno los puntos de muestreos identificados en la etapa anterior, durante la primera campaña (primavera – verano 2016) del proyecto. Los resultados de esta campaña demostraron que en una de las zonas menos influenciadas de la región de Aysén (Punta Puquitrín Zona 6 originalmente) no pudo ser encontrado sustrato blando, así como en sector 1 (Isla Rojas) de la zona influenciada Melinka central (Zona 8) de la región de Aysén.

Dado este antecedente se modificó el diseño original en base a la información recopilada de la misma campaña. Específicamente se optó por reemplazar Punta Puquitrín por una zona aledaña a la zona 5 (Raúl Marín Balmaceda) a la cual se denominó Raúl Marín Balmaceda 2 y para la cual se realizó una campaña de recuperación en marzo del 2017. Dada la dificultad de acceder a otra zona influenciada con certeza en la campaña de otoño invierno se definió ampliar las estaciones en los sectores 2 y 3 de la zona 8 para

reemplazar las estaciones de muestreo del sector Isla Rojas de la zona 8 completando así el número de 9 estaciones por zona.

De acuerdo a estos resultados la definición de zonas y sectores quedó de la siguiente manera:

Los sectores seleccionados con influencia de la acuicultura son:

- Región Los Lagos: Zona 1 (Z1), Seno Reloncaví: los sectores escogidos en base a los centros de cultivo de referencia fueron Sector 1 Bahía Chincui (Z1S1), Sector 2 Isla Maillen (Z1S2) y Sector 3 Isla Guar (Z1S3).
- Región Los Lagos Zona 2, Chiloé central: los sectores escogidos en base a los centros de cultivo de referencia fueron Sector 1 Isla Meulín (Z2S1), Sector 2 Isla Caguach-Isla Quenac (Z2S2) y Sector 3 Isla Teuquelin (Z2S3).
- Región Aysén Zona 7 (Z7), Melinka: los sectores escogidos en base a los centros de cultivo de referencia fueron Sector 1 Lagreze (Z7S1), Sector 2 Isla Betecoi (Z7S2) y Sector 3 Isla Sánchez (Z7S3).
- Región Aysén Zona 8, Melinka central: los sectores escogidos en base a los centros de cultivo de referencia fueron Sector 2 Isla May (Z8S2), Sector 3 Isla Forsyth (Z8S3)³.

Los sectores seleccionados con menos influencia de la acuicultura son:

- Región Los Lagos Zona 3 (Z3) Corcovado: los sectores seleccionados fueron nombrados como Sector 1 Corcovado Norte (Z3S1), Sector 2. Corcovado 2 (Z3S2) y Sector 3 Corcovado Sur (Z3S3).
- Región Los Lagos Zona 4 (Z4) Bahía Tic Toc: los sectores seleccionados fueron nombrados como Sector 1 Tic Toc Expuesta (Z4S1), Sector 2. Tic Toc Costa (Z4S2) y Sector 3 Tic Toc Sur (Z4S3).
- Región Aysén Zona 5 (Z5) Raúl Marín Balmaceda (RMB): los sectores seleccionados fueron nombrados como Sector 1 RMB 1 (Z5S1), Sector 2 RMB 2 (Z5S2) y Sector 3 RMB 3 (Z5S3).
- Región Aysén Zona 6 (Z6) Raúl Marín Balmaceda 2 (RMB2): los sectores seleccionados fueron nombrados como Sector 1 RMB2 1 (Z6S1), Sector 2 RMB2 2 (Z6S2) y Sector 3 RMB 3 (Z6S3).

La ubicación de los sectores y estaciones de cada zona se presentan en las figuras 5 a 12. Detalles sobre la información bibliográfica analizada para estos sectores se presenta en el Anexo 1.

³ Las estaciones del Sector 1 fueron redistribuidas en sectores 2 y 3.

Tabla 4. Información sobre los centros de cultivo de salmónidos que sirvieron de referencia para la selección zonas influenciadas por la acuicultura. Fuente: Sernapesca.

Código Centro	Región	Zona de acuerdo al proyecto	Sector de acuerdo al proyecto	ACS	Inicio de operaciones	Biomasa año 2015	Biomasa ACS 2015 (kg)	Fecha Muestreo INFA	Condición Ambiental
100622	Los Lagos	1	Isla Guar	2	1996	1.259.769	35.935.264	21-04-2006	aeróbico
101505	Los Lagos	1	Isla Maillen	2	1995	2.795.001	35.935.264	03-11-2015	aeróbico
100271	Los Lagos	1	Chincui	2	1995	94.310	35.935.264	14-11-2014	aeróbico
102131	Los Lagos	2	Isla Meulin	9B	1999	4.343.131	14.392.912	17-09-2015	aeróbico
100597	Los Lagos	2	Quenac y I. Cahuac	9B	1995	2.902.187	14.392.912	26-10-2016	aeróbico
101308	Los Lagos	2	I. Teuquelin	9B	1997	3.281.356	14.392.912	25-09-2015	anaeróbico
110190	Aysén	7	Canal Betecoi	18A	1998	4.114.377	10.498.230	25-04-2015	aeróbico
110189	Aysén	7	Canal Lagreze	18A	1998	2.239.488	10.498.230	24-06-2015	aeróbico
110575	Aysén	7	I. Sánchez	18B	2005	1.987.092	9.862.662	24-10-2015	aeróbico
110768	Aysén	8	I. Forsyth	19A	2009	2.711.823	26.157.497	06-03-2016	aeróbico
110513	Aysén	8	I. May	18D	2005	4.868.834	19.628.250	31-08-2015	aeróbico

Tabla 5. Información sobre los centros de cultivo de salmónidos que sirvieron de referencia para la selección zonas menos influenciadas por la acuicultura. Fuente: Sernapesca.

Código Centro	Región	Zona de acuerdo al proyecto	Sector de acuerdo al proyecto	ACS	Inicio de operaciones	Biomasa año 2015	Biomasa ACS 2015 (kg)	Fecha Muestreo INFA	Condición Ambiental
110412	Aysén	5	R. Marin B.	35	2004	3.221.880	5.987.760	08-08-2015	anaeróbico
110402	Aysén	5	R. Marin B.	35	2004			09-03-2014	aeróbico
110407	Aysén	5	R. Marin B.	35	2004	2.765.880	5.987.760	15-12-2015	aeróbico

Tabla 6. Información de corrientes asociadas a los centros de cultivo de salmónidos que sirvieron de referencia para la selección zonas influenciadas.

Sectores	Velocidad Corriente (cm/s) (1)	Profundidad (m) (1)	Dirección Corriente (1)	Rango Velocidad Corriente (cm/s) (2)	Profundidad (m) (2)	Promedio Velocidad Corriente (cm/s) (3)	Dirección Corriente (3)
B. Chincui				0-4	70	7,14	NW
I. Maillen	5,1-10	59-60	NW	0-4	70	7,14	NW
I. Guar	5,1-10	58-60	NW	4-8	70	14,66	S
I. Meulin	>30,1	30-32	E	8-12	50		
I. Caguach-I-Quenac	2,2		NW	4-8	50	14	SE
I. Teuquelin	5,1-10	49-50	SE	4-8	50	20,1	S
I. Betecoi	0,7	44-46 m	W				
Canal Lagreze	5,1-10	16-18	W				
I. Forsyth	>30,1	60,5	W				
I. May	0,25	33,4	SW				
I. Sanchez	0,75	45-50					

(1) Desde Declaraciones de Impacto Ambiental (Web Servicio Evaluación Ambiental)

(2) Circulación media basado en modelación hidrodinámica-IFOP

(3) Proyecto: ASIPA-SUBPESCA 2011, Diseño y estudio técnico de macrozonas de agrupaciones de concesiones en la zona sur austral X a XII regiones

Tabla 7. Distancia desde el centro de cultivo hasta la estación de muestreo para las zonas influenciadas por la acuicultura en las regiones de Los Lagos y Aysén. El primer número de la columna estación indica la zona. 1: Zona Seno Reloncaví, 2: Zona Chiloé Centro, 7: Zona Melinka, 8: Zona Melinka Central. Segundo número en columna estación indica sector y el tercero estación.

Región Los Lagos - Zonas Influenciadas				Región Aysén Zonas Influenciadas			
Sectores	Estación	Distancia a punto muestreo (m)	Promedio: fila superior Desv. Est. fila inferior	Sectores	Estación	Distancia a punto muestreo (m)	Promedio: fila superior Desv. Est. fila inferior
Bahía Chincui	1.1.1	259	222	Canal Lagreze	7.1.1	125	134
	1.1.2	182	39		7.1.2	141	8
	1.1.3	225			7.1.3	135	
I. Maillen	1.2.1	188	124	Isla Betecoi	7.2.1	407	549
	1.2.2	94	56		7.2.2	570	133
	1.2.3	89			7.2.3	670	
Isla Guar	1.3.1	195	240	Isla Sanchez	7.3.1	226	152
	1.3.2	168	103		7.3.2	50	91
	1.3.3	358			7.3.3	181	
I. Meulin	2.1.1	315	236	Isla May	8.2.1	218	170
	2.1.2	113	108		8.2.2	86	73
	2.1.3	279			8.2.3	205	
I. Caguach-I. Quenac	2.2.1	217	151		8.2.4	328	315
	2.2.2	134	59	Isla Forsyth	8.3.0	413	105
	2.2.3	103			8.3.1	205	
I. Teuquelin	2.3.1	160	148		8.3.2	112	249
	2.3.2	140	10		8.3.3	223	151
	2.3.3	145		8.3.4	411		
Promedio general			187	Promedio general			261
Desviación estándar			77	Desviación estándar			171

Tabla 8. Distancia desde el centro de cultivo (cuando fue posible identificar alguno) hasta la estación de muestreo para las zonas menos influenciadas por la acuicultura en las regiones de Los Lagos y Aysén. El primer número de la columna estación indica la zona. 3: Zona Corcovado, 4: Zona Tic Toc, 5: Zona Raúl Marín Balmaceda 1, 6: Zona Raúl Marín Balmaceda 2. Segundo número en columna estación indica sector y el tercero estación.

Región Los Lagos - Zonas menos Influenciadas				Región Aysén Zonas menos Influenciadas			
Sectores	Estación	Distancia a punto muestreo (m)	Promedio: fila superior Desv. Est. fila inferior	Sectores	Estación	Distancia a punto muestreo (m)	Promedio: fila superior Desv. Est. fila inferior
Corcovado Norte	3.1.1		3880	RMB 5.1	5.1.1		3203
	3.1.2	3880			5.1.2	3203	
	3.1.3				5.1.3		
Corcovado Centro	3.2.1		4585	RMB 5.2	5.2.1		5920
	3.2.2	4585			5.2.2	5920	
	3.2.3				5.2.3		
Corcovado Sur	3.3.1		5360	RMB 5.3	5.3.1		10200
	3.3.2	5360			5.3.2	10200	
	3.3.3				5.3.3		
Tic Toc Expuesta	4.1.1			RMB 6.1	6.1.1		11982
	4.1.2	No hay concesiones			6.1.2	11982	
	4.1.3				6.1.3		
Tic Toc Costa	4.2.1			RMB 6.2	6.2.1		11800
	4.2.2	No hay concesiones			6.2.2	11800	
	4.2.3				6.2.3		
Tic Toc Sur	4.3.1			RMB 6.3	6.3.1		13013
	4.3.2	No hay concesiones			6.3.2	13013	
	4.3.3				6.3.3		
Promedio general			4608	Promedio general			9353
Desviación estándar			2567	Desviación estándar			3915

Zona 1 Seno Reloncavi:
 S1 Bahía Chincui; S2 Isla Maillen; S3 Isla
 Guar

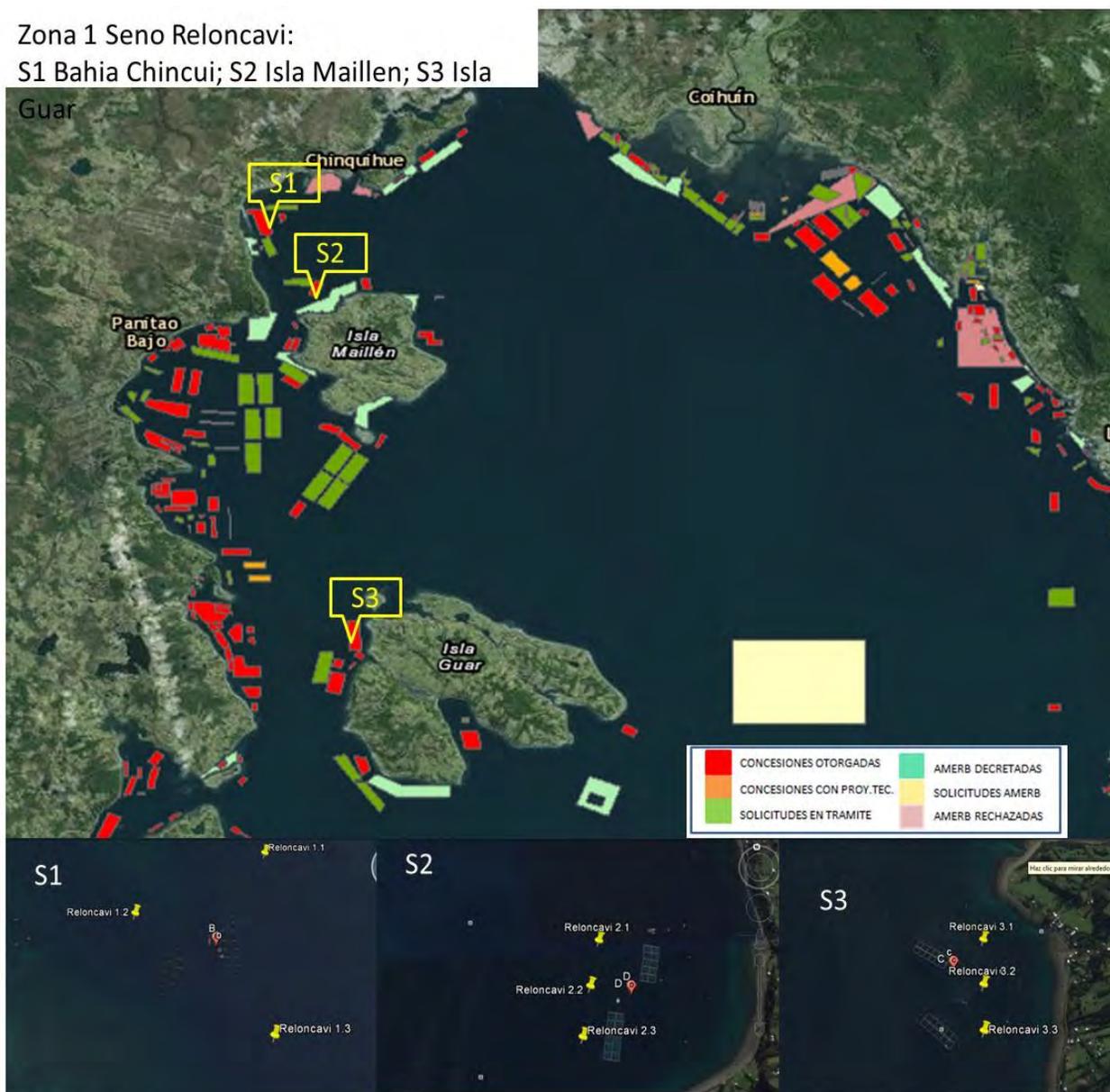


Figura 5. Zona 1 Seno Reloncaví, los sectores seleccionados (S) y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Sector Bahía Chincui, S2. Sector Isla Maillen, S3. Sector Isla Guar (3). Las estaciones en cada transecta se diferencian de 1 a 3.

Zona 2 Chiloé Central:
 S1 Isla Meullin; S2 Isla Quenac; S3 Isla
 Teuquelin

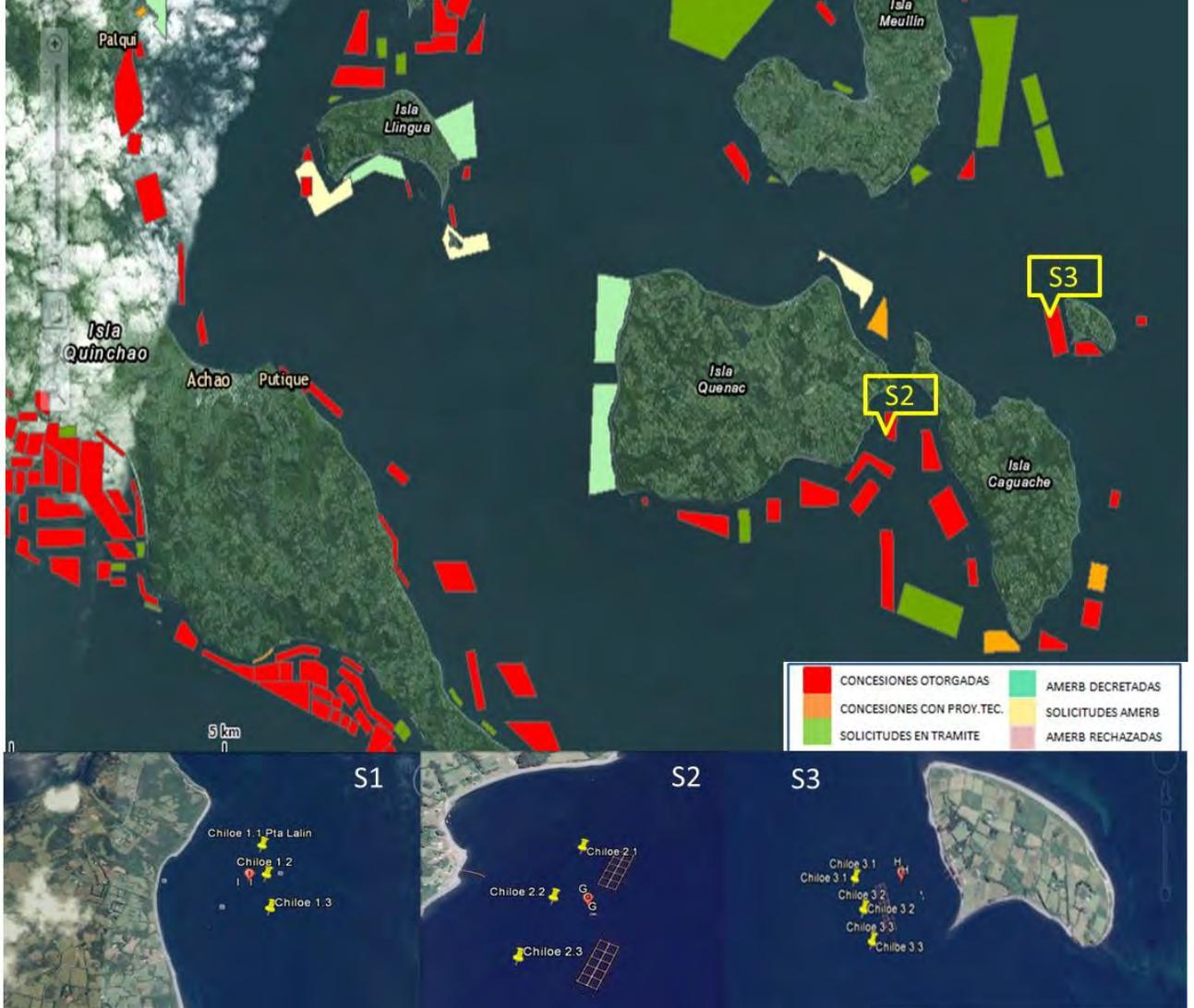


Figura 6. Zona 2 Chiloé Central y los sectores seleccionados (S) así como los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Sector Isla Meullín, S2. Sector Isla Caguach – Isla Quenac, S3. Sector Isla Teuquelin. Las estaciones en cada transecta se diferencian de 1 a 3.



Figura 7. Zona 3 Corcovado frente a San Pedro, los sectores seleccionados (S), y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Los sectores se observan en ampliación en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Corcovado Norte, S2. Corcovado 2, S3. Corcovado Sur. Las estaciones en cada transecta se diferencian de 1 a 3.

Zona 4 Bahía Tic Toc
 S1 Corcovado 1; S2 Corcovado 2; S3 Corcovado 3

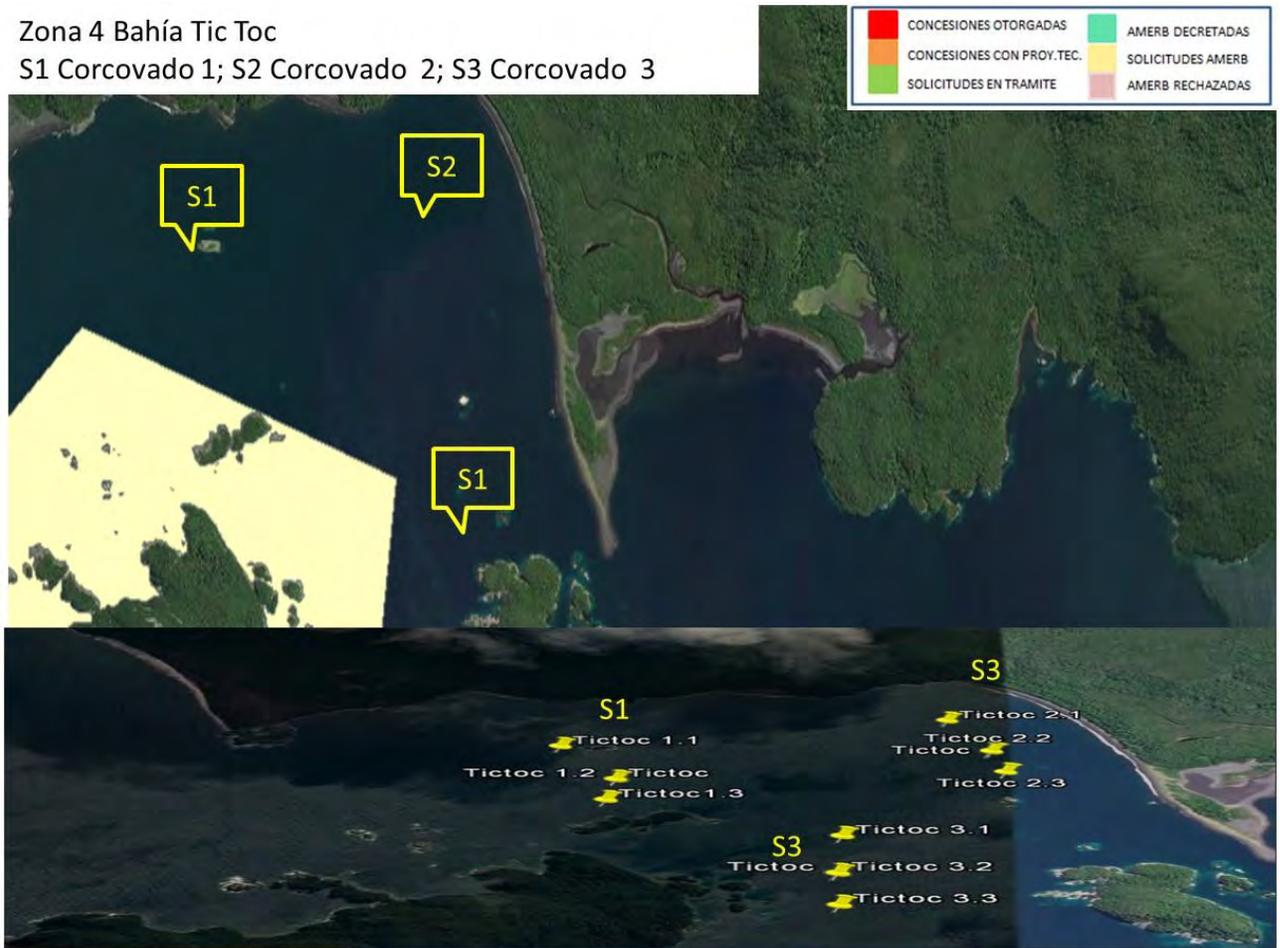


Figura 8. Zona 4 Bahía Toc Toc Corcovado, los sectores seleccionados (S), y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Tic Toc Expuesta, S2. Tic Toc Costa, S3. Tic Toc Sur. Las estaciones en cada transecta se diferencian por un número de 1 a 3.

Zona 7 Melinka
 S1 Canal Lagreze; S2
 Betecoi;
 S3 Isla Sanchez

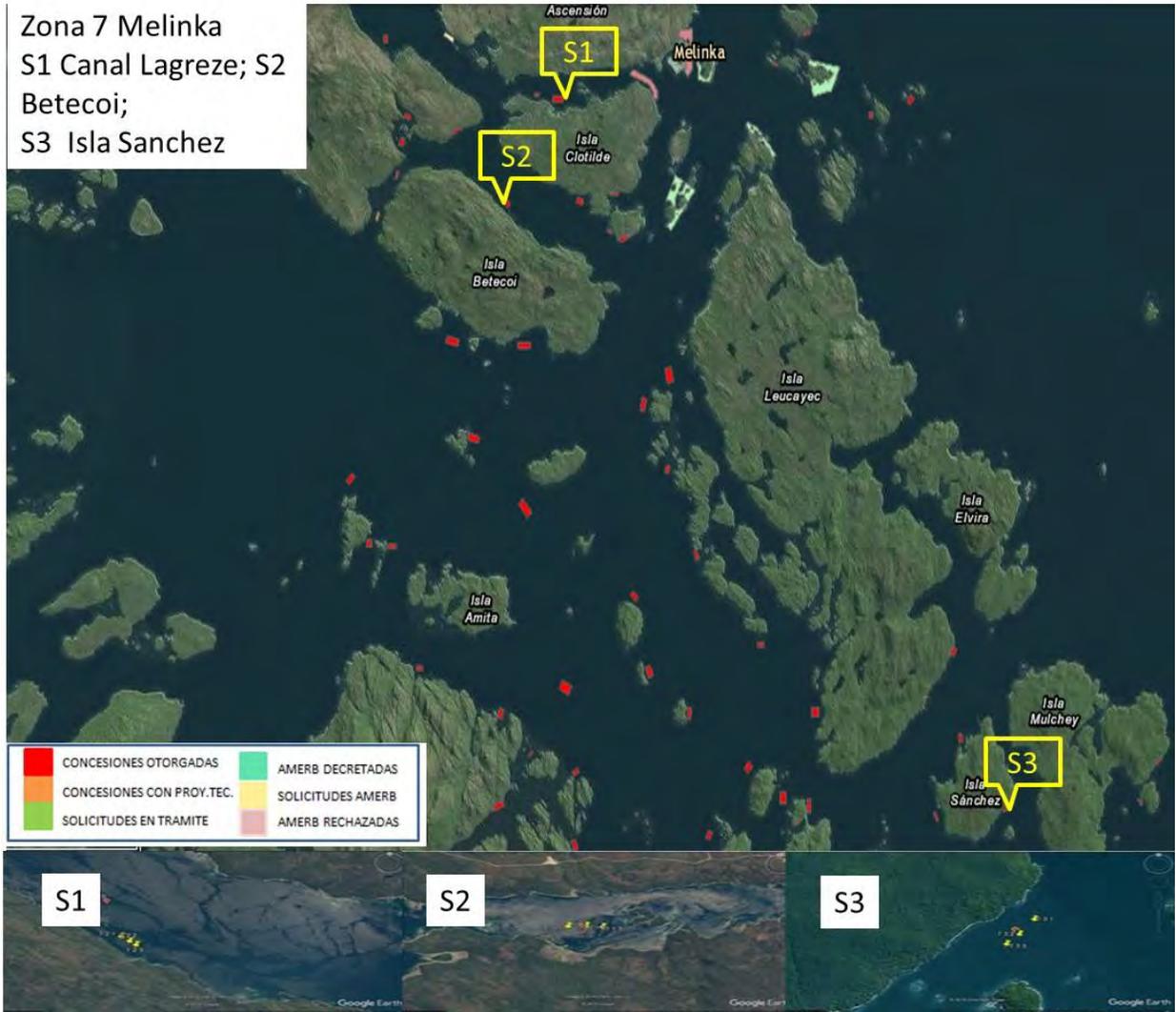


Figura 9. Zona 7 Melinka, los sectores seleccionados (S), y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Canal Lagreze, S2. Isla Betecoi, S3. Isla Sánchez. Las estaciones en cada transecta se diferencian por un número de 1 a 3.

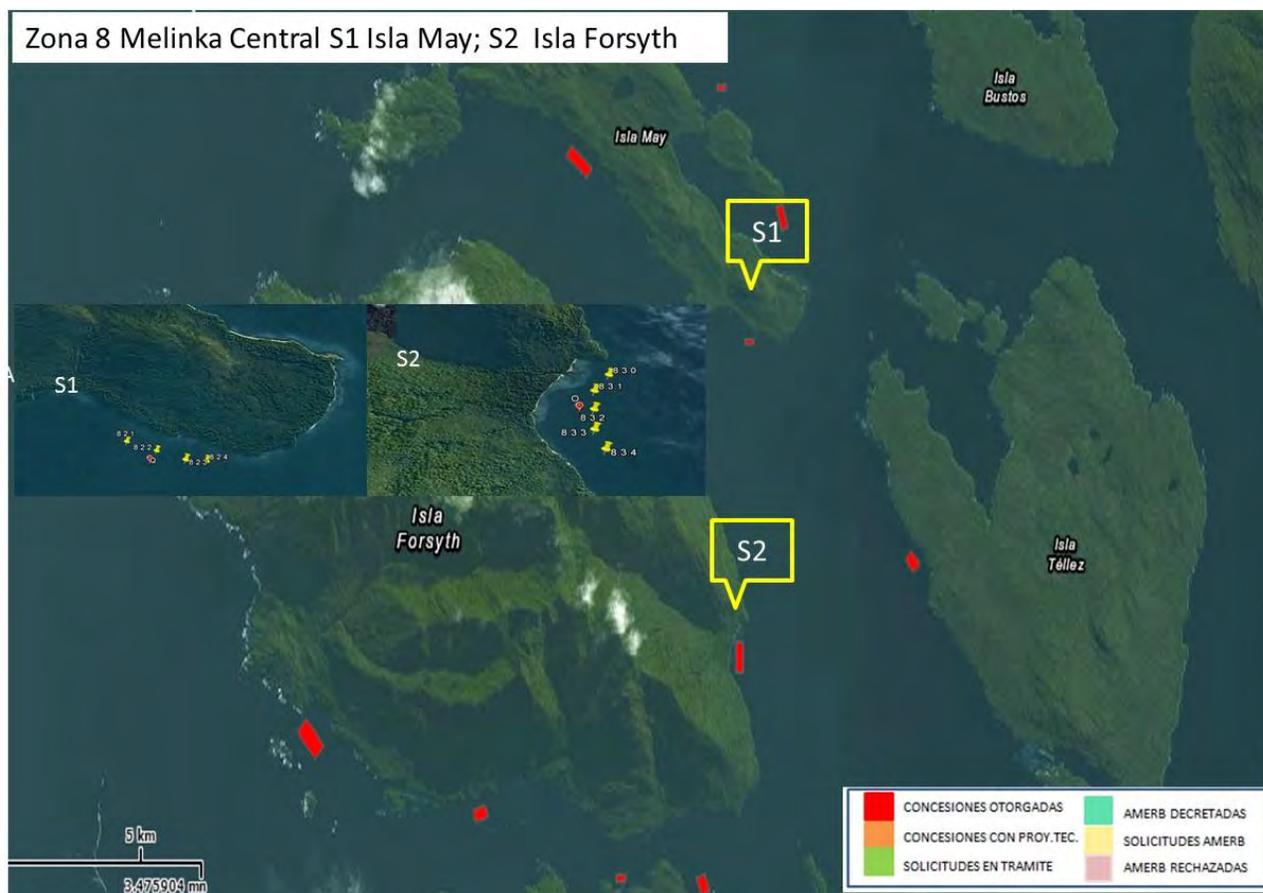


Figura 10. Zona 8 Melinka central, los sectores seleccionado (S), y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte central de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Isla May, S2. Sector Isla Forsyth. Las transectas se diferencian por un número de 1 a 4 y 0 a 4, respectivamente.

Zona 5 Raúl Marín Balmaceda (Z5)
S1 RMB1; S2 RMB2; S3 RMB3

Ampliación Z5
S1 RMB1; S2 RMB2; S3 RMB3

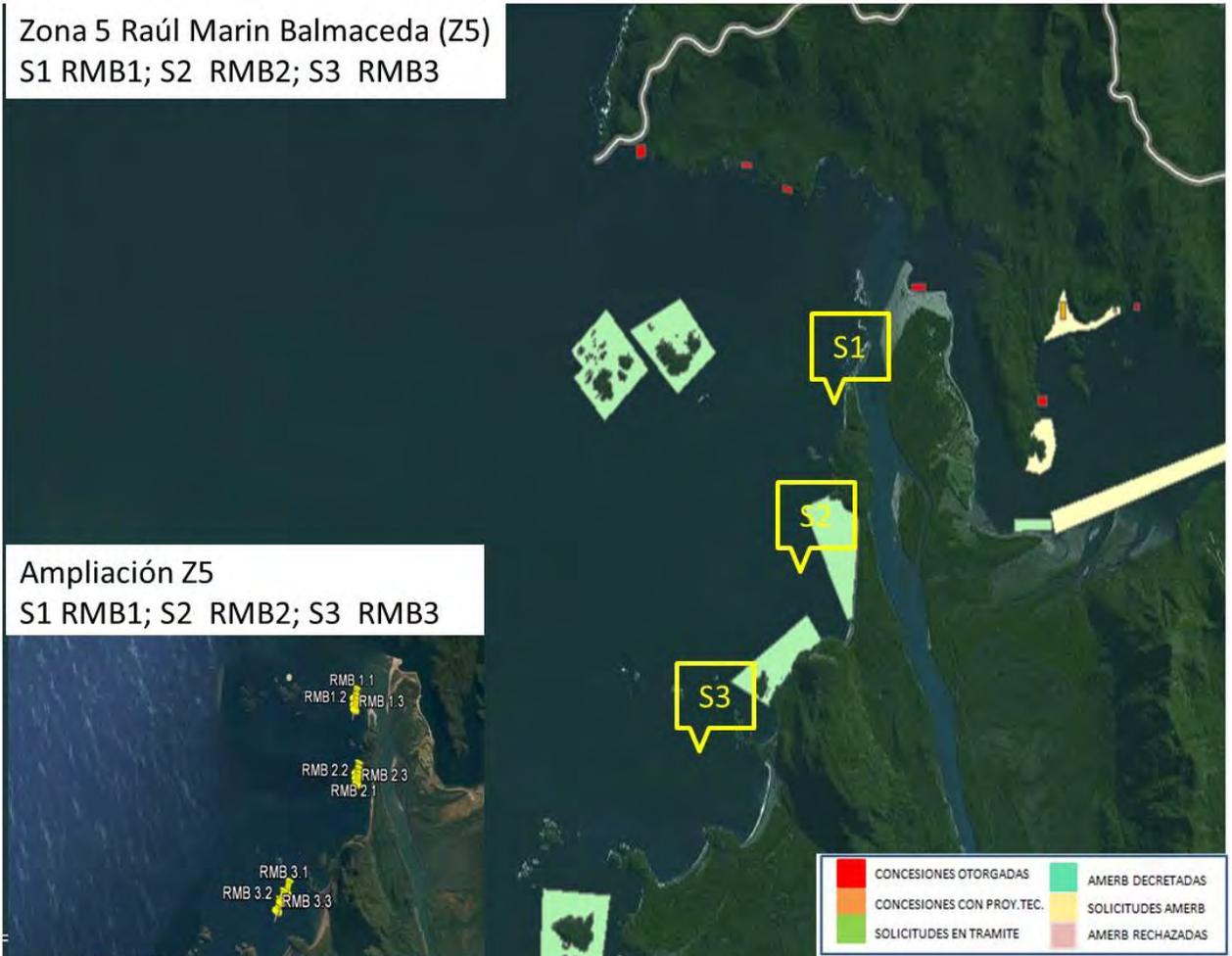


Figura 11. Zona 5 Raúl Marín Balmaceda. Sectores en la zona (S1, S2, S3) y las estaciones en cada sector numeradas de 1 a 3. Se presenta una ampliación de los sectores para indicar la posición de las transectas.

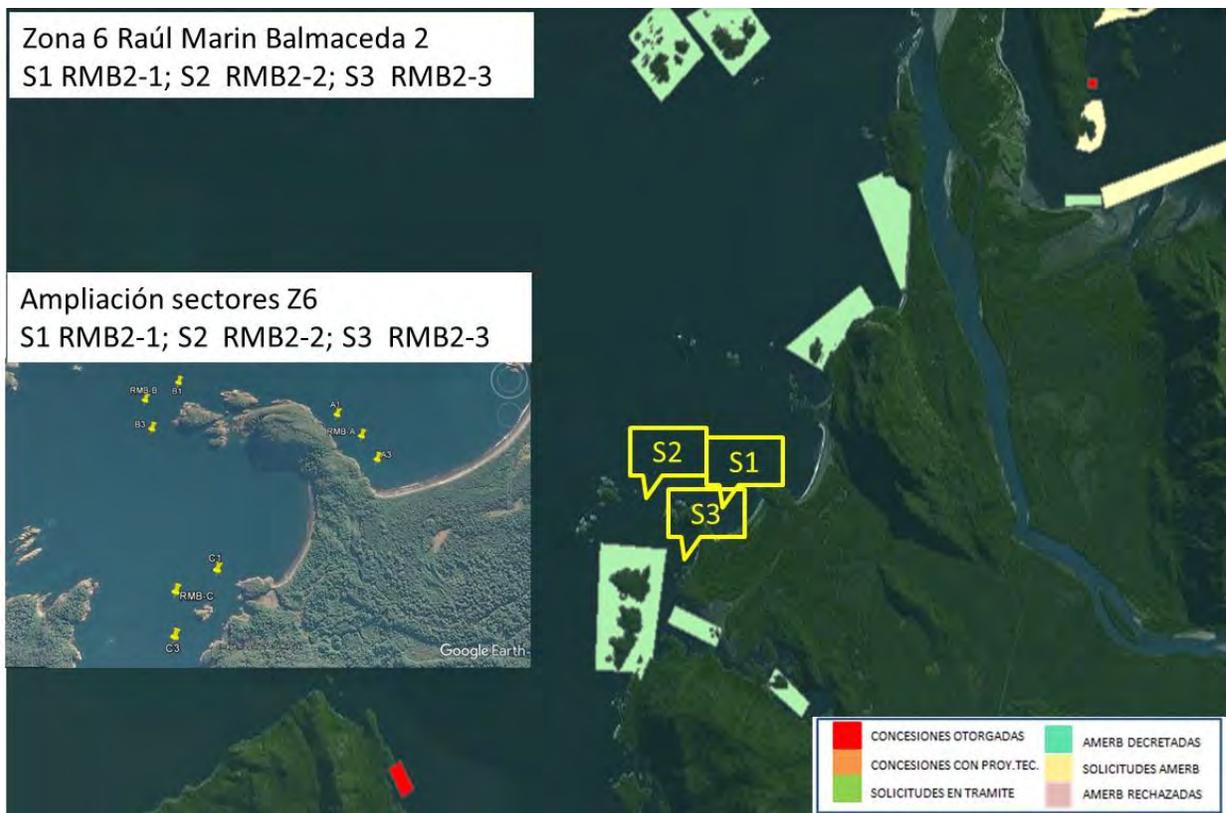


Figura 12. Sectores en la Zona Raúl Marín Balmaceda 2 y las estaciones en cada sector. Se presenta una ampliación de los sectores para mostrar las estaciones de muestreo por cada sector.

Comentarios sobre la información

Cabe señalar que como parte de este diseño se incluyeron los elementos discutidos en la reunión con la contraparte técnica de Subsecretaría de Pesca y Acuicultura-Valparaíso, realizada el día 20 de octubre del 2016 y en la cual también participaron profesionales del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura de las regiones Los Lagos y Aysén, de la Dirección Zonal de Subsecretaría de Pesca y Acuicultura-Región Aysén y del Fondo de Investigación Pesquera y Acuícola.

Se informa además que posterior a esta reunión se continuó en contacto con los profesionales de las regiones para precisar la ubicación de los sectores y estaciones de muestreo en función de la localización de los centros de cultivo.

La única fuente de información que no aportó en este proceso fue la proporcionada por CENDOC debido a que se le solicitó información sobre el tipo de fondo de los sectores y la información que tenían disponible era la profundidad, pero no el tipo de fondo.

Las dificultades que se encontraron con algunas fuentes de información y que agregó incerteza a la selección de los sectores y en consecuencia a la selección de las estaciones de muestreo durante la primera campaña (primavera-verano) condujeron a las situaciones indicadas previamente respecto de la selección de zonas y sectores. Específicamente la dificultad fue no encontrar fondos blandos (presencia de rocas y/o sedimento muy compactado), condición fundamental para el proyecto debido a que la caracterización ecológica de los sectores se basará en indicadores que aplican a este tipo de fondo.

El equipo del proyecto previó la posibilidad de que hubiese discrepancia entre el trabajo de gabinete para seleccionar estaciones y lo observado en terreno debido a que al cruzar las fuentes de información se detectó que había fuentes contradictorias, poco precisas y en algunos casos no había información (un análisis del plan de monitoreo se presenta en la sección Resultados). Esto fue especialmente importante para las zonas no influenciadas donde además existen menos fuentes de información y menos cantidad de información. Por esta razón, se incluyó dos sectores adicionales, que fueron visitados y prospectados pero que tampoco cumplieron con el requisito de fondo blando. Cabe señalar además que, aunque se previó esto, el universo de posibilidades para muestrear es pequeño puesto que en las zonas influenciadas por la acuicultura debíamos escoger sectores donde hubiesen operado centros de cultivo el año 2015 y para los sectores no influenciados había poca información.

V.1.2. Análisis del Plan de Monitoreo

Como se indicó en el proyecto postulado, se realizó una evaluación técnica – económica del plan de monitoreo, con el objeto de tener antecedentes para futuras licitaciones que contemplen actividades de este tipo. El análisis se centró principalmente en evaluar los puntos críticos en tres dimensiones: (i) Logística, (ii) Técnica y (iii) Económica

1. DIMENSIÓN LOGÍSTICA

- 1.1. Fuentes de información requeridas, para disminuir los riesgos asociados al terreno
- 1.2. Vinculación con actores locales
- 1.3. Tiempo promedio estimado en la ejecución de los muestreos

2. DIMENSIÓN TÉCNICA:

- 2.1. Experiencia del personal de terreno
- 2.2. Equipamiento e Infraestructura
- 2.3. Protocolo de muestreo

3. DIMENSIÓN ECONÓMICA

- 3.1. Análisis detallado de los recursos requeridos para una campaña de terreno
- 3.2. Estructura presupuestaria de los terrenos realizados en el proyecto FIPA 2016-02

Sin perjuicio de lo anterior y atendiendo el propósito final de las campañas de terrenos de este proyecto, que es “evaluar el estado ecológico de sectores marinos”, creemos relevante entregar una evaluación técnica – económica de los terrenos y análisis posteriores que permiten evaluar la condición ecológica, como es el trabajo de laboratorio tanto para el tratamiento de las muestras post terreno, así como el análisis taxonómico de especies, trabajo base para aplicación del AMBI, lo cual involucra tiempos, experiencia profesional y costos operacionales que resulta interesante evaluar para conocimiento de la autoridad.

V.2 OBJETIVO 2: Analizar para cada estación de muestreo la macrofauna bentónica de fondos blandos, granulometría y textura, %MOT, pH y Redox en sedimentos y oxígeno disuelto en profundidad, entre otras variables.

A continuación, se presenta la metodología para obtener y analizar las muestras de sedimento y la obtención de las variables físicas y químicas del sedimento y columna de agua.

V.2.1 Actividades en la embarcación

Para cada estación de muestreo hubo:

1. Geo-referenciación del punto de muestreo en UTM y geográficas referidas al DATUM WGS 84 y en la zona correspondiente según longitud (huso 18) mediante GPS Ecosonda Marca Samsung que es parte del equipamiento de la embarcación Dr. Jurgen Winter.
2. Constatación de profundidad, con un ecosonda de registro continuo, con una precisión mínima de 10 metros. La lectura del ecosonda se debe realizar, como mínimo, cada 100 metros. Las mediciones se corrigieron de acuerdo al nivel de marea del día y la hora del muestreo y del sector analizado, a través de la tabla de mareas del SHOA (Res. 3612/2009). Para esto se usó un GPS-Ecosonda desde el cual se extrajo la información para realizar la corrección considerando las diferencias en horas y alturas de la pleamar y bajamar entre un puerto secundario y el puerto patrón correspondiente a cada sector.

Se revisó las diferencias de profundidad y ubicación entre los puntos de muestreo Primavera-verano y campaña otoño-invierno. Para esto los puntos de muestreo se desplegaron y georreferenciados los puntos en ArcGis 9.3 en mapas para cada zona. Se usó la información batimétrica de cartas bluechart g2 de Garmin para revisar cambios de profundidad entre los puntos de muestreo de ambas campañas.

Las actividades relativas al muestreo que se presentan en la Figura 1 a modo de visualizar las distintas escalas espaciales involucradas en las campañas de muestreo y los puntos de muestreo, así como las variables que se midieron en las escalas de estaciones y réplicas.

3. Lanzamientos de la draga
 - Primer lanzamiento de la draga: Constatación de sustrato blando y obtención de la primera réplica de sedimento para análisis de macrofauna (composición específica, abundancia y biomasa).

- Segundo lanzamiento de la draga: (i) obtención de la segunda réplica de sedimento para análisis de macrofauna (composición específica, abundancia y biomasa), estimación de redox, pH y temperatura del sedimento
 - Tercer lanzamiento de la draga: (i) obtención de la tercera réplica de sedimento para análisis de macrofauna (composición específica, abundancia y biomasa), estimación de redox, pH y temperatura del sedimento
 - Cuarto lanzamiento de la draga para obtención de materia orgánica y granulometría
4. Lanzamiento de botella para obtención de muestra de agua a 1 m del fondo para medición de oxígeno disuelto a través del método Winkler.

El diseño de muestreo se presenta en la Figura 13 y la variable que se muestreo a nivel de estación y de réplica. El diseño original contemplaba un diseño equilibrado, es decir si a nivel de estación se debía muestrear materia orgánica en todas las estaciones debió muestrearse materia orgánica. Lo mismo para el caso de variables que se definieron muestrear a nivel de réplica. Dado las dificultades de muestreo explicadas en la sección anterior el número de muestras no fue el mismo para cada zona. La información sobre el número de muestras por nivel espacial y por variable se presenta en la Tabla 9.

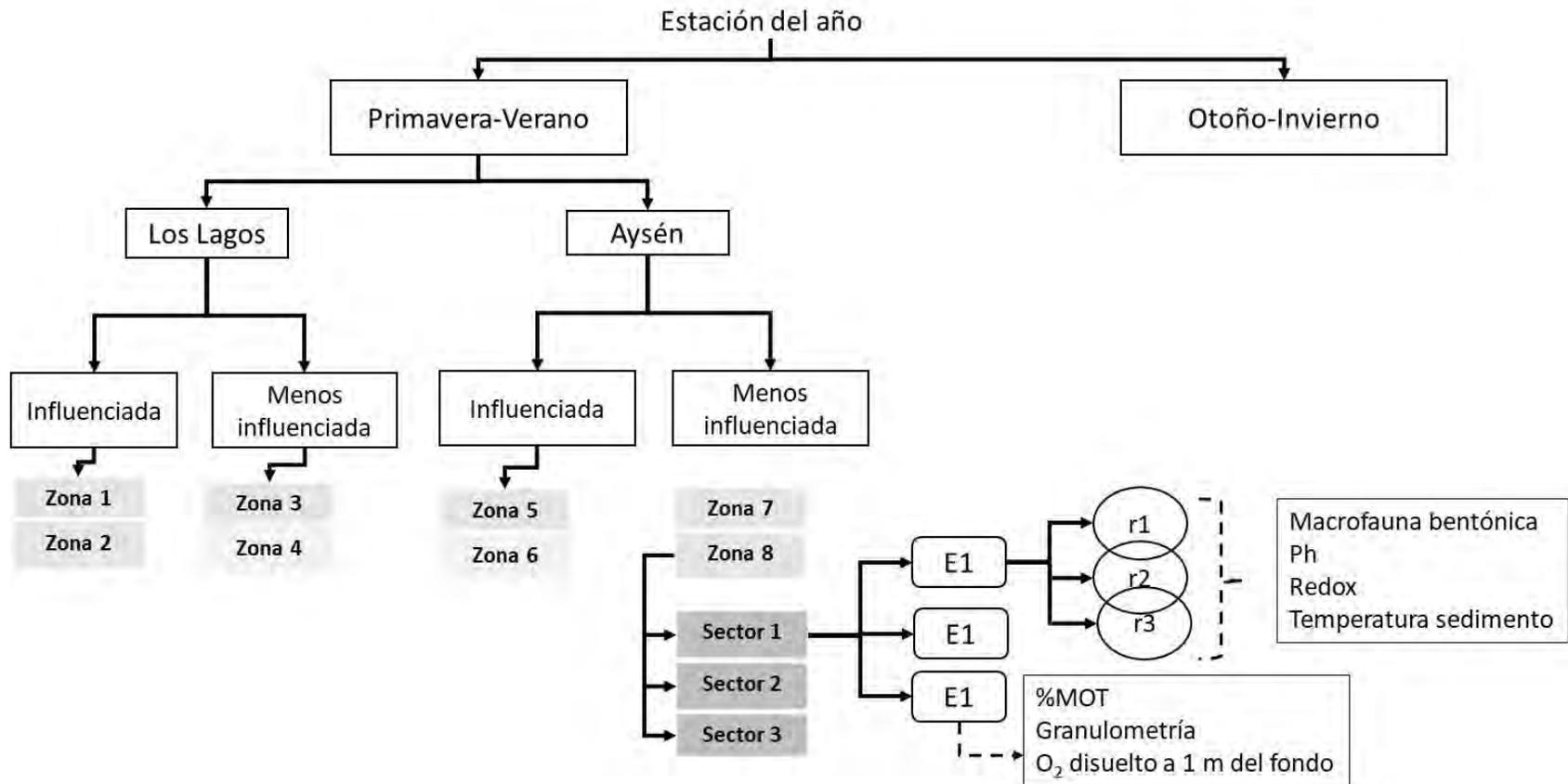


Figura 13. Esquema que muestra el diseño de toma de muestras en las estaciones y réplicas para un sector de una zona en una región. Este diseño se replica para las otras zonas y para la región de Los Lagos y la campaña de Otoño – Invierno.

Tabla 9. Número de muestras a nivel espacial de zona y por variable

Variable de análisis		Zonas Influenciadas		Diferencia	Zonas Menos Influenciadas		Diferencia
		Original	Real		Original	Real	
Sedimento	Redox	216	207	9	216	216	0
	pH	216	207	9	216	216	0
	T°	216	207	9	216	216	0
Winkler		72	54	18	72	54	18
T° Agua		72	69	3	72	63	9
MOT		72	54	18	72	63	9
% de fango		72	69	3	72	72	0
AMBI		72	69	3	72	72	0
Indicadores ecológicos comunitarios		72	69	3	72	72	0

V.2.2 Macrofauna bentónica

La metodología que se presenta a continuación se desarrolló en base a las siguientes fuentes bibliográficas:

- Gray, J. & M. Elliott, 2009. Ecology of Marine Sediments. From Science to Management. Second edition. Oxford 225 paginas
- Eleftheriou A, & McIntyre, AD (eds) 2005. Methods for the study of Marine Benthos (3rd ed) IBP Handbook N° 16. Blackwell Science Oxford.
- Borja, Á., y Muxika, I. 2005. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. Marine Pollution Bulletin 50:787 – 789.
- ISO 16665:2005. Water quality, guidelines for quantitative sampling and sampling and simple processing of marine soft – bottom macrofauna.
- Norma chilena ISO NCh: 17025.oF2005: Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de calibración y ensayo.
- Marín, S.L., Núñez, R., Borja, A., Muxica, I. 2014. Manual para la estimación del indicador biótico AZTI Marine Biotic para la acuicultura en Chile: Muestreo, análisis, cálculo e interpretación. Primera Edición, Editorial Grupo HEXA, Puerto Montt, 52pp.
- Rumohr, H. 2009. Soft bottom macrofauna: Collection, treatment, and quality assurance of samples. 24 pp.
- Subsecretaría de Pesca de Chile. 2009. Resolución Exenta N° 3612 / 2009. Fija las metodologías para elaborar la caracterización preliminar de sitio (CPS) y la información ambiental (INFA). Numeral 28.

En cada estación de muestreo se obtuvieron muestras de sedimento superficial utilizando una draga de 0,1 m² de área mordida (tipo Van Veen) cuyo peso fue de 37 kg. Al bajar la draga se tomó la precaución

de que a unos pocos metros del fondo se detuvo el descenso y se retomó nuevamente a una velocidad menor a 0,5 m/s, manteniendo el cable lo más vertical posible para garantizar que la draga baje y suba en la vertical. La elevación de la draga se realizó a través de un winche mecánico. Cuando

Cuando la draga estuvo en la embarcación se realizó una evaluación visual de la muestra de manera de determinar si la muestra se aceptaba o se rechaza. El rechazo de cada muestra quedó definido según las siguientes condiciones:

- Si la draga no llega completamente cerrada a la superficie
- Si existen evidencias de una mordida irregular
- Si hubo pérdida de sedimento durante la elevación de la draga
- Evidencia de lavado y/o perturbación de la superficie de la muestra
- Si se evidencian cambios significativos y extraños entre el contenido de una y otra réplica
- Si la muestra obtenida por la draga contiene menos de 5 L (Rumohr, 2009)

Sobre la embarcación, y ya obtenida la muestra, todo el contenido de la draga se depositó en un contenedor y fue lavada con agua de mar obtenida desde el mismo lugar asegurando que el agua estuviese libre de partículas grandes (tanto orgánicas como inorgánicas), a través de un tamiz de 500 μm de abertura de malla. El agua se aplicó dejándola caer sobre el tamiz pero sin aplicar fuerza adicional. La malla del tamiz es de bronce, su forma redonda, y un tamaño de aproximado de 40 cm de diámetro. Lo retenido en el tamiz se retiró aplicando agua desde abajo sin fuerza excesiva solo la necesaria para evitar que se colmate y así impedir pérdida de muestra y tratando de que todo el material quedara en el recipiente en el que se fijaría. La muestra se fijó con alcohol al 80% por recomendación de los expertos en macrofauna, y se rotuló con la siguiente información: fecha de muestreo, campaña de muestreo, zona, sector y estación de muestreo. Para las muestras de sedimento para análisis de macrofauna además se incluyó en el rótulo la réplica.

Separación de las muestras

Una vez en laboratorio, dos personas realizaron un tamizado adicional usando tamiz de 1 mm de apertura de malla para obtener la fracción mayor 500 μm – menor que 1 mm y la fracción >1 mm. Sin embargo, para el análisis de los indicadores se usó la información de la fracción mayor a 500 μm .

La separación de las muestras se realizó de acuerdo a la siguiente metodología:

- La separación de la macrofauna bentónica se realizó usando una lupa estereoscópica, y en caso de ser necesario una mejor distinción se utilizó rosa de bengala.
- La macrofauna de cada muestra se separó y clasificó primero a nivel los siguientes grupos: Anélidos (poliquetos e hirudíneos), Crustáceos (anfípodos, isópodos, cumáceos, y tanaidáceos),

Moluscos, Equinodermos y Sipuncúlidos. Individuos de especies de otros grupos se mantuvieron separados dejándolos en contenedores diferentes.

- Los poliquetos no fueron extraídos de sus tubos porque es útil para la identificación de las especies. Las muestras serán almacenadas en alcohol 80%.
- Especial cuidado se ha tenido en conservar la información del rotulado inicial, permitiendo la trazabilidad de la muestra, agregando además el Phylum correspondiente.
- Las muestras preservadas en alcohol 80% y correctamente etiquetadas, se enviaron a los expertos que se incluyen en el equipo de trabajo de esta propuesta: Jorge Pérez (Museo Nacional de Historia Natural), Javier Sellanes (Universidad Católica del Norte) y Eulogio Soto (Universidad de Valparaíso). En el caso del análisis de los poliquetos se contrató una analista adicional puesto que fue este grupo el que más tiempo tomó para ser analizado.

Para el cálculo de los indicadores sólo se consideró a los individuos de los grupos Anélidos, Moluscos y Crustáceos.

Los expertos en sus laboratorios analizaron las muestras. Inicialmente se estimó un periodo de 10 meses para análisis de ambas campañas, sin embargo, la identificación se extendió a 17 meses, es decir hasta el mes de mayo del 2018. Para dar respuesta a los plazos del proyecto, hubo que contratar otro analista para identificación de poliquetos, puesto que este fue el grupo con mayor número de individuos para identificar. La nueva analista trabajó en la identificación de 7 zonas (Tabla 10).

El tiempo de respuesta de análisis de macrofauna (Tabla 10), considera fechas de envío de muestras separadas por grupo (moluscos, crustáceos y anélidos) a los taxónomos y la fecha de recepción de las planillas con los resultados. El tiempo promedio de respuesta fue de 34 días para muestras tomadas en primavera-verano y 32 días para muestras obtenidas durante estación otoño-invierno

Tabla 10. Tiempo de respuesta de análisis de macrofauna. Fechas de envío de muestras separadas por grupo (moluscos, crustáceos y anélidos) a los taxónomos y fecha de recepción de las planillas con los resultados. S/E indica sin fecha de envió, analizadas por profesionales UACH

Campaña Primavera -Verano 2016/2017									
Zonas	Crustaceos (JP)			Moluscos (JS)			Poliquetos (EC)		
	Envío Muestras	Recepción planilla	Tiempo de respuesta*	Envío Muestras	Recepción planilla	Tiempo de respuesta*	Envío Muestras	Recepción planilla	Tiempo de respuesta*
XZ1 Seno	02-02-2018	11-04-2018	27	02-02-2018	09-04-2018	25	S/E	04-05-2018	
XZ2 Chiloe	02-03-2018	01-05-2018	38	02-03-2018	09-04-2018	21	S/E	14-05-2018	
XZ3 Corcovado	02-02-2018	11-04-2018	27	02-02-2018	09-04-2018	25	S/E	02-05-2018	
XZ4 Tic toc	13-01-2017	20-03-2017	41	13-01-2017	28-02-2017	28	02-03-2017	19-05-2017	50
XIZ5 RMB	02-03-2018	11-04-2018	25	02-03-2018	09-04-2018	23	29-03-2018	29-05-2018	38
XIZ6 RMB2	02-05-2017	14-06-2017	26	02-05-2017	22-06-2017	33	02-05-2017	13-07-2017	47
XIZ7 Melinka	02-03-2017	14-06-2017	68	02-03-2017	25-05-2017	54	02-03-2017	31-01-2018	32
XIZ8 Melinka C	07-11-2017	13-11-2017	2	13-11-2017	28-12-2017	29	S/E	23-01-2018	
Tiempo promedio de respuesta			32	30			42		
Campaña Otoño - Invierno 2017									
Zonas	Crustaceos (JP)			Moluscos (JS)			Poliquetos (EC)		
	Envío Muestras	Recepción planilla	Tiempo de respuesta*	Envío Muestras	Recepción planilla	Tiempo de respuesta*	Envío Muestras	Recepción planilla	Tiempo de respuesta*
XZ1 Seno	13-11-2017	28-11-2017	7	13-11-2017	28-12-2017	28	S/E	26-03-2018	
XZ2 Chiloe	23-11-2017	19-12-2017	14	23-11-2017	10-01-2018	28	S/E	23-03-2018	
XZ3 Corcovado	07-10-2017	13-11-2017	22	07-10-2017	27-11-2017	31	06-03-2018	05-04-2018	18
XZ4 Tic toc	11-01-2018	26-02-2018	26	11-01-2018	09-04-2018	36	S/E	23-04-2018	
XIZ5 RMB	11-01-2018	26-02-2018	26	11-01-2018	09-04-2018	36	29-03-2018	02-05-2018	20
XIZ6 RMB2	05-07-2017	14-08-2017	23	05-07-2017	18-08-2017	26	05-07-2017	11-09-2017	40
	24-07-2017	14-08-2017	11	24-07-2017	18-08-2017	15	24-07-2017	05-10-2017	44
XIZ7 Melinka	24-08-2017	28-09-2017	20	24-08-2017	30-10-2017	40	24-08-2017	07-11-2017	48
XIZ8 Melinka C	02-08-2017	07-10-2017	41	02-08-2017	05-10-2017	40	02-08-2017	12-01-2018	108
Tiempo promedio de respuesta			21	31			46		

* Para calcular el tiempo de respuesta, se contabilizaron días hábiles (de lunes a viernes). Para el conteo, se consideró el análisis de las muestras dos días después de recepcionada la muestra y dos días antes del envío de la planilla. Para los meses de septiembre y diciembre no se contó los días festivos y el mes de febrero no se contabilizó por ser periodo de receso en el sistema universitario.

Identificación de las muestras

La identificación se realizó con ayuda de lupas estereoscópicas, microscopios ópticos y material de disección. La identificación se realizó a nivel de especie en la mayoría de las muestras analizadas. Todos los individuos de cada taxón identificado fueron contados y pesados.

Cuando hubo necesidad los nombres de las especies identificadas y su estatus taxonómico se corroboró en bases de datos como WoRMS (World Register of Marine Species)⁴, ITIS⁵, y la base de datos derivada del proyecto “Elaboración de un catastro de macrofauna bentónica y la aplicación de índices biológicos para la evaluación ambiental de las comunidades bentónicas submareales”, y en donde se han acordado los nombres de la mayor parte de las especies citadas en publicaciones científicas, declaraciones de impacto ambiental e informes ambientales.

Una vez identificados los organismos de cada muestra se agruparon por especie o taxón, sobre papel absorbente, de manera de realizar un drenado de 5 a 10 minutos, luego de lo que se pesaron en una balanza analítica de precisión 0,0001 gramos. Se pesó los individuos completos, es decir, incluyendo los exoesqueletos, para obtener el peso húmedo alcohólico expresado en gramos. Para prevenir que los tejidos de los organismos se descompongan, la preservación de cada taxón se realizó con alcohol 75% - 80%, con 10% a 20% de glicerol.

Usando los datos de identificación de la especie (o taxón si no se logró identificar la especie), número de individuos y peso, se obtuvo la abundancia estandarizada (Número de individuos/m²) y la biomasa (gramos/m²) de las especies (taxón) identificadas en cada muestra.

Obtención de índices

Los datos registrados en papel fueron traspasados a planillas Excel diseñadas para luego importarla a la base de datos del proyecto y desde ella extraerla en el formato requerido para a los diferentes softwares que se utilizaron para analizar los datos

La estructura de la comunidad se analizó usando los índices ecológicos: riqueza de especies, riqueza de especies de Margalef (d), diversidad (Shannon – Wiener $\log_2 H'$) (Shannon-Weaver, 1949), dominancia (Simpson, D) (Simpson, 1949) y uniformidad (Pielou, J') (Pielou, 1966) utilizando el software estadístico PRIMER 6 (Clarke y Gorley, 2006). Se calculó del Índice biótico AMBI, utilizando el software AMBI V5.0. La metodología a utilizar para el uso e ingreso de los datos al software para cálculo de AMBI y el posterior análisis seguirá lo descrito por Borja y Muxika (2005) y Marín et al. (2014).

⁴ Esta base de datos contiene 221.374 especies marinas aceptadas incluyendo sinonimias, y constituye la lista de especies marinas más grande aceptada mundialmente. El contenido de WoRMS es controlado por expertos en taxonomía (no por administradores de base de datos). WoRMS cuenta con un Sistema de manejo editorial a través del cual cada grupo taxonómico está representado por un experto que tiene autoridad sobre el contenido y es responsable de controlar la calidad de la información. Cada uno de los editores de los principales grupos taxonómicos puede invitar a especialistas de grupos más pequeños.

⁵ En esta base de datos se puede encontrar información taxonómica de plantas, animales, hongos y microbios de Norte América y el mundo. En la base de datos participan agencias de Estados Unidos, Canadá y México (ITIS - Norte América), otras organizaciones y especialistas taxonómicos.

V.2.3 Variables físicas y químicas del sedimento

Medición *in situ* del Potencial redox, pH y temperatura: Basada en la Norma chilena ISO NCh: 17025.of2005: Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de calibración y ensayo y Subsecretaría de Pesca de Chile. 2009. Resolución Exenta N° 3612 / 2009. Fija las metodologías para elaborar la caracterización preliminar de sitio (CPS) y la información ambiental (INFA). Numeral 29.

Las mediciones se obtuvieron con un mismo equipo, y con electrodos diseñados especialmente para semisólidos. Específicamente para pH, se utilizó un electrodo de punta cónica, como mínimo triple unión de teflón, cerámica, fibra, tela. El electrodo para potencial redox, fue electrolito en gel o polímero, con sistema de referencia Ag/AgCl saturado (3,5 M KCl), con sensor de platino, oro o grafito. El medidor de pH contaba con un compensador de temperatura. La precisión mínima fue de 0,1 unidades de pH, 0,1° C y 5 mV. Antes de comenzar la campaña de muestreo se verificó la calibración del equipo multiparamétrico y también se verificó durante la campaña el funcionamiento de éste a través del uso de los estándares correspondientes para la sonda de pH y de potencial redox.

Los valores registrados fueron los indicados directamente en el equipo, potencial redox (mV Ag/AgCl), pH y temperatura (°C), sin ninguna corrección en un cuaderno a prueba de agua en donde se asociaron las estaciones y réplicas, de forma de no perder la trazabilidad de la muestra. Luego los datos se traspasaron a una planilla Excel. Los valores de potencial redox (mV Ag/AgCl) se registraron sin decimales; pH con un decimal; y la temperatura del sedimento (°C) con un decimal. A través de la planilla Excel se normalizó el electrodo de hidrógeno estándar (NHE) de acuerdo a la temperatura del sedimento y modelo del electrodo.

Granulometría del sedimento: desde una draga se extrajo 150 g del sedimento teniendo la precaución de extraer la muestra desde los primeros 3 centímetros del sedimento. La muestra se depositó en una bolsa de sellado hermético y recubierta con alusa foil. Cada bolsa se etiquetó con la siguiente información: Fecha de muestreo, campaña de muestreo, región, zona, sector estación de muestreo. Luego la muestra se almacenó en el congelador de la embarcación (-20°C) con el objetivo de conservar la cadena de frío. Al desembarcar las muestras fueron trasladadas en el mismo congelador el que se conectó a la electricidad para mantener las muestras hasta ser entregadas al laboratorio de la Universidad Austral de Chile “Centro de Análisis Recursos Ambientales” (CERAM).

El análisis contempló el tamizado en húmedo para extraer la macrofauna presente. Se rotulan vasos precipitados de 250 mililitros debidamente rotulados se pesan y se registra el valor. Luego la muestra se homogeniza para pesar 100 g de sedimento húmedo, colocando la muestra en el vaso precipitado, previamente tarado. Este valor se registra como “*peso húmedo (sedimento)*” y la muestra se deja reposar

por 30 minutos en 100 ml de solución de hexametáfosfato de sodio 0,2 normal (20,4 gramos / Litro en agua destilada).

Al finalizar los 30 minutos, el sedimento se lava sobre un tamiz de abertura de malla de 0,063 milímetros (4 ϕ) (previamente certificado), eliminando fracciones de limos y arcillas junto con el agua de lavado. Las fracciones eliminadas, se cuantifican por diferencia de peso, y se registran como “porción de fango” de cada muestra. El lavado se realizará con abundante agua y se cuida de que el tamiz no se colmate para no perder muestra.

Lo que queda retenido en el tamiz de 0,063 mm se lava con agua destilada, con la finalidad de eliminar los residuos de hexametáfosfato, y la muestra nuevamente se trasvasija a los vasos precipitados, tomando la precaución de no perder la trazabilidad de la muestra. Las muestras se secan en una estufa a una temperatura entre 100 a 105° C, por un periodo de 8 horas.

Al finalizar las 8 horas, la muestra se retira de la estufa y se coloca en un desecador por 1 hora. Se registra el peso del sedimento y nuevamente se ingresará a la estufa de secado por el periodo de una hora a una temperatura entre 100 a 105° C. Esta operación se repite hasta alcanzar un peso constante, el que se registrará como “*Peso pre - tamiz*”.

Cuando el “Peso pre tamiz” ya es constante, la muestra se pasa a través de un tamizador con agitación magnética durante 15 minutos, para lo cual se utiliza una torre de 6 tamices, de acuerdo a la escala Wentworth (-1,0 ϕ , 0 ϕ , 1 ϕ , 2 ϕ , 3 ϕ , 4 ϕ). Lo que se retiene en cada tamiz, se pesa, sobre una bandeja, previamente tarada, y se registra el peso individualmente de las fracciones retenidas en cada tamiz. Esto constituye la base del cálculo para los porcentajes de las distintas fracciones sedimentarias. El peso del fango se calculará por diferencia entre el peso de la muestra original (100 gramos) y la sumatoria de los pesos registrados en cada tamiz.

Para realizar los cálculos de las fracciones sedimentarias se usa el peso del sedimento seco, el que se obtiene al conocer los valores de humedad de la muestra de sedimento, para lo cual, primero se rotulan vasos precipitados de 100 mL para cada muestra y se pesan registrando este peso. Desde los 150 gramos de muestra de sedimento húmedo, se extraerán 30 gramos, registrando este peso como “*peso húmedo (humedad)*” y luego se seca en una estufa entre 100° a 105° C, por un periodo de 8 horas. Transcurridas las 8 horas, la muestra será retirada de la estufa y se deberá colocar en un desecador por 1 hora. Se deberá registrar el peso del sedimento y nuevamente se ingresará la muestra a la estufa de secado por un periodo de 3 a 4 horas. La misma operación se deberá repetir hasta lograr el peso constante y el valor se deberá registrar como “*peso seco (humedad)*”.

Para calcular la materia seca en la muestra húmeda utilizada en el ensayo de granulometría se deberá utilizar la siguiente fórmula:

- $\text{Peso seco (sedimento)} = \text{Peso húmedo (sedimento)} * (\text{Peso seco (humedad)} / \text{Peso húmedo (humedad)}) - b$

Donde “b” corresponde a la corrección por la salinidad de agua de mar contenida en los espacios intersticiales del sedimento.

$b = \text{Peso húmedo (sedimento)} * (\text{Peso agua evaporada (humedad)} / \text{Peso húmedo (humedad)}) * c$

Donde “c” equivale a 0,034 por ser muestras obtenidas en la zona entre la I región y la V región.

Los datos registrados en papel se traspasaron a planillas Excel, identificando la campaña de muestreo, zona, sector y estación de muestreo. De esta forma, se obtuvieron los pesos corregidos en cada tamiz, y se calculó el porcentaje de cada fracción sedimentaria, de acuerdo a la escala Wentworth, para cada una de las muestras. Las fracciones sedimentarias corregidas, fueron exportadas desde la planilla Excel al software Gradistat V4.0, a través del cual se obtuvieron las variables sedimentológicas de: diámetro medio del grano, grado de selección, clasificación, curtosis y asimetría.

Porcentaje de materia orgánica: Desde la draga desde donde se obtuvo las muestras de sedimento para realización de granulometría se extrajo una muestra de 150 gramos de sedimento aproximadamente para análisis de materia orgánica. El procedimiento de obtención de la muestra, rotulación almacenamiento y transporte es el mismo que se detalló para la granulometría.

Antes de comenzar, la muestra se homogeniza, y si se observa macrofauna bentónica se extrae. Luego se toma una submuestra de 10 gramos, dato que será registrado como “*Peso húmedo de la muestra*”. La muestra se deposita en crisoles previamente tarados y debidamente etiquetados. Las muestras se secan en una estufa a una temperatura entre 100 a 105° C, por un periodo de 8 horas. Al finalizar el tiempo de secado, los crisoles se sacan de la estufa, y se colocan en desecadores para que se enfríen. El peso seco de la muestra se registra. Una vez que los crisoles se enfrían la muestra se calcina en una mufla a 450°C durante un periodo de 5 horas. Los crisoles se trasladan a un desecador, en donde se dejarán enfriar para pesar la muestra, lo que se registra como “*peso calcinado de la muestra*”. Por diferencia de peso, entre el peso seco de la muestra y el calcinado, se calculará el peso de la materia orgánica total de cada muestra, lo que deberá ser expresado en porcentaje, con dos decimales.

V.2.4 Parámetros químicos de la columna de agua

La muestra de agua para medición de oxígeno disuelto en profundidad a 1 m del fondo se colectó con una botella Go-flow. La concentración se estimó usando la metodología Winkler en dos réplicas de la

muestra. La titulación en terreno estuvo a cargo del muestreador. La preparación de todos los reactivos, así como pruebas de laboratorio y las pruebas realizadas en el terreno piloto estuvo a cargo de la Dra. Sandra Madariaga quien además supervisó el desempeño del muestreador en estas pruebas previas. La metodología Winkler se detalla en el Anexo 2.

V.2.5 Análisis de los Datos

Cada estación (3) de cada sector (3) de cada zona (4) fue caracterizada en función de las variables consideradas en este estudio para cada una de las regiones (2) a través de tablas y gráficos.

Para cada una de las variables físicas y químicas del sedimento y columna de agua se obtuvo los estadísticos descriptivos clásicos (promedio, desviación estándar, mediana, rango, mínimo, máximo, intervalo de confianza 95%) y se determinó si la distribución de los datos se ajustaba a una distribución normal usando la prueba de Shapiro-Wilk. Posteriormente se compararon entre zonas influenciadas y menos influenciadas usando la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (Zar, 1999).

Dada las diferencias encontradas entre zonas influenciadas y menos influenciadas de uso un Análisis de Varianza de dos vías con el nivel de influencia y la estación del año como factores y cuando hubo diferencias significativas se usó la prueba de comparaciones múltiples *a posteriori* de Tukey.

Considerando que la variable que estadísticamente diferencia las zonas influenciadas y menos influenciadas fue el potencial redox se realizó un análisis de regresión entre el porcentaje de individuos asignados a cada grupo ecológico (GE) y el potencial redox con el objetivo de evaluar el cambio de especies predominantes a lo largo del gradiente de potencial redox. Los indicadores ecológicos comunitarios y el índice AMBI fueron analizados a través de un Análisis de Varianza de dos vías, con el nivel de influencia y la estación del año como factores. Cuando hubo diferencias significativas se usó la prueba de comparaciones múltiples *a posteriori* de Tukey.

Los análisis estadísticos se realizaron usando Graph PadPrism y Excel Stat.

V.3 OBJETIVO 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.

A través de los análisis realizados para la ejecución del objetivo 2 del proyecto se presentó el levantamiento de información sobre las variables físicas, químicas y biológicas para las estaciones de muestreo de cada sector, zona y región para las campañas de OI y PV. Este levantamiento permitió caracterizar las zonas e identificar preliminarmente elementos diferenciadores entre zonas influenciadas y menos influenciadas. A través del objetivo 3 se integra la información presentada anteriormente a nivel de estación a través de un modelo estadístico para llegar a determinar (i) la relación entre presión ambiental y estado ecológico (evaluación de impacto), (ii) la pertinencia del diseño de muestreo a través del cual se seleccionó las áreas influenciadas y menos influenciadas, (iii) las variables que mejor predicen la probabilidad de ocurrencia de un estado ecológico particular para una estación en base al indicador AMBI, y (iv) las condiciones físicas y químicas del sedimento que caracterizan un estado ecológico aceptable para una estación de muestreo dada.

A continuación, se presenta el marco teórico – práctico en el que se basa la metodología.

Marco teórico

En el desarrollo de protocolos para evaluar integridad ecológica, las comunidades de macroinvertebrados son el componente más consistentemente enfatizado en los sistemas acuáticos. Esto es así porque los cambios en la composición de la comunidad de macroinvertebrados y su abundancia relativa reflejan los cambios en los componentes físicos y químicos de su hábitat. Más específicamente, en el contexto del manejo de la actividad acuícola con un enfoque ecosistémico se establece la necesidad de contar con indicadores de presión ambiental, estado del ecosistema o impacto en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos siguiendo el marco conceptual DPSIR por sus siglas en Inglés: Driver, Pressure, State, Impact and Response (Fig. 14). Este es un marco conceptual que deriva del marco PSR (Pressure, State, Response por sus siglas en Inglés) promovido por las OECD para representar el concepto de la causalidad que las actividades humanas ejercen sobre el ambiente, el cual a su vez puede inducir cambios en los recursos y éstos en la sociedad, la cual también responde a través de respuestas de gobernanza, económicas o sectoriales. Destacando las relaciones causa-efecto se puede ayudar a los administradores y a la sociedad en general a observar las interrelaciones entre ambiente, economía y sociedad.

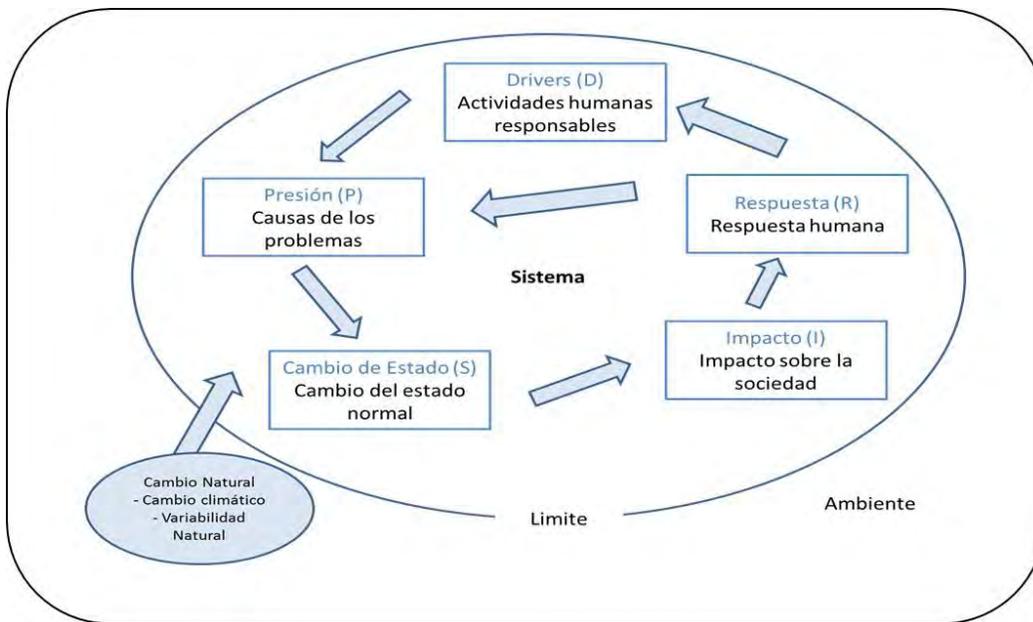


Figura 14. Representación del marco DPSIR y las relaciones entre sus componentes. Traducido desde Atkins et al. (2011).

Para el manejo son indispensables las relaciones que se establezcan entre el indicador de presión y el indicador del estado y luego el indicador de estado con el impacto ya que una presión ambiental podría alterar el estado del sistema, pero no necesariamente producir en un impacto. Este impacto debiera verse reflejado en una alteración. Estas relaciones debieran ser obtenidas desde datos del sistema real o bien desde resultados de modelamiento. Un indicador es una representación operacional de un atributo (calidad, característica, propiedad) de un sistema.

Así para evaluar la influencia en general (Driver antropogénico) y la salmonicultura en este caso particular sobre el sistema bentónico se ha usado DPSIR como marco de referencia. Bajo este marco conceptual se puede describir que la salmonicultura ejerce una presión ambiental que está dada por el ingreso de materia orgánica a través de las heces fecales de los salmones y del alimento no consumido. Así el indicador de presión sería la materia orgánica. Para determinar si esta presión ambiental afecta el estado del sistema en estudio es necesario evaluar la significancia de la relación entre la presión ambiental y el estado del sistema, que en este caso se evaluaría a través del potencial redox. En este estudio se consideró el índice biótico AMBI, como indicador del estado ecológico del sistema bentónico para evaluar impacto. Luego, es necesario establecer cuáles son los valores del índice que muestran cambios del estado ecológico que se consideran negativos y que debieran generar una respuesta por parte de la sociedad.

Para abordar este aspecto se cuenta con los límites de aceptabilidad establecidos por el RAMA para las variables físicas y químicas materia orgánica, pH, redox, Oxígeno disuelto y que definen actualmente si un centro puede ser categorizado aeróbico o anaeróbico. Sin embargo, se espera avanzar hacia la definición de condición ambiental usando indicadores bióticos, como el AMBI. De acuerdo a Borja et al. (2000) un el valor de AMBI 3,3 es el límite, por sobre el cual la comunidad de organismos macrobentónicos empieza a mostrar signos de deterioro, por ejemplo: una proporción de especies oportunistas más elevada de lo normal en condiciones no alteradas, potencial redox normalmente por debajo de cero, saturación de oxígeno en la columna de agua <80% (límite establecido en Europa para la acuicultura), concentraciones de contaminantes que empiezan a estar por encima de los valores que se considera que producen daños en el medio ambiente y la salud de los ecosistemas.

Etapas del análisis

Relación presión ambiental y estado del sistema bentónico

Para esto se realizó un análisis que permitía definir si existe una relación entre el indicador de presión ambiental (%MOT) y el indicador del estado del sistema (potencial redox) a través de análisis de regresión.

Relación entre estado del sistema e indicador de impacto

Desde el análisis estadístico realizado de manera independiente para cada variable del sedimento entre zonas influenciadas y menos influenciadas en el objetivo 2 se determinó que sólo materia orgánica y potencial redox son significativamente distintas. MOT corresponde a indicador de presión por lo cual el indicador de estado será el potencial redox, el cual fue relacionado con el índice de impacto del sistema bentónico AMBI usando análisis de regresión lineal. Este análisis permitió determinar si el patrón de variación del índice refleja sensibilidad a los extremos del gradiente y si no tiene un comportamiento parabólico. Este último indica que para un mismo valor de la variable independiente el indicador toma dos valores diferentes. Esto sugiere que dicha variable no sería conveniente para definir condición ambiental.

Integración de la información en modelos multivariados

El índice AMBI es una variable continua de valores que representan una escala de 0 a 7, sin embargo, la categoría respecto del estado ecológico que se interpreta desde la escala es categórica y cada categoría incluye un rango de los valores del índice (Tabla 11). En este caso las categorías son No perturbado, Levemente perturbado, Moderadamente perturbado, Altamente perturbado y Extremadamente perturbado.

Tabla 11. Valores del Coeficiente biótico AMBI y su equivalencia con el estado de las comunidades bentónicas, el nivel de perturbación del hábitat y el estatus ecológico (Muxika et al., 2005 (Modificado de Borja et al., 2000)).

AMBI	Grupo ecológico dominante	Estado de las comunidades	Nivel de perturbación
$0.0 < \text{AMBI} \leq 0.2$	I	Normal	No perturbado
$0.2 < \text{AMBI} \leq 1.2$	II	Empobrecidas	
$1.2 < \text{AMBI} \leq 3.3$	III	Desbalanceadas	Levemente perturbado
$3.3 < \text{AMBI} \leq 4.3$	IV-V	Transición a contaminadas	Moderadamente perturbado
$4.3 < \text{AMBI} \leq 5.0$	IV-V	Contaminadas	
$5.0 < \text{AMBI} \leq 5.5$	V	Transición a altamente contaminadas	Altamente perturbado
$5.5 < \text{AMBI} \leq 6.0$	V	Altamente contaminada	
$6.0 < \text{AMBI} \leq 7$	Azoicos	Azoicos	Extremadamente perturbado

Dada la naturaleza categórica de la clasificación del estado ecológico del sistema bentónico por el AMBI el análisis multivariado se realizó en base a un análisis de regresión para datos ordinales (McCullagh, 1980) usando la librería ordinal (Christensen, 2012) en R 3.02 (R Development Core Team, 2017). En este análisis la variable respuesta (AMBI) se trata como variable categórica que puede tomar un nivel dado de entre un conjunto de niveles que siguen un orden, y el efecto de las variables predictoras se evalúan utilizando el mismo procedimiento de una regresión general.

Las variables predictoras en este análisis integrado fueron:

- Variables físicas y químicas del sedimento: pH, Redox, % de Fango
- Profundidad
- Índices comunitarios: riqueza (número de especies), diversidad (Shannon – Wiener), equitabilidad (Pielou), y dominancia (Simpson).
- Estacionalidad en base a las campañas PV y OI
- Nivel de influencia de la acuicultura en base a la definición dada en este estudio como influenciadas y menos influenciadas
- Región, Los Lagos y Aysén.

Para establecer la significancia de las variables sobre el AMBI, se comparó: a) un modelo nulo, el cual no incluye variables predictoras, b) un modelo completo o saturado, que incorpora todas las variables señaladas anteriormente, y c) un modelo obtenido a través de la función step incluida en R, el cual evalúa modelos, agregando y eliminando variables repetidamente. La significancia de los modelos se comparó en base a pares usando Chi-cuadrado: modelo nulo versus modelo seleccionado y modelo saturado versus

modelo seleccionado. En caso de no existir diferencias significativas los modelos fueron evaluados en función del criterio de información de Akaike, (Akaike, 1974, Burnham & Anderson, 2002).

La variable respuesta del modelo es la probabilidad de que una estación dada sea clasificada en alguna categoría dada de perturbación en función de si proviene de un área influenciada o no, del potencial redox y de la dominancia que presenta la comunidad macrobentónica.

La probabilidad observada y predicha del modelo seleccionado fue comparada gráficamente a través de la frecuencia relativa y absoluta de la condición ambiental AMBI, y el valor medio de las probabilidades ajustadas aplicado al número de observaciones obtenida del set de datos de áreas con y menos influencia de la acuicultura.

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

La metodología para el desarrollo de la base de datos de este proyecto es la propuesta por Begg y Connolly ⁵(2005), la que considera tres diseños que se elaboran:

1. **Diseño Conceptual:** se construye el modelo de información independiente de todas las consideraciones físicas, identificando entidades, relaciones y atributos.
2. **Diseño Lógico:** se traduce la representación conceptual de la base de datos a una estructura lógica, la cual incluye diseño de relaciones.
3. **Diseño Físico:** se entrega la descripción de la implementación de la base de datos en un motor de base de datos.

Para dar respuesta al objetivo del proyecto, en este capítulo se presenta la metodología para (i) el ingreso de la información sobre macrofauna bentónica en la base de datos de Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, y (ii) cumplir con los requerimientos respecto del Formato de entrega de la Base de Datos.

Formato de entrega de la Base de Datos

Una vez obtenidos los datos: índices comunitarios y bióticos y parámetros físicos y químicos del sedimento para la unidad muestral, réplica para macrofauna, fueron ordenados en archivos Microsoft Excel, los que posteriormente fueron migrados a la base de datos. Estos registros de datos también son adjuntados en formato texto plano. En estos archivos se consideró el metadata solicitado para identificar de esta forma el contenido de cada uno de ellos, sin necesidad de recurrir a los informes o antecedentes del proyecto. Para los índices y parámetros que se almacenaron, se consideró las características de tipo de dato, largo y rango válido. Con esta identificación se aseguró la validación de los datos.

Para el caso de la información asociada a la unidad muestral (1 muestra en una estación y réplicas en una estación), se diseñó una base de datos que aloja los datos con una estructura que asegura su trazabilidad. Esta trazabilidad está asociada, por una parte, a la estación, sector, zona y región a los que pertenecen las muestras y réplicas y, por otro lado, a la identificación de especies que los taxónomos realizaron a partir de las mismas muestras y réplicas. Este diseño contempla los requerimientos de consultas. La Figura 15 que se indica un bosquejo de la estructura de almacenamiento de los datos.

⁵ Sistemas de bases de datos: un enfoque práctico para diseño, implementación y gestión Thomas M. Connolly, Carolyn E. Begg, Pearson 2005

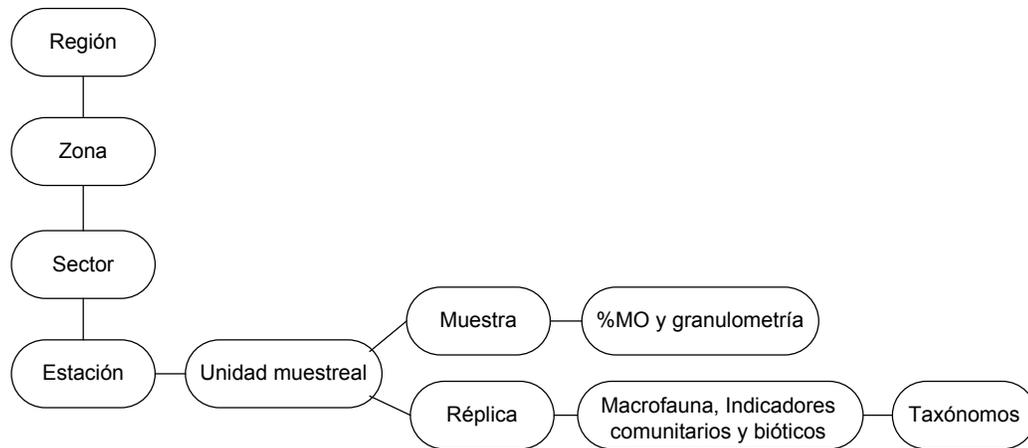


Figura 15. Bosquejo inicial de estructura de almacenamiento

Posterior al diseño de la base de datos y validación del mismo de parte del equipo del proyecto y de SUBPESCA, se realizó la migración de datos desde los archivos planos y/o Excel (Anexo archivo digital). en los cuales se encontraban inicialmente los datos recolectados. Esta base de datos fue implementada en Microsoft Access (Anexo archivo digital).

Fueron realizadas las pruebas de chequeo correspondientes, para verificar que se encuentren la totalidad de los registros que están en los archivos de origen y que no se encuentren los datos con errores. Una vez finalizada la verificación, se diseñaron consultas asociadas a los datos recolectados en este proyecto.

Ingreso de información de macrofauna bentónica en base de datos de Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

Se realizó la migración a SQL Server de los datos que correspondan a la base de datos de macrofauna bentónica de SUBPESCA. Esta migración se realizó en una copia de la base de datos que se pueda manejar en un equipo local, para no interactuar directamente con la base de datos que se encuentra en el servidor de SUBPESCA. Esto último es por motivos de seguridad e integridad de la base de datos actual.

La base de datos SQL Server fue subida al servidor de SUBPESCA.

Para la identificación de cada archivo producto del desarrollo de este proyecto, se entrega un índice en un archivo Access, que contendrá la descripción de todos los archivos. Este índice contendrá los cuatro campos solicitados en las bases de este proyecto: Campo 1=COD_PROYEC; Campo 2=RUTA; Campo 3=ARCH; Campo 4=DESCRIPCIO.

V.5 OBJETIVO 5. Transferir el modelo de evaluación de la condición ambiental, en base al AMBI, a los usuarios de las entidades gubernamentales con competencia en la evaluación ambiental.

Acciones en la ejecución del proyecto:

Durante el proyecto y conforme señalaron las bases del concurso, se realizaron dos actividades de transferencia tecnológica y difusión de resultados.

1. Taller Transferencia: “Aplicación e interpretación del índice Azti Marine Biotic Index [AMBI]” dirigido a agentes públicos con competencia en el área de la gestión y evaluación ambiental de actividades en el borde costero y que en su ejercicio profesional involucre la evaluación y/o eventual aplicación del AMBI. Los participantes son profesionales de instituciones públicas como: SUBPESCA, SERNAPESCA, DIRECTEMAR, IFOP y Ministerio de Medio Ambiente.
2. Taller de difusión de resultados del proyecto FIPA 2016-02, dirigido a representantes del sector público, privado y académico-investigativo. La estrategia de difusión para este taller fue la publicación en medios online relacionados con la industria acuícola y la página web de la Universidad Austral de Chile, sumado al envío de correo electrónico a representantes de los sectores señalados.

El detalle de las acciones realizadas en ambas actividades está contenido en el capítulo V del presente informe y los medios de verificación de las actividades realizadas se detallan en el Anexo 3.

Acciones post proyecto

Aun cuando estas acciones no son constituyentes de los resultados del proyecto, se considera oportuno y responde a los intereses académicos del equipo de trabajo, realizar las siguientes acciones previa aprobación del informe final por parte del FIPA.

1. Participación en un congreso académico nacional que reúna a un grupo importante de investigadores del área marina a nivel nacional. Encuentro en el que los hallazgos del proyecto, ameritan su presentación a fin de divulgar el conocimiento generado en este.
2. Publicación científica en revista ISI. De igual forma, se propone la generación de una publicación científica en una revista de corriente principal relacionada con la gestión ambiental, investigación marina u otro relacionado.

5. RESULTADOS

La sección resultados comienza con el reporte del plan de trabajo y su comparación con el presentado en la propuesta y posteriormente se describen los resultados por objetivo.

VI.1 PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo sufrió varios ajustes debido a diversos inconvenientes dados en la primera etapa del proyecto, tal como fue expuesto en el 2° Informe de avance corregido, se dieron las siguientes situaciones:

1. La carta gantt original contemplaba dos campañas de terreno, una en primavera - verano 2016 y otra en otoño - invierno 2017, ambas en las regiones de Los Lagos y Aysén. La campaña 1 estaba programada para el mes N°2 del proyecto (Nov.2016). En dicha campaña no se pudo muestrear la Zona 6 (Punta Puquítín) de la región de Aysén por no contar con fondo blando, por lo cual fue reemplazada en marzo del 2017, en lo que llamamos terreno de recuperación, en el sector de Raúl Marín Balmaceda 2 (RMB2), que cumplía con la condición para reemplazar la zona.
2. Luego de analizar en detalle diferentes aspectos de las muestras de la primera campaña, se concluyó que la razón más probable por la cual se obtuvieron valores tan altos de materia orgánica total y oxígeno disuelto fue el tratamiento de las muestras en la embarcación, que dificultan cualquier análisis posterior.
3. En base a lo anterior y apelando a la rigurosidad científica – técnica para el logro de los resultados del proyecto, se solicitó al mandante mediante carta de fecha 10/07/2017, repetir dicho terreno en 4 zonas⁶, programado para Octubre del 2017.
4. La solicitud fue aceptada mediante carta del 30/08/2017, lo que implicó una prórroga de 8 meses del proyecto, por lo cual, si originalmente se concluía en abril 2018, su término real será diciembre 2018, vale decir, el proyecto original era de un total de 19 meses – incluido revisión de informe final⁷ - y el proyecto real será de 27 meses total. Periodo efectivo de octubre 2016 a diciembre 2018. Todo esto respaldado mediante Modificación del Convenio de Investigación (Ver Anexo 4).
5. Sumado a lo anterior, los tiempos programados en las actividades de tratamiento de muestras y análisis taxonómico de macrofauna bentónica, ocupó más tiempo de lo previsto, lo que implicó

⁶ Zonas: Z3 San Pedro; Z2 Chiloé Mar interior; Z1 Seno Reloncaví de la región de Los Lagos y la Z5 RMB1 de la región de Aysén

⁷ Según convenio de investigación, se destina cerca de cuatro meses entre el diseño del informe pre final y final del proyecto, este último, debe estar sujeto a revisión de FIPA al menos dos meses una vez entregado.

contratar personal extra que apoye tanto en el proceso de limpieza de las muestras y separación de especies, así como el apoyo de otra profesional para apoyar en la identificación del grupo poliquetos, la cual analizo en total 6 zonas de distintas campañas⁸.

Las situaciones descritas implicaron un reajuste presupuestario, y que la Universidad Austral de Chile asumió los costos de repetir un terreno y contratar personal adicional, sin duda a la luz de la experiencia se puede señalar que los tiempos y recursos destinados para este tipo de proyecto son insuficientes, dada la alta probabilidad de tener imprevistos como los experimentados en la propuesta.

A continuación se presenta la Carta Gantt Propuesta en la Tabla 12 y en la Tabla 13, la Carta Gantt Ejecutada.

En lo que respecta al personal participante, en el Anexo 5 se detalla el Personal participante por cada actividad y las horas totales destinadas.

⁸ Campaña PV_2016: XIZ8 Melinka C; Campaña OI_2017: XZ1 Seno; XZ2 Chiloé; XZ4 Tic Toc y Campaña PV_2017 [Recuperación]: XZ1 Seno; XZ2 Chiloé; XZ3 Corcovado

Tabla 12. Carta Gantt Propuesta.

N°	Actividad	2016			2017												2018			
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb.	Mar.	Abr.
		Ejecución Proyecto																Evaluación Proyecto		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Levantamiento de información sectores seleccionados para muestreo Región Los Lagos y Aysén	X																		
2	Diseño plan de muestreo	X																		
3	Revisión plan de monitoreo con SUBPESCA		X																	
4	Elaboración y envío Acta revisión de plan de monitoreo a FIPA		X																	
5	Coordinación campaña primavera - verano Región Los Lagos y Aysén		X																	
6	Campaña primavera - verano, Región Los Lagos y Aysén		X																	
7	Procesamiento y análisis de muestras campaña primavera verano Región Los Lagos y Aysén			X	X	X	X	X												
8	Coordinación campaña otoño - invierno, Región Los Lagos y Aysén						X													
9	Campaña otoño invierno Región Los Lagos Aysén							X												
10	Evaluación técnica - económica campaña de muestreos								X	X										
11	Procesamiento y análisis de muestras Campaña otoño invierno Región Los Lagos y Aysén								X	X	X	X	X							
12	Estimación de índices ecológicos y curvas ABC					X	X	X	X	X	X	X	X							
13	Análisis integrado e informe del estado ambiental de los sectores estudiados										X	X	X	X						
14	Actualización base de datos de macrofauna bentónica de SUBPESCA				X	X	X	X	X	X	X	X	X							
15	Migración de datos desde excel a access y desde access a SQL Server											X	X							
16	Organización Taller Transferencia resultados y aplicación e interpretación del índice biológico AMBI a agentes públicos												X	X						
17	Ejecución Taller de transferencia y taller de difusión de resultados del proyecto a agentes académicos, públicos y privados															X				
18	Acta de observaciones y sugerencias talleres															X				
19	Gestión administrativa y financiera proyecto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
20	Diseño, revisión, corrección informe de avance 1			X	X															
21	Diseño, revisión, corrección informe de avance 2								X	X										
22	Diseño, revisión, corrección informe pre-final											X	X							
23	Diseño informe final													X	X	X				
24	Revisión informe final FIPA																X	X		
25	Corrección informe final UACH																			X

Tabla 13. Carta Gantt Ejecutada

N°	Actividad	2016			2017												2018															
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb.	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic				
		Ejecución Proyecto																											Evaluación Proyecto			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27				
1	Levantamiento de información sectores seleccionados para muestreo Región Los Lagos y Aysén	X																														
2	Diseño plan de muestreo	X																														
3	Revisión plan de monitoreo con SUBPESCA		X																													
4	Elaboración y envío Acta revisión de plan de monitoreo a FIPA		X																													
5	Coordinación campaña PV_2016 Región Los Lagos y Aysén		X																													
6	Campaña PV_2016, Región Los Lagos y Aysén		X																													
7	Recuperación zona menos influenciada - RMB2 - [PV 2016]*						X																									
8	Coordinación campaña OI_2017, Región Los Lagos y Aysén					X	X																									
9	Campaña OI_2017 Región Los Lagos y Región de Aysén							X																								
10	Repetición campaña PV_2017 (4 zonas)**												X																			
11	Evaluación técnica - económica campaña de muestreos							X	X									X	X													
12	Procesamiento y análisis de muestras Campañas PV 2016_ OI 2017_ PV 2017 [recuperación] Región Los Lagos y Aysén			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
13	Estimación de índices ecológicos y curvas ABC												X	X	X	X		X	X	X	X	X										
14	Análisis integrado e informe del estado ambiental de los sectores estudiados																	X	X	X	X	X										
15	Actualización base de datos de macrofauna bentónica de SUBPESCA													X	X			X	X	X	X	X										
16	Migración de datos desde excel a access y desde access a SQL Server																							X								
17	Organización TT resultados y aplicación e interpretación del AMBI a agentes públicos																				X	X										
18	Ejecución Taller de transferencia y taller de difusión de resultados del proyecto a agentes académicos, públicos y privados																							X	X							
19	Acta de observaciones y sugerencias talleres																						X	X								
20	Gestión administrativa y financiera proyecto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
21	Diseño, revisión, corrección informe de avance 1			X	X																											
22	Diseño, revisión, corrección informe de avance 2								X	X																						
23	Diseño, revisión, corrección informe pre-final											X	X																			
24	Diseño informe final																				X	X	X									
25	Revisión informe final FIPA																								X	X	X					
26	Corrección informe final UACH																												X			

* Terreno de recuperación de la Zona Puquitrín, Región de Aysén porque no tenía fondo blando

** Zonas: Z5 RMB1 (Aysen); Z3 San Pedro (Los Lagos); Z2 Chiloé Mar interior (Los Lagos); Z1 Seno Reloncavi (Los Lagos)

VI.2 OBJETIVO 1: Proponer un diseño de monitoreo en áreas influenciadas por la acuicultura y alejadas de la influencia de la acuicultura, en las regiones de Los Lagos y Aysén durante los periodos otoño-invierno y primavera-verano.

VI.2.1 Diseño de monitoreo

La campaña primavera-verano fue llevada a cabo en tres partes. La primera según lo planificado en Nov-Dic 2016. La segunda en Marzo del 2017 en la cual se recuperó una zona menos influenciada en la región de Aysén debido a que la zona seleccionada en el diseño original (Punta Puquítín) no cumplió con el requisito de fondos blandos. La tercera campaña se llevó a cabo en Octubre del 2017 y en ella se recuperaron 4 zonas para las cuales se debió reemplazar información y un sector en la zona Melinka Central, región de Aysén, que no cumplió con el requisito de fondos blandos.

Con las dos recuperaciones el cumplimiento en cuanto a las estaciones muestreadas fue de 98%. Las fechas de realización de los muestreos son señalados en Tabla 14.

El sector que no fue muestreado fue descartado del muestreo para la siguiente campaña otoño-invierno (OI) debido a la baja disponibilidad de información que con cierto grado de certeza permitiera llegar a un lugar que cumpliera el requisito de fondo blando y con centros operativos durante el año 2015. Esto llevó al cambio de diseño en el cual para la siguiente campaña la zona influenciada Melinka central contendría solo dos sectores y las 9 estaciones correspondientes a la zona se dividirían en los dos sectores.

En la segunda campaña, OI, el muestreo se realizó completamente siendo un 100% el cumplimiento en cuanto a estaciones muestreadas (Tabla 14).

Estos resultados indican que el análisis realizado usando las distintas fuentes de información nos condujo a sectores y estaciones de muestreo que en su mayoría cumplieron los requisitos de selección. Esto también se refleja en que la georreferenciación de las estaciones de muestreo que se definieron previo al muestreo y la que se obtuvo durante ambos muestreos para todas las estaciones resultó muy similar.

En la Tabla 15 y 16 se presenta la georreferenciación de las estaciones de muestreo en UTM y geográficas referidas al DATUM WGS 84 para el huso 18 para todas las estaciones muestreadas en la región de los Lagos en ambas campañas y Aysén respectivamente.

En la campaña PV las profundidades de las estaciones de muestreo variaron entre 21,8 y 61,4 m. Las estaciones de mayor profundidad se ubicaron en el sector Isla Teuquelín, donde la estación 2 tuvo una profundidad mayor a 60 m. El sector de menor profundidad fue la estación 1 del Sector 2 de Isla Quenac (Tabla 17).

En la campaña otoño-invierno los muestreos en la región de Los Lagos se desarrollaron entre el 23 y 27 de Mayo del 2017. Las profundidades de las estaciones de muestreo variaron entre 18,80 y 59,51 m, muy similar a la campaña primavera-verano. Las estaciones de mayor profundidad se ubicaron en el sector Isla Teuquelín y el sector de menor profundidad se ubicó fue Isla Caguach – Isla Quenac (Tabla 17).

En la campaña primavera-verano los muestreos en la región de Aysén se desarrollaron entre el 26 de Noviembre y el 9 de Diciembre del 2016, muestreo de recuperación (RMB2) el 15 de marzo 2017 y muestreo de reemplazo zona 5 realizado el 11 de octubre 2017 (Tabla 14). Las profundidades de las estaciones de muestreo variaron entre 1,93 y 64,4 m. Las estaciones de mayor profundidad se ubicaron en Isla Betecoi. El sector de menor profundidad fue Raúl Marín Balmaceda 2, Sector 2 (Tabla 18).

En la campaña otoño-invierno los muestreos en la región de Aysén se desarrollaron entre el 12 y 27 de Mayo del 2017. Las profundidades de las estaciones de muestreo variaron entre 1,76 y 64 m, muy similar a la campaña primavera-verano. Las estaciones de mayor profundidad también se ubicaron en Isla Betecoi. El sector de menor profundidad también fue Raúl Marín Balmaceda 2, sector 2 (Tabla 18).

Tabla 14. Fechas de realización de campañas primavera –verano, otoño-invierno y recuperaciones de sectores.

Campaña	Fecha Inicio	Fecha Término
Primavera Verano 2016	26-11-2016	09-12-2016
Zona menos influenciada - RMB2 - [Recuperación PV 2016]	15-03-2017	15-03-2017
Otoño Invierno 2017	11-05-2017	27-05-2017
Primavera Verano 2017 [Recuperación]	06-10-2017	11-10-2017

Tabla 15. Georreferenciación de las estaciones de muestreo muestreadas en UTM y geográficas referidas al DATUM WGS 84 para el huso 18 para las zonas influenciadas y menos influenciadas de la región de Los Lagos.

Zona/Sector/Estación			Muestreos Primavera-verano				Muestreos Otoño-Invierno				
Zona	Sectores	ID Estación	E- Coordenadas UTM	N -Coordenadas UTM	L- Coordenadas Geográficas	G-Coordenadas Geográficas	E- Coordenadas UTM	N -Coordenadas UTM	L- Coordenadas Geográficas	G-Coordenadas Geográficas	
1) Seno de Reloncaví	Bahía Chincui	1.1.1	664218,6579	5399297,75	41°32'28.08"S	73° 1'52.44"O	664215,4573	5399340,405	41° 32' 26.70" S	73° 1' 52.62" O	
		1.1.2	664328,8605	5399128,608	41°32'33.48"S	73° 1'47.52"O	664628,86	5399128,61	41° 32' 33.48" S	73° 1' 47.52" O	
		1.1.3	664257,2812	5399039,52	41°32'33.48"S	73° 1'47.52"O	664257,2812	5399039,52	41° 32' 36.42" S	73° 1' 50.52" O	
	I. Maillen	1.2.1	664922,238	5396189,768	41°34'8.28"S	73° 1'19.02"O	664890,15	5396184,95	41° 34' 8.46" S	73° 1' 20.40" O	
		1.2.2	664687,7337	5395967,41	41°34'15.66"S	73° 1'28.92"O	664634,512	5396011,211	41° 34' 14.28" S	73° 1' 31.26" O	
		1.2.3	664554,2669	5395785,319	41°34'21.66"S	73° 1'34.50"O	664542,4799	5395817,063	41° 34' 20.64" S	73° 1' 35.04" O	
	Isla Guar	1.3.1	666830,6675	5384438,798	41°40'27.66"S	72°59'44.88"O	666819,0947	5384418,701	41° 40' 28.32" S	72° 59' 45.36" O	
		1.3.2	666919,8671	5384334,889	41°40'30.96"S	72°59'40.92"O	666852,4728	5384182,782	41° 40' 35.94" S	72° 59' 43.68" O	
		1.3.3	666807,4841	5384098,66	41°40'38.70"S	72°59'45.54"O	666798,5573	5384072,946	41° 40' 39.54" S	72° 59' 45.90" O	
2) Chiloé Central	I. Meulin	2.1.1	641740,4472	5304298,062	42°24'2.46"S	73° 16'39.72"O	641743,153	5304296,155	42° 24' 2.52" S	73° 16' 39.60" O	
		2.1.2	641692,5614	5304034,275	42°24'11.04"S	73° 16'41.58"O	641692,5614	5304034,275	42° 24' 11.04" S	73° 16' 41.58" O	
		2.1.3	641723,7989	5303680,015	42°24'22.50"S	73° 16'39.90"O	641723,7989	5303680,015	42° 24' 22.50" S	73° 16' 39.90" O	
	I. Caguach-I. Quenac	2.2.1	639482,1108	5295665,806	42°28'43.68"S	73° 18'10.92"O	639696,6104	5295974,407	42° 28' 33.54" S	73° 18' 1.80" O	
		2.2.2	639640,5866	5295914,431	42°28'35.52"S	73° 18'4.20"O	639615,8154	5295909,373	42° 28' 35.70" S	73° 18' 5.28" O	
		2.2.3	639729,602	5295979,3	42°28'33.36"S	73° 18'0.36"O	639482,1108	5295665,806	42° 28' 43.68" S	73° 18' 10.92" O	
	I. Teuquelin	2.3.1	643581,933	5297424,812	42°27'43.98"S	73° 15'13.02"O	643583,3033	5297424,794	42° 27' 43.98" S	73° 15' 12.96" O	
		2.3.2	643630,6498	5297194,224	42°27'51.42"S	73° 15'10.68"O	643625,8165	5297225,585	42° 27' 50.40" S	73° 15' 10.92" O	
		2.3.3	643692,8458	5297218,864	42°27'50.58"S	73° 15'7.98"O	643691,5136	5297220,742	42° 27' 50.52" S	73° 15' 8.04" O	
	3) Corcovado frente a San Pedro	Corcovado Norte	3.1.1	600164,0545	5195000,763	43°23'28.26"S	73°45'47.70"O	600162,7046	5195000,783	43° 23' 28.26" S	73° 45' 47.76" O
			3.1.2	600014,4548	5194836,357	43°23'33.66"S	73°45'54.24"O	599996,6332	5194818,107	43° 23' 34.26" S	73° 45' 55.02" O
			3.1.3	599941,0598	5194620,834	43°23'40.68"S	73°45'57.36"O	599958,7711	5194631,68	43° 23' 40.32" S	73° 45' 56.58" O
Corcovado Centro		3.2.1	600400,9856	5192957,036	43°24'34.38"S	73°45'35.82"O	600399,6362	5192957,056	43° 24' 34.38" S	73° 45' 35.88" O	
		3.2.2	600479,5266	5192792,946	43°24'39.66"S	73°45'32.22"O	600479,5266	5192792,946	43° 24' 39.66" S	73° 45' 32.22" O	
		3.2.3	600681,7913	5192599,24	43°24'45.84"S	73°45'23.10"O	600681,7913	5192599,24	43° 24' 45.84" S	73° 45' 23.10" O	
Corcovado Sur		3.3.1	605861,6105	5193097,618	43°24'27.12"S	73°41'33.18"O	605892,0968	5193061,963	43° 24' 28.26" S	73° 41' 31.80" O	
		3.3.2	606217,1837	5192962,432	43°24'31.32"S	73°41'17.28"O	606137,8279	5192980,343	43° 24' 30.78" S	73° 41' 20.82" O	
		3.3.3	605485,4306	5192692,493	43°24'40.44"S	73°41'49.62"O	605403,1173	5192693,779	43° 24' 40.44" S	73° 41' 53.28" O	
4) Bahía TicToc	Tic Toc Expuesta	4.1.1	662651,5923	5170920,5	43° 35' 48.96" S	72° 59' 5.58" O	661987,9168	5170700,792	43° 35' 56.60" S	72° 59' 34.93" O	
		4.1.2	662503,7915	5171042,621	43° 35' 45.12" S	72° 59' 12.30" O	662166,1161	5170844,84	43° 35' 51.79" S	72° 59' 27.14" O	
		4.1.3	662275,7166	5171018,512	43° 35' 46.08" S	72° 59' 22.44" O	662434,1353	5170945,59	43° 35' 48.32" S	72° 59' 15.30" O	
	Tic Toc Costa	4.2.1	664042,5224	5171212,588	43° 35' 38.40" S	72° 58' 3.90" O	663839,5945	5171480,002	43° 35' 29.90" S	72° 58' 13.24" O	
		4.2.2	664134,2526	5170945,483	43° 35' 46.98" S	72° 57' 59.52" O	664028,3993	5171395,743	43° 35' 32.48" S	72° 58' 4.73" O	
		4.2.3	664147,9196	5170734,002	43° 35' 53.82" S	72° 57' 58.68" O	664104,8455	5171146,423	43° 35' 40.49" S	72° 58' 1.05" O	
	Tic Toc Sur	4.3.1	664078,2344	5170031,884	43° 36' 16.62" S	72° 58' 1.02" O	663926,5767	5170225,627	43° 36' 10.46" S	72° 58' 7.99" O	
		4.3.2	664090,342	5169866,744	43° 36' 21.96" S	72° 58' 0.30" O	663983,8159	5170364,621	43° 36' 5.92" S	72° 58' 5.59" O	
		4.3.3	664002,8131	5170194,868	43° 36' 11.40" S	72° 58' 4.56" O	663824,0242	5170259,066	43° 36' 9.46" S	72° 58' 12.60" O	

Tabla 16. Georreferenciación de las estaciones de muestreo en UTM y geográficas referidas al DATUM WGS 84 para el huso 18 para las zonas influenciadas y menos influenciadas de la región de Aysén.

Zona/Sector/Estación			Muestreos Primavera-verano				Muestreos Otoño-Invierno			
Zona	Sectores	ID Estación	E- Coordenadas UTM	N -Coordenadas UTM	L- Coordenadas Geográficas	G-Coordenadas Geográficas	E- Coordenadas UTM	N -Coordenadas UTM	L- Coordenadas Geográficas	G-Coordenadas Geográficas
5) RMB1	RMB 5.1	5.1.1	661278,1607	5151518,98	43°46'18.54"S	72°59'45.9"O	661278,1338	5151517,869	43° 46' 18.58" S	72° 59' 45.90" O
		5.1.2	661439,8316	5151378,002	43°46'22.98"S	72°59'38.52"O	661438,8927	5151378,025	43° 46' 22.98" S	72° 59' 38.56" O
		5.1.3	661237,942	5132525,427	43°56'33.84"S	72°59'27.06"O	661687,8718	5151035,629	43° 46' 33.88" S	72° 59' 27.06" O
	RMB 5.2	5.2.1	661787,841	5148411,593	43°47'58.8"S	72°59'19.74"O	661787,1301	5148409,943	43° 47' 58.85" S	72° 59' 19.77" O
		5.2.2	661858,3418	5148276,52	43°48'3.12"S	72°59'16.44"O	661857,774	5148275,237	43° 48' 3.16" S	72° 59' 16.46" O
		5.2.3	661615,0091	5148034,237	43°48'11.16"S	72°59'27.06"O	661847,9927	5148027,464	43° 48' 11.20" S	72° 59' 16.63" O
	RMB 5.3	5.3.1	658694,2272	5144305,714	43°50'14.22"S	73°1'33.72"O	658693,5131	5144303,879	43° 50' 14.28" S	73° 1' 33.75" O
		5.3.2	658910,4345	5144545,037	43°50'6.3"S	73°1'24.3"O	658909,3404	5144544,137	43° 50' 6.33" S	73° 1' 24.35" O
		5.3.3	659022,192	5144733,139	43°50'0.12"S	73°1'19.5"O	659022,5276	5144730,353	43° 50' 0.21" S	73° 1' 19.48" O
6) RMB2	RMB2 6.1	6.1.1	657902,9802	5142940,984	43° 50' 59.04" S	73° 2' 7.68" O	657903,5543	5143032,838	43° 50' 56.06" S	73° 2' 7.75" O
		6.1.2	658590,42	5142989,44	43° 50' 56.94" S	73° 1' 36.96" O	658588,9319	5143011,331	43° 50' 56.23" S	73° 1' 37.05" O
		6.1.3	658824,5118	5143137,58	43° 50' 51.96" S	73° 1' 26.64" O	658973,81	5143270,89	43° 50' 47.53" S	73° 1' 20.1" O
	RMB2 6.2	6.2.1	657436,3796	5142652,005	43° 51' 8.76" S	73° 2' 28.26" O	657429,1675	5142308,043	43° 51' 19.91" S	73° 2' 28.22" O
		6.2.2	657575,4117	5142467,196	43° 51' 14.64" S	73° 2' 21.84" O	657624,6628	5142509,369	43° 51' 13.24" S	73° 2' 19.68" O
		6.2.3	657410,0856	5142221,073	43° 51' 22.74" S	73° 2' 28.98" O	657561,8756	5142670,7	43° 51' 8.06" S	73° 2' 22.66" O
	RMB2 6.3	6.3.1	656925,3079	5141726,901	43° 51' 39.12" S	73° 2' 50.16" O	656971,6282	5141634,125	43° 51' 42.09" S	73° 2' 47.99" O
		6.3.2	657241,1074	5141480,504	43° 51' 46.86" S	73° 2' 35.76" O	657245,9992	5141290,911	43° 51' 53.00" S	73° 2' 35.34" O
		6.3.3	657296,2	5141373,626	43° 51' 50.28" S	73° 2' 33.18" O	657484,6721	5141183,942	43° 51' 56.28" S	73° 2' 24.54" O
7) Melinka	Canal Lagreze	7.1.1	595000,5337	5137559,521	43° 54' 32.22" S	73° 49' 0.78" O	595015,3875	5137568,565	43° 54' 31.92" S	73° 49' 0.12" O
		7.1.2	595213,7901	5137682,365	43° 54' 28.14" S	73° 48' 51.30" O	594867,3611	5137981,716	43° 54' 18.60" S	73° 49' 7.02" O
		7.1.3	595472,0314	5137674,95	43° 54' 28.26" S	73° 48' 39.72" O	595540,9304	5137625,819	43° 54' 29.82" S	73° 48' 36.60" O
	Isla Betecoi	7.2.1	592813,5176	5133176,545	43° 56' 55.26" S	73° 50' 36.06" O	592811,4524	5133220,084	43° 56' 53.85" S	73° 50' 36.18" O
		7.2.2	592924,3267	5133065,753	43° 56' 58.80" S	73° 50' 31.02" O	593030,7057	5133020,75	43° 57' 0.21" S	73° 50' 26.22" O
		7.2.3	592991,9351	5133022,22	43° 57' 0.18" S	73° 50' 27.96" O	593253,4154	5132877,83	43° 57' 4.74" S	73° 50' 16.14" O
	Isla Sanchez	7.3.1	616782,0149	5110433,771	44° 8' 59.88" S	73° 32' 22.98" O	616773,6939	5110340,589	44° 9' 2.90" S	73° 32' 23.28" O
		7.3.2	616667,7079	5110228,4	44° 9' 6.60" S	73° 32' 27.96" O	616942,2076	5110669,804	44° 8' 52.14" S	73° 32' 15.96" O
		7.3.3	616549,5202	5110104,575	44° 9' 10.68" S	73° 32' 33.18" O	616877,8375	5110626,506	44° 8' 53.58" S	73° 32' 18.82" O
8) Melinka Central	Isla May	8.2.1	560994,3141	5101258,862	44° 14' 21.66" S	74° 14' 10.14" O	561502,9898	5101143,028	44° 14' 25.26" S	74° 13' 47.16" O
		8.2.2	560887,6566	5101239,488	44° 14' 22.32" S	74° 14' 14.94" O	561075,3933	5101147,025	44° 14' 25.26" S	74° 14' 6.44" O
		8.2.3	560963,016	5101185,098	44° 14' 24.06" S	74° 14' 11.52" O	560559,8412	5101455,801	44° 14' 15.41" S	74° 14' 29.81" O
		8.2.4					561303,6418	5101174,517	44° 14' 24.30" S	74° 13' 56.16" O
	Isla Forsyth	8.3.0					561261,0126	5095507,832	44° 17' 27.96" S	74° 13' 55.69" O
		8.3.1	560963,5032	5096232,652	44° 17' 4.56" S	74° 14' 9.42" O	560975,2442	5096308,079	44° 17' 2.11" S	74° 14' 8.92" O
		8.3.2	561012,6394	5096082,231	44° 17' 9.42" S	74° 14' 7.14" O	560989,5909	5096063,562	44° 17' 10.03" S	74° 14' 8.17" O
		8.3.3	561001,4851	5095884,237	44° 17' 15.84" S	74° 14' 7.56" O	561108,0935	5095921,844	44° 17' 14.59" S	74° 14' 2.77" O
8.3.4					561100,0283	5095713,175	44° 17' 21.35" S	74° 14' 3.04" O		

Tabla 17. Fecha de muestreo y profundidad de cada una de las estaciones muestreadas en la región de Los Lagos.

ID Muestreo			Campaña Primavera-Verano (Dic 2016-ene 2017, Marzo 2017, Octubre 2017)			Campaña Otoño - Invierno (Mayo 2017)			Diferencia (PV - OI)
Sectores	ID Estación	Estación	Fecha muestreo	Profundidad	Profundidad Corregida	Fecha muestreo	Profundidad	Profundidad Corregida	
Bahía Chincui	1.1.1	Z1 S1 E1	06-10-2017	46	44,5	27-05-2017	45	41,46	3,04
	1.1.2	Z1 S1 E2	06-10-2017	49,6	42,6	27-05-2017	43	40,12	2,48
	1.1.3	Z1 S1 E3	06-10-2017	44,3	38,7	27-05-2017	41	38,71	-0,01
I. Maillen	1.2.1	Z1 S2 E1	06-10-2017	41	36,4	27-05-2017	36	35,04	1,36
	1.2.2	Z1 S2 E2	06-10-2017	46	43,8	27-05-2017	42,1	41,36	2,44
	1.2.3	Z1 S2 E3	06-10-2017	42,8	41,6	27-05-2017	41	40,32	1,28
Isla Guar	1.3.1	Z1 S3 E1	07-10-2017	47,3	46	26-05-2017	51	46,4	-0,4
	1.3.2	Z1 S3 E2	07-10-2017	28	27,2	26-05-2017	37	31,4	-4,2
	1.3.3	Z1 S3 E3	07-10-2017	47,8	45,7	26-05-2017	57	50,82	-5,12
I. Meulin	2.1.1	Z2 S1 E1	08-10-2017	37	36,5	26-05-2017	39	37,67	-1,17
	2.1.2	Z2 S1 E2	08-10-2017	36	36	26-05-2017	35,2	34,29	1,71
	2.1.3	Z2 S1 E3	08-10-2017	32	31,2	26-05-2017	32	31,43	-0,23
I. Caguach-I. Quenac	2.2.1	Z2 S2 E1	08-10-2017	24,6	21,8	25-05-2017	31	25,92	-4,12
	2.2.2	Z2 S2 E2	08-10-2017	26,1	23,1	25-05-2017	25	19,54	3,56
	2.2.3	Z2 S2 E3	08-10-2017	32	29	25-05-2017	24,8	18,8	10,2
I. Teuquelin	2.3.1	Z2 S3 E1	09-10-2017	40,5	39,5	25-05-2017	44	40,58	-1,08
	2.3.2	Z2 S3 E2	09-10-2017	63	61,4	25-05-2017	62	59,51	1,89
	2.3.3	Z2 S3 E3	09-10-2017	58,4	56,8	25-05-2017	59	57,04	-0,24
Corcovado Norte	3.1.1	Z3 S1 E1	10-10-2017	31	30	24-05-2017	33	28,95	1,05
	3.1.2	Z3 S1 E2	10-10-2017	36,5	35,2	24-05-2017	38	33,35	1,85
	3.1.3	Z3 S1 E3	10-10-2017	36	34,5	24-05-2017	38	33,04	1,46
Corcovado Centro	3.2.1	Z3 S2 E1	10-10-2017	28,5	28	24-05-2017	29	23,7	4,3
	3.2.2	Z3 S2 E2	10-10-2017	35,7	35	24-05-2017	37	31,53	3,47
	3.2.3	Z3 S2 E3	10-10-2017	51,6	51	24-05-2017	53	47,45	3,55
Corcovado Sur	3.3.1	Z3 S3 E1	10-10-2017	43	42,6	24-05-2017	45	39,74	2,86
	3.3.2	Z3 S3 E2	10-10-2017	45,2	43,7	24-05-2017	46	41,32	2,38
	3.3.3	Z3 S3 E3	10-10-2017	37	36	24-05-2017	38	33,74	2,26
Tic Toc Expuesta	4.1.1	Z4 S1 E1	02-12-2016	53	51,92	23-05-2017	54	50,83	1,09
	4.1.2	Z4 S1 E2	02-12-2016	31	29,59	23-05-2017	47	43,73	-14,14
	4.1.3	Z4 S1 E3	02-12-2016	27	25,37	23-05-2017	42	38,67	-13,3
Tic Toc Costa	4.2.1	Z4 S2 E1	02-12-2016	31	30,06	23-05-2017	23	19,66	10,4
	4.2.2	Z4 S2 E2	02-12-2016	34	33,08	23-05-2017	27	23,71	9,37
	4.2.3	Z4 S2 E3	02-12-2016	35	34,05	23-05-2017	33	29,8	4,25
Tic Toc Sur	4.3.1	Z4 S3 E1	01-12-2016	46	43,42	23-05-2017	57	54	-10,58
	4.3.2	Z4 S3 E2	01-12-2016	44	41,22	23-05-2017	57	54,27	-13,05
	4.3.3	Z4 S3 E3	01-12-2016	50	47,06	23-05-2017	54	51,89	-4,83

Tabla 18. Fecha de muestreo y profundidad de cada una de las estaciones muestreadas en la región de Aysén.

ID Muestreo			Campaña Primavera-Verano (Dic 2016-ene 2017, Marzo 2017, Octubre 2017)			Campaña Otoño - Invierno (Mayo 2017)			Diferencia (PV - OI)
Sectores	ID Estación	Estación	Fecha muestreo	Profundidad	Profundidad Corregida	Fecha muestreo	Profundidad	Profundidad Corregida	
RMB 1.1	5.1.1	Z5 S1 E1	11-10-2017	58	57,1	19-05-2017	53	51,57	5,53
	5.1.2	Z5 S1 E2	11-10-2017	47	45,9	19-05-2017	42	40,61	5,29
	5.1.3	Z5 S1 E3	11-10-2017	43,5	42,8	19-05-2017	42	40,61	2,19
RMB 1.2	5.2.1	Z5 S2 E1	11-10-2017	47	46,2	19-05-2017	32	30,43	15,77
	5.2.2	Z5 S2 E2	11-10-2017	24,1	23,1	19-05-2017	22	20,51	2,59
	5.2.3	Z5 S2 E3	11-10-2017	36	35,3	19-05-2017	31,3	29,86	5,44
RMB 1.3	5.3.1	Z5 S3 E1	11-10-2017	61	60,5	19-05-2017	63	60,96	-0,46
	5.3.2	Z5 S3 E2	11-10-2017	59,3	58,6	19-05-2017	58	56,09	2,51
	5.3.3	Z5 S3 E3	11-10-2017	36,4	35,5	19-05-2017	37	35,21	0,29
RMB 2.1	6.1.1	Z6 S1 E1	15-03-2017	48	46,96	19-05-2017	32	29,67	17,29
	6.1.2	Z6 S1 E2	15-03-2017	37	35,51	19-05-2017	43	40,75	-5,24
	6.1.3	Z6 S1 E3	15-03-2017	27,7	25,51	19-05-2017	13,9	11,73	13,78
RMB 2.2	6.2.1	Z6 S2 E1	15-03-2017	18	15,22	18-05-2017	28	27,14	-11,92
	6.2.2	Z6 S2 E2	15-03-2017	5	1,93	19-05-2017	4,2	1,76	0,17
	6.2.3	Z6 S2 E3	15-03-2017	8,8	5,64	19-05-2017	4,4	1,98	3,66
RMB 2.3	6.3.1	Z6 S3 E1	15-03-2017	42	38,98	18-05-2017	40,9	39,99	-1,01
	6.3.2	Z6 S3 E2	15-03-2017	22	19,31	18-05-2017	17,5	16,52	2,79
	6.3.3	Z6 S3 E3	15-03-2017	8	5,67	18-05-2017	11,7	10,64	-4,97
Canal Lagreze	7.1.1	Z7 S1 E1	28-11-2016	35	33,52	12-05-2017	35	34,59	-1,07
	7.1.2	Z7 S1 E2	28-11-2016	38	36,77	12-05-2017	37,9	36,73	0,04
	7.1.3	Z7 S1 E3	28-11-2016	32	31,04	12-05-2017	26,9	25,49	5,55
Isla Betecoi	7.2.1	Z7 S2 E1	28-11-2016	65	64,64	12-05-2017	66	64	0,64
	7.2.2	Z7 S2 E2	28-11-2016	59	58,25	12-05-2017	57,4	55,36	2,89
	7.2.3	Z7 S2 E3	28-11-2016	62	60,85	12-05-2017	61,3	59,38	1,47
Isla Sanchez	7.3.1	Z7 S3 E1	29-11-2016	48	46,39	18-05-2017	51	49,09	-2,7
	7.3.2	Z7 S3 E2	29-11-2016	46	44,68	18-05-2017	39	37,12	7,56
	7.3.3	Z7 S3 E3	29-11-2016	40	39,06	18-05-2017	43	41,18	-2,12
Isla May	8.2.1	Z8 S2 E1	27-11-2016	34	33,14	17-05-2017	52	50,8	-17,66
	8.2.2	Z8 S2 E2	27-11-2016	47	45,03	17-05-2017	45	44,23	0,8
	8.2.3	Z8 S2 E3	27-11-2016	52	50,07	17-05-2017	25	24,6	25,47
	8.2.4	Z8 S2 E4				17-05-2017	29,4	27,87	-27,87
Isla Forsyth	8.3.0	Z8 S3 E0				17-05-2017	59	57,88	
	8.3.1	Z8 S3 E1	26-11-2016	27	26,15	17-05-2017	26	25,56	0,59
	8.3.2	Z8 S3 E2	26-11-2016	37	36,59	17-05-2017	38	37,36	-0,77
	8.3.3	Z8 S3 E3	26-11-2016	44	43,73	17-05-2017	51,1	50,29	-6,56
	8.3.4	Z8 S3 E4				17-05-2017	48,4	47,44	

Todos los puntos difieren en su posición respecto de la primera campaña de muestreo. Las distancias son muy pequeñas, sin embargo, puede reflejar una diferencia considerable en la profundidad. Es posible que las diferencias en el posicionamiento de las estaciones entre campañas se deban a los movimientos de la embarcación mientras se muestrea, lo que sumado a cambios relativamente abruptos entre sectores cercanos generó las diferencias en profundidad en las estaciones entre campañas.

A continuación se presenta un resumen sobre las principales diferencias para los puntos de muestreo entre campañas.

Región Los Lagos

Zona 1. Seno Reloncaví: La estación 2 en el sector I. Guar es la que presentó mayores diferencias de profundidad (5 m) entre campañas (Tabla 17). Si bien la ubicación del punto del muestreo en la campaña otoño invierno difiere un poco de la posición de la campaña primavera verano (Fig. 16), ésta se daría por la batimetría del sector. Los veriles de profundidad más cercanos son de 25 a 57 metros, la carta no señala una medida que pase por las estaciones de muestreo. Para las otras estaciones las diferencias en la posición del lugar de muestreo y en la profundidad entre los muestreos son mínimas.

Zona 2. Chiloé Central: Las posiciones entre los muestreos de ambas campañas en la Zona 2, Chiloé Central, no presentan mayores diferencias (Tabla 17). Las mayores diferencias en las profundidades de los puntos muestreados están en la tercera estación de I. Caguach (10,2 m) (Fig. 16).

Zona 3. Golfo Corcovado: El Golfo Corcovado no presenta diferencias importantes en las profundidades entre muestreos (Fig. 17), pero se explicarían por los cambios relativamente abruptos en la batimetría del fondo. No fue posible acceder a información bibliográfica respecto de la batimetría de las estaciones, sin embargo, los veriles más cercanos reportados en cartas de navegación fluctúan entre 34 y 64 metros.

Zona 4. Bahía Tic Toc: De acuerdo a la Figura 18, en la zona Bahía Tic Toc hubo diferencias en la posición de los puntos muestreados en todas estaciones, y además presenta diferencias importantes en las profundidades entre muestreos (14,13, y 10 metros), las cuales estarían dadas por cambios relativamente abruptos en la batimetría del fondo (Fig. 17).

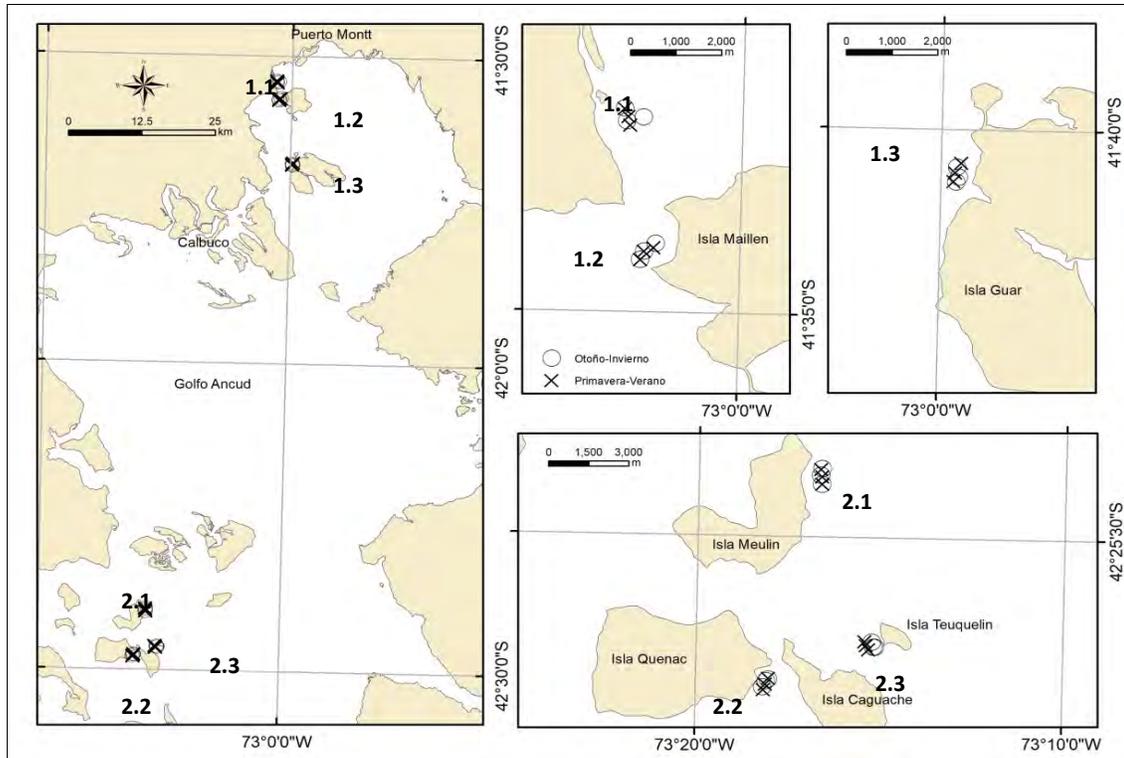


Figura 16. Zona 1 Seno Reloncaví: 1.1. Bahía Chincui, 1.2. I. Maillen, 1.3. I. Guar; (B) Zona 2 Chiloé Central: 2.1. I. Meulín, 2.2. I. Quenac-Cahuach. 2.3. I. Teuquelin. Región Los Lagos Campaña Primavera Verano; O Campaña Otoño Invierno.

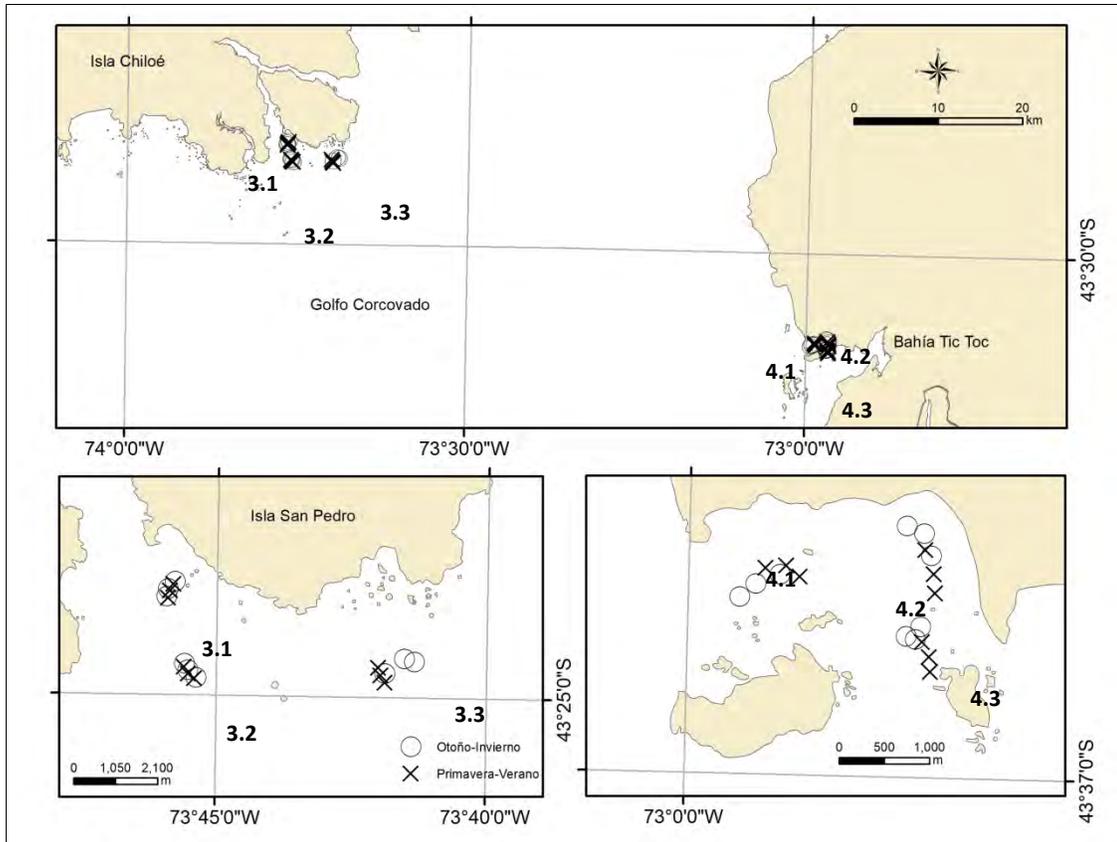


Figura 17. Zona 3: Golfo Corcovado (3.1, 3.2, 3.3), Zona 4 (4.1, 4.2, 4.3). Bahía Tic Toc. Región Los Lagos Campaña Primavera Verano; O Campaña Otoño Invierno.

Región Aysén

Zonas 5 y 6. Raúl Marín Balmaceda 1 y 2 respectivamente: En la zona Raúl Marín Balmaceda 1, las estaciones para ambos muestreos están muy cercanas (Fig. 18), sin embargo, la batimetría varía considerablemente en los sectores (Fig. 18). Por ejemplo, en la zona 5, la estación 1 del sector 2, presenta 15,7 m de diferencia de profundidad respecto del primer muestreo. De acuerdo a la carta de navegación consultada los veriles de profundidad próximos a este sector son de 13, 26 y 70 m. Para el caso de la Zona 6, Raúl Marín Balmaceda 2, se observaron varias estaciones con marcada diferencia en las profundidades. En el sector 1 se observan diferencias de profundidad en las estaciones de 17, 5 y 13,78 metros. Los veriles de profundidad más próximos son de 6,6 y 44 metros.

Zonas 7 y 8. Melinka y Melinka Central, respectivamente: En la zonas 7 y 8 las dos campañas se realizaron muy cercanos a los puntos propuestos (Fig. 19) y no hubo diferencias mayores en las profundidades de la zona 7, Sin embargo, en el sector 2 de I. May las estaciones 1 y 3 presentaron diferencias de profundidad de 17,66 y 25,47 metros, respectivamente. Para los sectores de Melinka no

hay información de profundidad en las cartas consultadas. En la zona 8, en las estaciones 4 del sector 2 y 0 y 4 del sector 3, aparecen solo círculos para señalar los muestreos adicionales realizados sólo en la segunda campaña de muestreo.

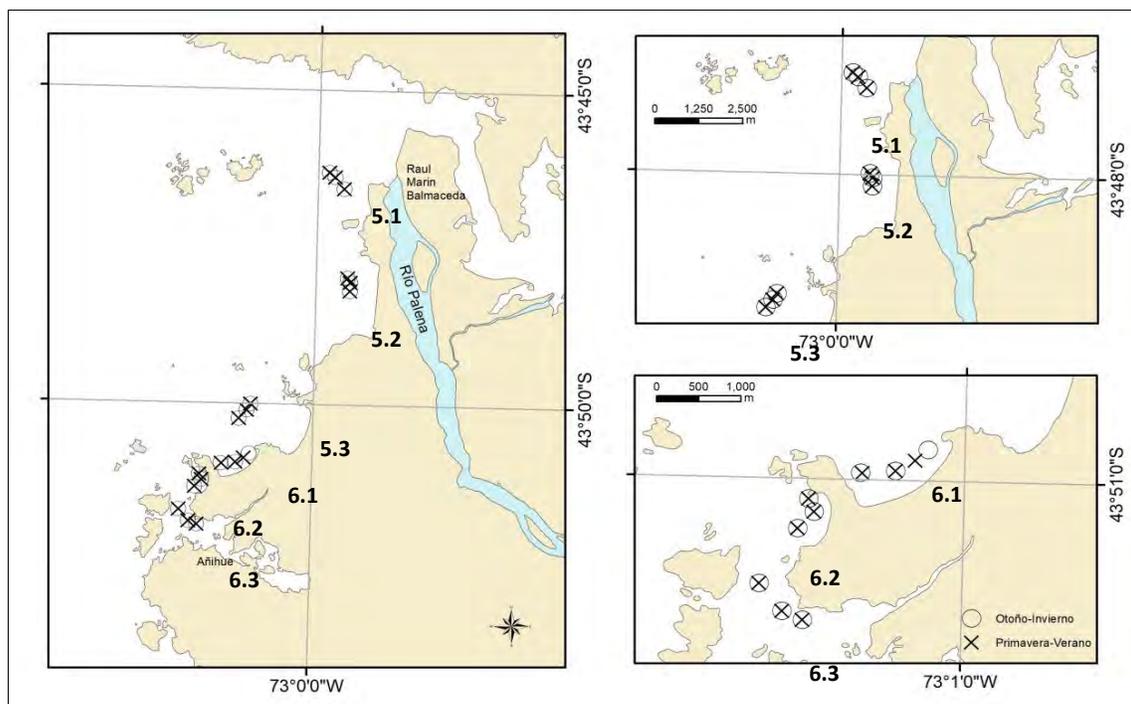


Figura 18. Ubicaciones sectores y estaciones de muestreo Zona 5: RMB, Zona 6. RMB2. Región Aysén Campaña Primavera Verano; O Campaña Otoño Invierno.

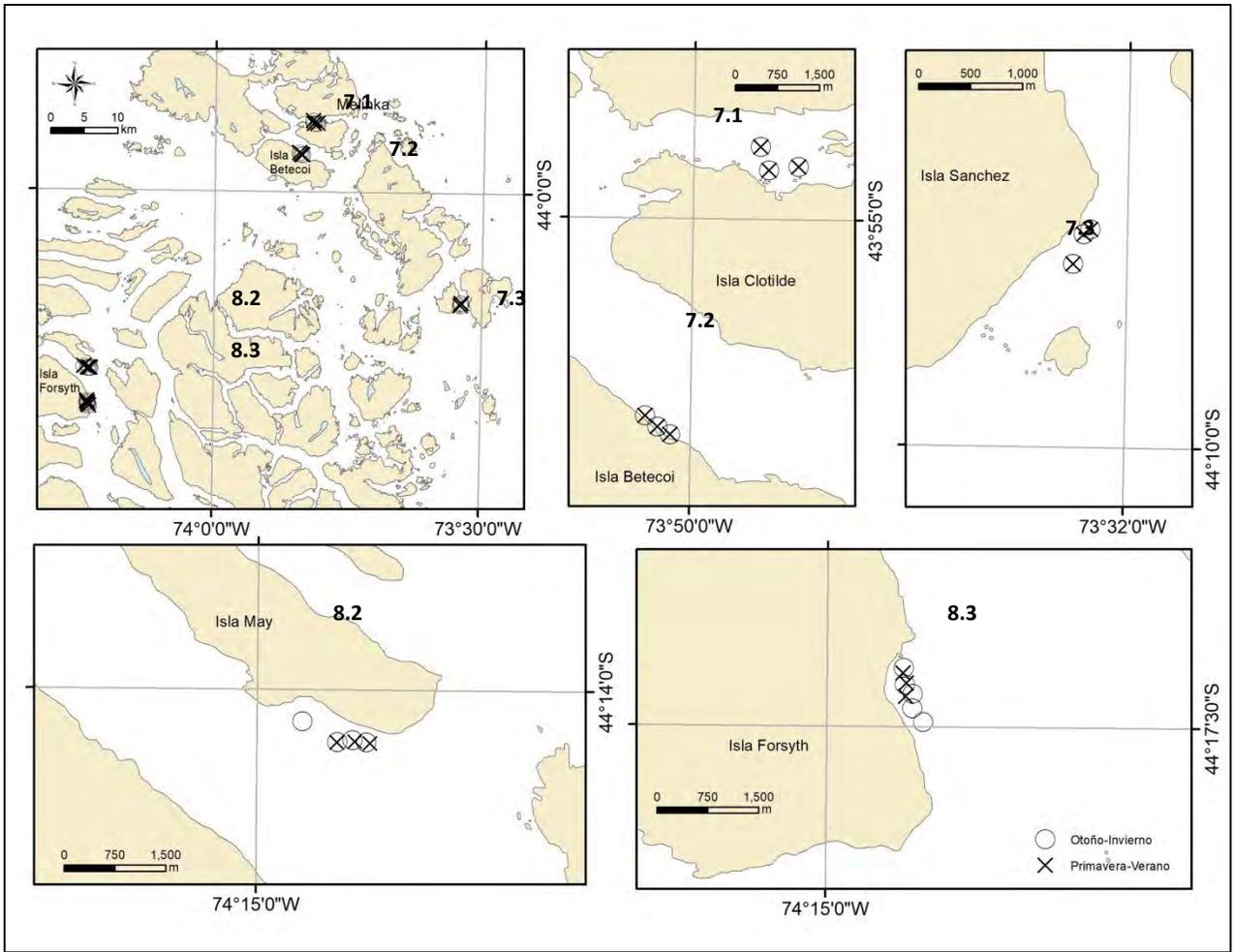


Figura 19. Ubicaciones sectores y estaciones de muestreo Zona 7: Melinka, Zona 8. Melinka Central. Región Aysén Campaña Primavera Verano; O Campaña Otoño Invierno.

VI.2.2 Análisis plan de muestreo: Evaluación técnica – económica muestreos

Este apartado entrega una evaluación técnica y económica de las actividades de terreno, con el propósito de que la autoridad tenga un referente para próximas acciones en estas materias. El análisis presentado se basa en las cuatro actividades de terreno desarrolladas en el proyecto, en específico (i) Campaña primavera – verano 2016; (ii) Raúl Marín Balmaceda 2, región de Aysén [recuperación]; (ii) Campaña otoño – invierno 2017 y (iv) Campaña primavera – verano 2017 [recuperación]. Sin perjuicio de lo anterior y atendiendo el propósito final de estas campañas, que es “caracterizar la condición ambiental de fondos marinos”, creemos relevante realizar una evaluación técnica – económica de las campañas y análisis posteriores, como es el trabajo de laboratorio que contempla el proceso de lavado de muestra, separación de especies por muestra y análisis taxonómico de las especies encontradas - se entiende por muestra a cada una de las réplicas sacadas en cada estación muestreada - lo anterior, se debe a que este proceso es crucial para la aplicación del AMBI, lo cual involucra tiempos, experties profesional y costos operaciones que resulta interesante evaluar para conocimiento de la autoridad.

El presente análisis se centrará principalmente en evaluar los puntos críticos de las actividades de terreno y análisis de la macrofauna, centrado en tres dimensiones, (i) Logística; (ii) Técnica y (iii) Económica.

VI.2.2.1. Dimensión logística

En este punto nos hemos de referir principalmente a todas las gestiones previas requeridas para organizar una campaña de terreno, procurando evitar al máximo cualquier inconveniente en la ejecución de esta. Las gestiones previas sin duda resultan “más económicas” que realizar una aproximación *in situ*, por todos los costos de operación que esto significa.

Fuentes de información requeridas, para disminuir los riesgos asociados al terreno:

Con el propósito de interiorizar al Consejo del Fondo de Investigación Pesquera y Acuícola, así como a la contraparte técnica de este proyecto, creemos relevante dar un punto especial a este tema en el informe, con la finalidad de tener antecedentes para futuras licitaciones que involucren actividades de terreno.

Este apartado es una aproximación en base a la experiencia de las campañas de muestreo ejecutadas en el proyecto, la cual sentó las bases para identificar la transecta de las campañas a realizar y que respondan a los requerimientos técnicos de la propuesta, vale decir, muestrear zonas con y menos influencia acuícola en las regiones de Los Lagos y Aysén. *A priori*, se destaca que para un adecuado y eficiente muestreo, es de suma importancia que el equipo de muestreo lleve las estaciones georreferenciadas y con la certeza de que el sector cumple con los criterios de selección predefinidos, esto permite hacer más eficiente el tiempo de muestreo y uso de la embarcación, lo que redundará en mayor eficiencia de los recursos financieros destinados para estas campañas.

En base a la experiencia alcanzada, las principales dificultades dicen relación con la disponibilidad de información, cantidad y calidad de la misma, como base para el diseño de una campaña de muestreo.

A continuación se detallan los inconvenientes en el acceso, calidad y cantidad de fuentes de información:

Disponibilidad y acceso a fuentes de información para definición de puntos de muestreo

No existe una única fuente de información oficial, que permita definir sectores a muestrear, sino más bien se utilizaron diversas fuentes primarias y secundarias de información, que se iban consultando conforme se requería antecedentes más precisos de los sectores a muestrear. Las fuentes consultadas están resumidas en la metodología, Tabla 1.

Para el caso de este proyecto, es importante resaltar la experiencia del equipo de gabinete en el uso de diversas fuentes de información para la definición de los sectores a muestrear y la experiencia del equipo de terreno en navegación de las zonas muestreadas, lo que facilitó la definición de los sectores. A lo anterior se suma que el equipo de trabajo cuenta con una amplia red de contactos en el sector privado, que facilitaba el acceso y constatación de la información recolectada. Con lo anterior, se puede relevar que para este tipo de actividades las fuentes de información por sí sola no son suficientes para definir con precisión un diseño de muestreo.

Cantidad de información disponible en las fuentes consultadas

Es importante considerar que en las regiones donde es intensiva la actividad acuícola, existen diversas fuentes de información como para evaluar sitios de muestreo, pero principalmente para aquellas zonas con influencia acuícola (ej: INFAS; Estudios de impacto ambiental; proyectos, publicaciones, visualizador de mapas de SUBPESCA, entre otros), en cambio para la identificación de sectores sin influencia acuícola, no se contaba con información suficiente, sino más bien se aplicó como criterio de selección, buscar sectores cuyo indicador de intensidad de actividad acuícola era más bajo, porque habían pocas concesiones acuícolas otorgadas en el sector escogido.

Calidad de la información contenida en las fuentes consultadas

Se pudo observar discrepancias entre la información que tiene Sernapesca y la información que tienen las empresas, respecto a la categoría de centros de cultivo (información relevante para buscar sectores con fondos blandos - centros categorías 3 ó 3 y 5- requeridos para el muestreo). Esta situación reviste importancia por la oficialidad que se otorga a la información suministrada por Sernapesca.

Por otra parte, la información que suministra el visualizador de mapas de Subpesca, sólo indica si los centros están activos o inactivos, pero no entrega coordenadas, fuente de información relevante, que podría estar contenida en esta herramienta y al no estar, obliga al usuario a utilizar otras herramientas

como el Google Earth y/o el Software HomePort de GARMIN para constatar y complementar información para realizar el muestreo. Cabe declarar que, para algunos sectores, aún existen concesiones posicionadas en tierra, según la información suministrada por los organismos oficiales como Subpesca y Sernapesca.

Otra fuente de información fueron las cartas náuticas, las que tampoco fueron completamente certeras ya que en algunos casos aparecía fondo arena y se encontró fondo compactado o fondo duro.

Vinculación con actores locales.

En este punto, se recalca la importancia de establecer contactos con actores locales para constatar información secundaria levantada en las diversas fuentes de información señaladas en el punto anterior, siendo esta gestión crucial para la determinación de zonas y sectores a muestrear.

Cabe resaltar, que en las regiones con actividad acuícola (X, XI y XII), existe una gran variedad de actores con quienes establecer contactos en el sector privado, que cuentan con más y mejores antecedentes de las zonas donde están instalados.

Sin perjuicio de lo anterior, para regiones acuícolas como no acuícolas, actores relevantes para coordinar esta vinculación podrían ser:

1. Profesionales centros de cultivos
2. Pescadores artesanales
3. Pescadores industriales
4. Profesionales de Directemar y/o Fuerzas armadas
5. Encargados de medio ambiente de empresas cuyas emisiones se descargan al sistema marino
6. Profesionales del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), encargados de monitoreos ambientales.

VI.2.2.2. Dimensión técnica

Para esta dimensión de análisis se listarán todos los requerimientos de personal, equipamiento y materiales mínimos para desarrollar las actividades de terreno y posterior análisis de la macrofauna bentónica.

La Tabla 19 detalla los perfiles técnicos del personal de terreno y personal para el análisis de macrofauna bentónica. Para el análisis taxonómico de la macrofauna bentónica - crucial para la aplicación del AMBI - el perfil técnico del personal en este proceso debe ser de ardua experiencia en la materia.

Tabla 19. Experiencia personal para actividades de terreno y análisis de macrofauna bentónica

Área	Operación	Descripción
Terreno	Perfil técnico personal de terreno	Técnico en actividades de terreno, con experiencia en: <ul style="list-style-type: none"> • Maniobras marinas • Manejo de equipos de terreno • Llenado de bitácoras y planillas de terreno • Tratamiento y manejo de muestras de fondo
	Tripulantes de nave	<ul style="list-style-type: none"> • Experiencia en campañas de muestreos de sedimentos. • Conocimiento de las zonas a explorar • Manejo instrumental de terrenos
Análisis taxonómico macrofauna bentónica	Lavado de muestras	Técnico de nivel medio y/o universitario con experiencia en tratamiento de muestras de sedimentos
	Separación de especies	Biólogo marino o Ingeniero Acuícola con experiencia en laboratorio
	Identificación taxonómica	<p>Biólogo Marino o similar, con experiencia en taxonomía y manejo de literatura pertinente.</p> <p>Taxónomos: Investigador y/o profesional del área marina con amplia experiencia en taxonomía, estos expertos se encuentran principalmente en el sistema universitario e institutos de investigación.</p>

En lo referido al terreno es importante aclarar que en la postulación del proyecto FIPA, se consideró dos personas para esta actividad, excluidos los tripulantes de nave, sin embargo, la evaluación de la primera campaña constató la necesidad de contar con más personal - 4 personas - para realizar las actividades de manera más eficiente, la Tabla 20 describe la distribución de funciones del personal de terreno.

Tabla 20. Distribución de funciones del personal de terreno

Área	Personal	Funciones
Terrenos	Encargado de terreno	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisar grupo de trabajo • Medir puntos con GPS • Levantar variables con multiparamétrico • Completar bitácora diaria • Llenado de planillas por sector muestreado
	Muestreador 1	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo draga (lances)
	Muestreador 2	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar muestras • Envasado de muestras • Etiquetado de muestras
	Muestreador 3	<ul style="list-style-type: none"> • Disco Sechi • Manejo botella oceanográfica • Titulación para obtención de Oxígeno (Winkler)

La Tabla 21 detalla los recursos requeridos para las actividades de terreno y análisis taxonómico de la macrofauna bentónica, los recursos por actividad se dividen entre Materiales, Equipamiento, y Embarcación para campañas de muestreo.

Tabla 21. Recursos requeridos para una campaña de terreno y análisis de macrofauna bentónica

Área	Ítem	Descripción
Terreno	Material	<ul style="list-style-type: none"> • Reactivos • Material para traslado de muestras • Ropa de trabajo muestreadores • Desinfección embarcación • Material Fungible (guantes, bolsas, cuerdas, etiquetas, etc.) • Traslado y fletes de materiales
	Equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Botella Oceanográfica • Ecosonda • Multiparamétrico • GPS Portátil • Cámara submarina • Draga • Disco Secchi
	Embarcación	<ul style="list-style-type: none"> • Habitabilidad para cuatro muestreadores extra tripulación • Espacios de trabajo en cubierta • Acceso a agua de mar para lavado de muestras • Winche para levantar draga • Freezer para conservación de muestras (al menos de 150 l) • Servicios de alimentación personal de terreno • Combustible • GPS con ecosonda
Análisis de Macrofauna bentónica	Equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Lupas binoculares • Lupa trinocular • Microscopio trinocular • Microscopios binoculares • Computador • Conexión a internet • Cámara digital para microscopio y lupa
	Material	<ul style="list-style-type: none"> • Pinzas • Agujas enmangadas • Jeringas de insulina • Portaobjetos • Cubreobjetos • Alcohol 75% • Esmalte de uñas transparente • Papel diamante grueso • Lápiz portaminas 0.5 • Tablas digitalizadoras

VI.2.2.3. Dimensión económica

Análisis estructura de costos del proyecto

Para el desarrollo de este apartado se analizaron diversas fuentes de información y se definieron precios referenciales para la ejecución de campañas de terreno y análisis taxonómico de especies.

Con el propósito de contextualizar la evaluación, la principal referencia en el análisis fue la estructura presupuestaria del proyecto, considerando todos los imprevistos dados para su ejecución. No obstante, el objetivo final es dar cuenta de que la Universidad Austral de Chile – como otras universidades tal vez – tenía ventajas competitivas para la ejecución del proyecto, toda vez que podía acceder a precios preferenciales para el desarrollo de ciertas acciones [Arriendo embarcación y análisis MOT y Granulometría]. Durante la ejecución del proyecto se llevó un registro de todos los gastos separados por cuenta y subcuenta, con el propósito de analizar con el mayor detalle las partidas de gastos por actividad.

A modo de contextualizarnos, la Tabla 22 hace una comparación entre lo propuesto y lo efectivamente ejecutado en el proyecto según distintas variables, que nos permiten visualizar las diferencias dadas por los imprevistos suscitados en el proyecto.

Tabla 22. Comparación Propuesto V/S Ejecutado según variable proyecto FIPA 2016-02

Variable	Propuesto	Ejecutado
Nº Meses proyecto	16	23
Nº de campañas ⁹	2	4
Nº días campañas	30	37
Nº meses análisis muestras ¹⁰	10	17
Nº de personas para análisis taxonómico ¹¹	5	9
Nº H/H para análisis taxonómico	4260	8280
Nº H/H proyecto	6650	11450

Ahora bien, luego de la ejecución completa del proyecto, y al separar los gastos asociados a actividades de laboratorio y terreno se puede observar que las actividades de análisis de macrofauna bentónica considerando Recursos Humanos y Operación, representan el 50% de lo originalmente presupuestado (Ver Tabla 23), sin embargo los gastos operacionales representan sólo el 10% de las actividades de laboratorio, donde el RRHH absorbe el 90% de la actividad, debemos considerar que los incentivos y

⁹ Propuesto: [PV_2016 y OI_2017]; Ejecutado: PV_2016; OI_2017; RMB2_2017 [Recuperación]; PV_2017 [Recuperación]

¹⁰ Propuesto: 5 meses después de cada campaña; Ejecutado: 17 meses corridos

¹¹ Propuesto: 2 profesionales y 3 taxónomos; Ejecutado: 6 profesionales y 3 taxónomos

honorarios del proyecto están muy por debajo del precio real de mercado, según se podrá observar en las páginas siguientes. Todos los valores fueron convertidos a UF según el valor de la UF del 19/08/2018, con el propósito que la autoridad tenga esa referencia.

Tabla 23. Gastos en actividades de Laboratorio

Cuenta	Subcuenta	Descripción	Valor en \$	Valor en UF	%	%
RRHH	Laboratorio	Limpieza de muestras y separación de especies [5]	29.533.500	1.084	56%	90%
	Expertos	Identificación taxonómica y asesoría AMBI [4]	18.200.000	668	34%	
Operaciones	Análisis	Materiales análisis taxonómico [Frascos, reactivos, pinzas, materiales de aseo, envío muestras taxónomos; varios]. Análisis MOT y Granulometría W.	5.248.859	193	10%	10%
Total			52.982.359	1.945	100%	100%
UF al 19/08/2018	27.245,43					
% del Ppto propuesto	50%					
% del Ppto real	47%					

Respecto a las actividades de terreno (Tabla 24), se puede observar que esta representa el 31% de los recursos originalmente presupuestados, al desagregar por ítem se observa que el RRHH representa el 18% del total de la actividad, los gastos operacionales el 16% y gran parte de los recursos se destinan a arriendo de embarcación que absorbe el 66% de los gastos. Cabe destacar que el costo de arriendo de la embarcación fue más del 50% menos comparado con el precio de mercado, aun así es el costo más significativo de las actividades de terreno.

Tabla 24. Gastos en actividades de terreno

Cuenta	Subcuenta	Descripción	Valor en \$	Valor en UF	%
RRHH	Terreno	Encargados y ayudantes de terreno [4]	5.652.552	207	18%
Operaciones	Terreno	Materiales de terreno [alcohol, ropa de trabajo, reactivos, envases, etiquetas, desinfección embarcación, materiales varios]	5.216.021	191	16%
Embarcación	Terreno	Arriendo embarcación	21.236.342	779	66%
Total			32.104.915	1.178	100%
UF al 19/08/2018	27.245,43				
% del Ppto propuesto	31%				
% del Ppto real	29%				

La Tabla 25 detalla los gastos por concepto de terreno y análisis de macrofauna, sumando los gastos de imprevistos y el RRHH asociado al trabajo de gabinete, vale decir el personal que realizó el análisis

integrado de todos los datos levantados y diseño y actualización de la Base de datos del proyecto. Estos dos en conjunto representan el 21% de los gastos del proyecto para estas actividades. Se excluye de este análisis los gastos de las actividades de transferencia tecnológica, difusión, pasajes y viáticos de personal interno y asesor internacional. Sólo se consideró los gastos asociados al levantamiento de datos (terrenos), procesamiento (análisis de laboratorio), imprevistos y análisis de resultados, los que en conjunto representan el 105% de lo originalmente presupuestado y 98% de lo efectivamente ejecutado.

Tabla 25. Gastos totales actividades de terreno y análisis taxonómico, incluido RRHH de gestión e imprevistos.

Cuenta	Subcuenta	Descripción	Valor en \$	Valor en UF	%	%
RRHH	Gestión	Trabajo de gabinete, análisis de datos, desarrollo BD	17.921.000	658	16%	65%
	Terreno	Encargados y ayudantes de terreno [4]	5.652.552	207	5%	
	Laboratorio	Limpieza de muestras y separación por grupos taxonómico [5]	29.533.500	1.084	27%	
	Expertos	Identificación taxonómica y asesoría AMBI [4]	18.200.000	668	16%	
Operaciones	Análisis	Materiales laboratorio [Fracos, reactivos, pinzas, materiales de aseo, envío material biológicos; varios]	5.248.859	193	5%	9%
	Terreno	Materiales de terreno [alcohol, ropa de trabajo, reactivos, envases, etiquetas, desinfección embarcación, materiales varios]. Análisis MOT y Granulometría W.	5.216.021	191	5%	
Embarcación	Terreno	Arriendo embarcación	21.236.342	779	19%	19%
Imprevistos	Equipos	Arriendo equipos	1.231.650	45	1%	7%
	Campañas	Terreno recuperación PV_2017 [Costos operacionales]	6.208.050	228	6%	
Total			110.447.974	4.054	100%	100%
UF al 19/08/2018	27.245,43					
% del Ppto propuesto	105%					
% del Ppto real	98%					

Evaluación económica con referencias de precio de mercado

Para el desarrollo de este apartado se analizaron diversas fuentes de información y se trabajó bajo ciertos supuestos.

- Planillas de gastos del proyecto como referencia práctica
- Se solicitó vía correo electrónico a armadores y laboratorios ambientales referencias de precios por concepto de arriendo de embarcación para una campaña de 15 días corridos. La referencia de precios se señala en la Tabla 26.
- Mediante conversación directa con algunos laboratoristas se pudo tener información de precios referenciales por los servicios de lavado, separación y análisis taxonómico de especies.
- Se solicitó a los taxónomos y profesionales de apoyo indicar tiempos mínimos y máximos en el proceso de lavado de muestras, separación de especies y análisis taxonómico de especies.

Tabla 26. Precios mínimos y máximos de referencia

Item	Referencias de precio	
	Mínimo	Máximo
Arriendo embarcación	\$450.000/medio día	\$1.200.000/día
Muestreador	\$ 40.000/día	\$ 80.000/ día
Técnico limpieza muestras	\$ 450.000/Mes	\$ 500.000/Mes
Laboratorista separación de especies	\$ 600.000/Mes	\$ 750.000/Mes 0,78 UF/Muestra
Taxónomos	0,5 UF h.	1,2 UF h.
Análisis Granulometría W.	-	0,6 UF
Análisis MOT	-	0,3 UF

Se consultó a taxónomos y profesionales que trabajaron los procesos de limpieza, separación e identificación de las especies, nos dieran referencias de tiempos mínimos y máximos en el proceso (Tabla 27) con el propósito de evaluar para próximas licitaciones en estas materias los tiempos reales a considerar para el desarrollo de las iniciativas, que a la luz de nuestra experiencia se puede constatar que los tiempos y recursos destinados para este tipo de estudios son insuficientes y que en particular el interés investigativo de algunos grupos de trabajo – como el nuestro – hacen aventurar en estas propuestas, y se cuenta además con el respaldo de la institución en caso de requerir más recursos al respecto.

Tabla 27. Referencias de tiempo mínimo y máximo para análisis de macrofauna bentónica

Ítem	Referencias		Observaciones
	Mínimo	Máximo	
Arriendo embarcación	13 días	17 días	Los tiempos de navegación dependen de las condiciones climáticas
Limpieza muestras	10 min.	1,5 h.	Depende de la cantidad de sedimento en la muestra
Separación de especies	1 h.	16 h.	El tiempo de separación de las muestras es variable y depende de la abundancia de macrofauna que exista. Los tiempos pueden ir desde los 30 minutos hasta una semana solo en una muestra. Depende mucho del número, tipo y tamaño de ejemplares presentes en la muestra
Ítem	Referencias		Observaciones
	Mínimo	Máximo	
Identificación taxonómica	30 m. - 3 h.	16 h. - 80 h.	<p>Taxónomo 1: Depende de la complejidad del material y también de la práctica. Las primeras muestras se demoran más, porque hay que hacer la identificación inicial de las especies, después en general estas se iban repitiendo.</p> <p>Taxónomo 2: Al principio es más tiempo porque no se conocen las especies. Hay que buscar la bibliografía, muchas veces conseguirla o pedirla; en la identificación de una especie, hay que seguir claves taxonómicas, hacer cortes y disección del animal, si son chicos es terrible así como cuando hay abundancia de cirratúlidos (son verdaderos "platos de tallarines") y la diversidad de morfo tipos es muy alta, observar la morfología completa, muchas veces el cuerpo del animal no está completo y eso dificulta más la identificación por lo que muchas veces la especie queda a nivel de género.</p> <p>Taxónomo 3: Lo tiempos pueden ser desde unos minutos hasta un día, salvo un par de casos que requirieron más tiempo por la dificultad que representó conseguir la literatura adecuada.</p>

Con los antecedentes a la vista la Tabla 28, estima los costos reales de dos campañas de muestreos de iguales características que las desarrolladas en el proyecto, vale decir:

- ✓ 2 campañas de 17 días cada una
- ✓ Análisis taxonómico de 432 muestras de macrofauna bentónica
- ✓ 144 muestras de MOT
- ✓ 144 muestras de Granulometría W.
- ✓ Se excluyó del análisis el recurso humano para el análisis de resultados

Se puede observar que la embarcación representa el 33% de los costos, igual se estimó un valor conservador, puesto que los valores en la región de Los Lagos bordean entre el \$1.000.000 a \$1.500.000 día, toda vez que los armadores acuerdan con empresas productoras arriendos anuales (cuyo valor es cercano a los \$700.000/día), por tanto, el costo de oportunidad y costo de embarcadero para periodos menores aumenta el valor diario para actividades como estas.

Por otro lado, los costos en RRHH los absorbe principalmente el personal de laboratorio, donde la experiencia requerida es mayor, para el caso de los taxónomos se estimó un tiempo bastante conservador de análisis por muestra, sobre la base que el número de especies nuevas a encontrar sean las mínimas. Los RRHH de terreno y laboratorio alcanzan el 56% de los costos totales. Por su parte los costos relativos a materiales de terreno y laboratorio, así como los análisis de granulometría W y MOT en conjunto representan sólo el 11% del total.

Tabla 28. Estimación de costos de dos campañas de terreno y los análisis correspondientes en base a precios referenciales de mercado.

Item	Unidad de Medida	Valor Máximo	Cant / Campaña	Nº Campañas	Total \$	Total UF	%	% / Categoría
Arriendo embarcación	Valor día	1.200.000	17	2	40.800.000	1.497	33%	33%
Muestreadores (4)	Valor día	320.000	17	2	10.880.000	399	9%	56%
Técnico limpieza muestras	Valor/Mes	500.000	10		5.000.000	184	4%	
Laboratorista separación de especies	1 UF/Muestra	27.245	216	2	11.770.026	432	9%	
Taxónomo	1,2 UF /h. 3 h./Muestra	32.695	648	2	42.372.093	1.555	34%	
Análisis Granulometría W.	0,6 UF	16.347	72	2	2.354.005	86	2%	2%
Análisis MOT	0,3 UF	8.174	72	2	1.177.003	43	1%	1%
Material laboratorio	Referencia proyecto				5.248.859	193	4%	4%
Material terreno	Referencia proyecto				5.216.021	191	4%	4%
Total					124.818.006	4.581	100%	100%

De la tabla entonces se observa que los costos de dos campañas con todas las zonas, sectores, estaciones y réplicas requeridas para este estudio, en precios más realistas es cerca del 19% más caro de todo el valor del proyecto FIPA 2016-02. En valor UF dos campañas de estas características con sus respectivos análisis posteriores son cercanos a los 4.581 UF.

Entre las principales conclusiones destacamos:

- ✓ Los tiempos y recursos destinados para este tipo de estudios son insuficientes
- ✓ Este tipo de estudios debe considerar por bases un ítem de imprevistos igual o superior al 10%.
- ✓ La mayor parte del costo de los terrenos los lleva el arriendo de embarcación, el costo en RRHH es marginal
- ✓ Los costos en materiales de terreno y laboratorio no superan el 8% de los costos totales.

- ✓ El mayor costo lo absorbe el Recurso humano para el análisis taxonómico. La baja oferta de especialistas en estas materias hace que los costos sean significativamente superiores. Dado el interés investigativo que revisten estos estudios para los taxónomos – ubicados principalmente en el sistema universitario y centros de investigación – permite que los incentivos sean de bajo costo, no obstante, los tiempos de respuesta son menores, por las otras actividades que desempeñan en el sistema académico.

La falta de oferta académica para formar a los laboratoristas en el análisis taxonómico reduce la oferta de recursos humanos calificado.

VI.3 OBJETIVO 2: Analizar para cada estación de muestreo la macrofauna bentónica de fondos blandos, granulometría y textura, %MOT, pH y redox en sedimentos y oxígeno disuelto en profundidad, entre otras variables.

En esta sección se presenta la descripción de las variables analizadas a nivel de estación y réplica de manera independiente usando tablas y gráficos.

Para efectos de los análisis, para la estación primavera-verano son considerados los datos obtenidos en muestreo Raúl Marín Balmaceda 2 (marzo 2017) y datos de Zonas 1, 2, 3 y 5 de muestreo realizado en octubre 2017, los que reemplazaron a las mismas zonas obtenidas en noviembre-diciembre 2016.

VI.3.1. Variables químicas y físicas del sedimento y columna de agua

Las variables asociadas al sedimento que se analizan en esta sección son Potencial redox, porcentaje de fango, materia orgánica total, pH y temperatura. Las mediciones realizadas variaron entre 117 y 423 considerando el conjunto de estaciones de muestreo y sus réplicas (Tabla 29). Para la columna de agua se muestra la concentración de oxígeno disuelto a 1 m de la columna de agua y la temperatura del agua, con 117 y 132 mediciones, respectivamente.

El análisis de la distribución de frecuencias de cada una de las variables indicó que éstas no se ajustan a una distribución normal, lo cual puede observarse por la probabilidad asociada a la Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (Tabla 29).

Tabla 29. Estadísticos descriptivos para todos los datos correspondientes a cada una de las variables analizadas.

Estadísticos descriptivos	Redox (mv)	Fango (%)	MOT Total (%)	pH	Temp sedimento °C	Oxígeno (mg/L)	Temp Agua °C
N	423	141	117	423	423	117	132
Mínimo	-179,7	0,1	0,4	6,2	9,9	3,0	7,0
Percentil 25%	142,5	2,6	0,8	7,2	11,0	3,8	10,6
Mediana	254,5	5,7	1,0	7,4	11,7	4,2	11,5
Percentil 75%	399,4	15,1	1,2	7,5	12,1	4,9	12,3
Máximo	506,6	75,5	5,0	8,0	14,2	7,6	14,8
Promedio	255,2	12,6	1,2	7,4	11,7	4,4	11,3
Desviación estándar	150,6	16,0	0,8	0,3	0,9	0,8	1,4
Limite inferior del Intervalo de confianza 95% del promedio	240,9	9,9	1,0	7,3	11,6	4,3	11,1
Limite superior del Intervalo de confianza 95% del promedio	269,6	15,3	1,4	7,4	11,7	4,6	11,6
Limite inferior del Intervalo de confianza 95% de la mediana	222,9	4,6	0,9	7,3	11,5	4,1	11,1
Limite superior del Intervalo de confianza 95% de la mediana	286,0	7,0	1,0	7,4	11,7	4,5	11,7
Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk normality (W)	1,0	0,7	0,6	1,0	1,0	0,9	1,0
Valor de P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0482

VI.3.1.1 Granulometría y textura

Región Los Lagos Campañas Primavera-Verano (PV) y Otoño-Invierno (OI)

Zonas Influenciadas (Fig. 20A y B): En la zona Seno Reloncaví (Z1), el sector Bahía Chincui (S1) se observó en proporciones similares arena media, fina y muy fina en todas las estaciones y en las dos campañas. En Isla Maillen (S2) predominó arena fina y muy fina en todas las estaciones y en ambas campañas de muestreo. En Isla Guar (S3), específicamente en las estaciones 1 y 3, (E1 y E3, respectivamente) predominó la arena fina y muy fina. Sin embargo, en la estación 2 se encontró todas las fracciones sedimentarias en ambas campañas de muestreo. En la zona Chiloé central (Z2) el sector Isla Meulín (S1) entre el 80 y 90% de la muestra del sedimento estuvo conformado por arena fina y muy fina en proporciones similares, y un menor porcentaje de fango en todas las estaciones y en ambas campañas de muestreo. En el sector Isla Caguach-Isla Quenac también se observó arena fina y muy fina, sin embargo, también se registró arena media especialmente en las E2 y E3, en ambas campañas. Cabe señalar que en la E3 de la campaña OI se observa aproximadamente un 20% de grava. En estaciones del Sector Isla Teuquelin se observó una dominancia de las fracciones arena fina y media y en un menor porcentaje arena gruesa, especialmente en la E3 en ambas campañas de muestreo.

Menos influenciadas (Fig. 20C y D): En las Zona Corcovado (Z3) se observó algunas diferencias entre campañas en los sectores Corcovado Norte (S1) y Corcovado 2 (S2). En el S1 durante la campaña PV las estaciones 1 y 2 muestran predominancia de arena fina y la 3 arena media. En cambio, en la campaña OI en las tres estaciones predomina la fracción de arena muy fina. En el S2 hubo diferencias entre campañas menos marcadas y se observaron en la E3 donde la fracción de arena media fue más importante en la campaña OI respecto de la campaña PV donde predominó arena fina y muy fina. En Corcovado Sur (S3) se observó una composición granulométrica muy similar entre estaciones en ambas campañas con predominio de arena gruesa y media. En la zona Bahía Tic Toc (Z4), todos los sectores y en ambas campañas exhiben un patrón de composición del sedimento muy similar donde la arena fina y muy fina predominan en proporciones similares. Una excepción a este patrón es la E1 del S1 ya que en la campaña PV se observó una proporción menor de arena media respecto de la campaña OI donde se observó una proporción similar de arena muy fina.

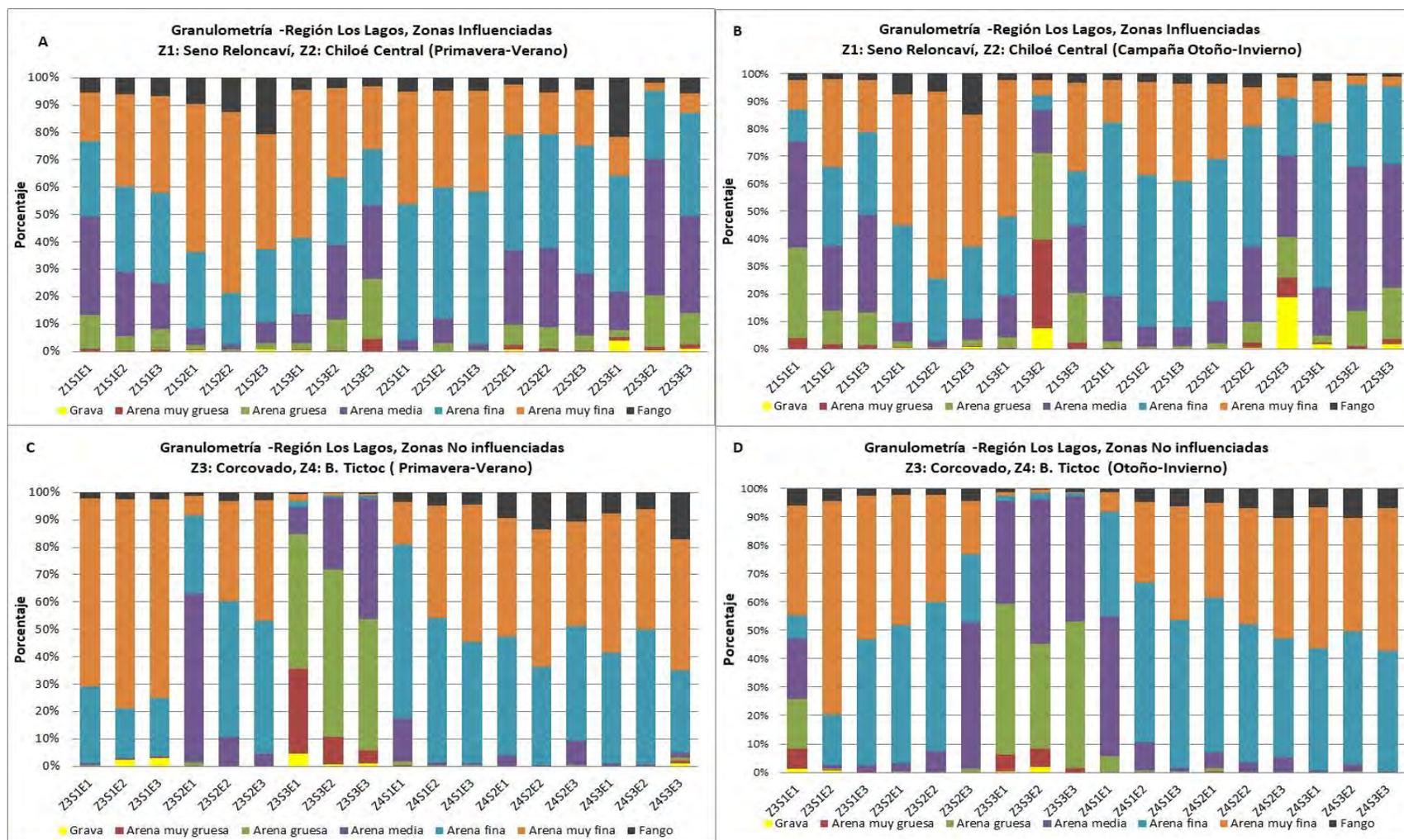


Figura 20. Composición granulométrica del sedimento en las zonas influenciadas campaña Primavera Verano (A) y campaña Otoño Invierno (B) y zonas menos influenciadas campaña Primavera Verano (C) y campaña Otoño Invierno (D). Z: zona, S: sector, E: estación. Z1: Seno Reloncaví, S1: Bahía Chincui, S2: Isla Maillen, S3: Isla Guar. Z2: Chiloé Central, S1: Isla Meulín, S2: Isla Caguah-Isla Quenac; S3: Isla Teuquelín. Z3: Corcovado frente a san Pedro, S1: Corcovado Norte, S2: Corcovado 2, S3: Corcovado Sur. Z4: Bahía Tic Toc, S1: Toc Toc Expuesta, S2: Tic Toc Costa; S3: Tic Toc Sur.

Región Aysén Campañas Primavera-Verano (PV) y Otoño-Invierno (OI)

Zonas Influenciadas (Fig. 21A y B): En la zona Melinka (Z7), en el sector Canal Lagreze (S1) se observó dominancia de arena fina, que sumada a la arena muy fina conforman aproximadamente el 80% del sedimento de la muestra en ambas campañas de muestreo. La excepción fue la E3 durante la campaña OI donde se observa un mayor porcentaje de arena media que en la campaña PV. En el sector Isla Betecoi (S2) durante la campaña PV se observó una predominancia de fango y arena fina que varía en proporción según la estación, pero que en conjunto conforman alrededor del 70% del sedimento. Este patrón es similar al observado en la campaña OI con un aumento de la fracción de fango. El sector Isla Sánchez (S3) se observó una clara dominancia de la arena muy fina y en menor grado arena fina y fango en ambas campañas de muestreo. En la zona de Melinka Central (Z8), sector Isla May (S2), en la campaña PV, aproximadamente el 80% de la muestra de sedimento está conformado por arena fina y muy fina, y una pequeña fracción de fango. Sin embargo, en la campaña OI las E1 y E2 mantienen el patrón descrito previamente, pero la E3 cambia notoriamente predominando la grava. La nueva estación de este sector, E4 es similar a la E3. En Isla Forsyth (S3) hay mayor variabilidad en el sedimento, pero las fracciones más importantes son arena fina y muy fina en ambas campañas de muestreo.

Zonas menos influenciadas (Fig. 21C y D): En la Zona Raúl Marín Balmaceda 1 (Z5) los tres sectores (S1, S2 y S3) en ambas campañas de muestreo presentaron altos porcentajes de fango, fluctuando entre 18 y 70% aproximadamente, con los mayores porcentajes observados durante la campaña OI. Comparte la dominancia con el fango la fracción de arena muy fina. La única excepción fue la E3 del S2 en la campaña OI donde se observó menor porcentaje de fango y mayor diversidad de fracciones sedimentarias y un mayor porcentaje en términos comparativos de arena media. La zona Raúl Marín Balmaceda 2 (Z6) presenta una mayor variabilidad en la composición del sedimento, especialmente en la campaña PV. En esta campaña en los sectores 1 y 2 y las estaciones 1 y 2, respectivamente presentan una importante fracción de grava. En la campaña OI la mayor variación en la composición del sedimento se observó en la E2 del Sector 2. En el sector 3 la composición del sedimento es más homogénea y está compuesta principalmente de arena muy fina, fango y arena fina en ambas campañas de muestreo.

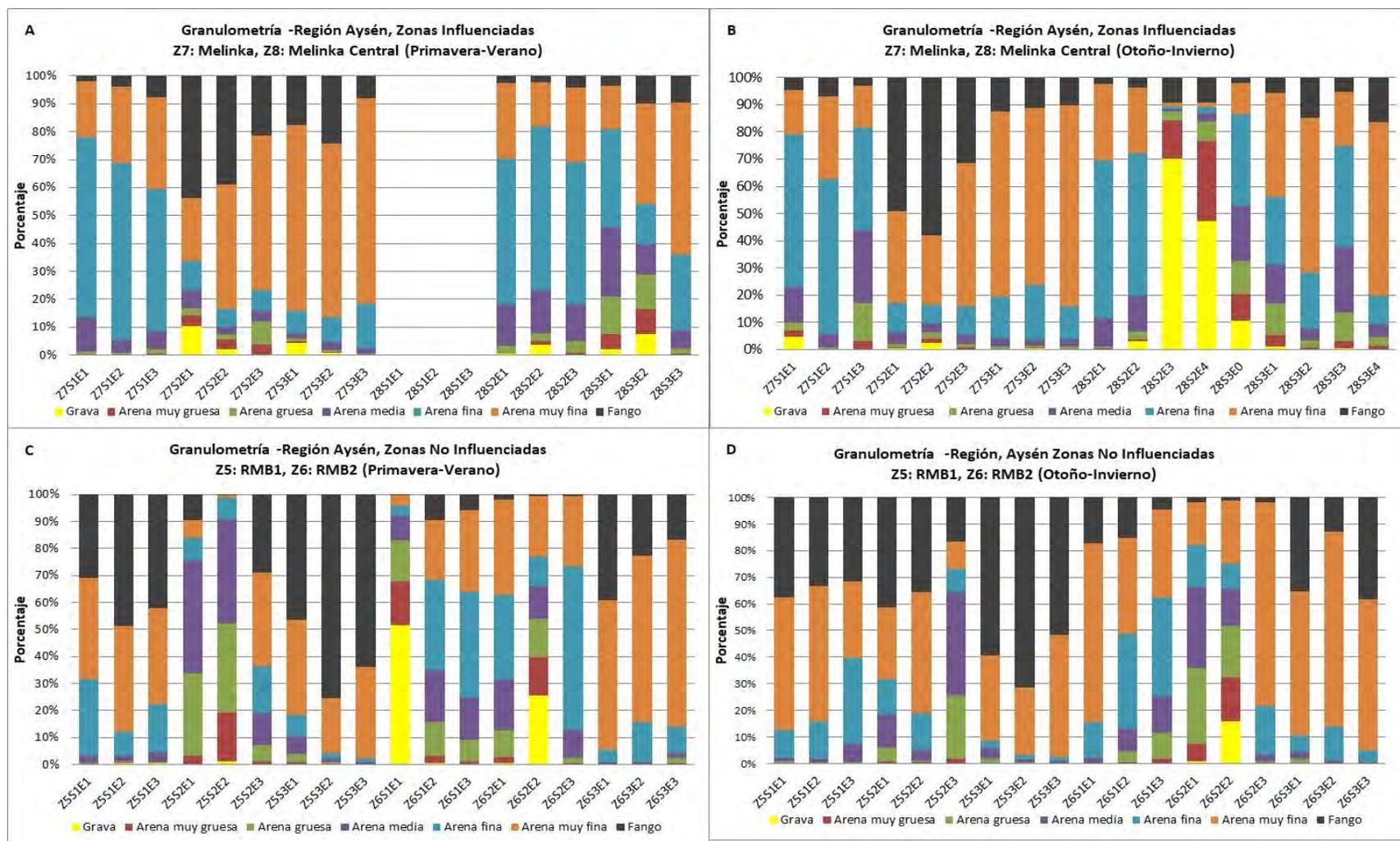


Figura 21. Composición granulométrica del sedimento en las zonas influenciadas campaña Primavera Verano (A) y campaña Otoño Invierno (B) de la región de Aysén y zonas menos influenciadas campaña Primavera Verano (C) y Otoño Invierno (D). Z: zona, S: sector, E: estación. Z7: Melinka, S1: Canal Lagreze, S2: Isla Betecoi, S3: Isla Sánchez. Z8: Melinka Central, S1: Isla Rojas, S2: Isla May; S3: Isla Forsyth. Z5: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 1, S1: RMB1.1, S2: RMB1.2, S3: RMB1.3. Z6: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 2, S1:RMB2.1, S2: RMB2.2; S3: RMB2.3

VI.3.1.2 Materia orgánica total, redox, pH y temperatura del sedimento, oxígeno disuelto.

Región Los Lagos Campañas Primavera-Verano (PV) y Otoño-Invierno (OI).

Materia orgánica (Fig. 22): En las zonas influenciadas (Fig. 22A), Seno Reloncaví (Z1) y Chiloé central (Z2), se estimaron valores de MOT entre 0,6 y 4,6% durante la campaña PV y entre 0,6 y 4,9% durante la campaña OI. En las zonas menos influenciadas (Fig. 22B) Corcovado frente a San Pedro (Z3) y Bahía Tic Toc (Z4) los valores de MOT para todas las estaciones de los sectores y zonas en la campaña PV se muestran relativamente homogéneos con valores que fluctúan entre 0,7 y 1%. En la campaña OI los valores variaron entre 0,6 y 1%.

Potencial Redox (Fig. 23): En la zona influenciada Seno Reloncaví (Z1) durante la campaña PV los valores fluctuaron entre sectores (Fig. 23A). Los sectores Bahía Chincui (S1) e Isla Guar (S3) mostraron valores positivos, por sobre 50 mV, en cambio el sector Isla Maillen (S2) presentó valores negativos. La zona Chiloé central (Z2) presentó siempre por sobre los 50 mV. Durante la campaña OI en ambas zonas se observaron valores de potencial redox positivos. En las zonas menos influenciadas (Fig. 23B), Corcovado frente a San Pedro (Z3) y Bahía Tic Toc (Z4) se observó valores de potencial redox positivos tanto en la campaña PV como en OI. Sin embargo, en la zona Z4 durante la campaña PV se observó bastante variabilidad entre estaciones de un sector y entre sectores, pero los valores de potencial redox fueron siempre positivos.

pH (Fig. 24): Para las zonas influenciadas, Seno Reloncaví (Z1) y Chiloé central (Z2), los valores fluctuaron entre 6,48 y 7,07 durante la campaña PV y entre 7 y 7,66 durante la campaña OI (Fig. 24A). En las zonas menos influenciadas, Corcovado frente a San Pedro (Z3) y Bahía Tic-Toc (Z4) (Fig. 24B) el pH fluctuó entre 6,25 y 8,06 durante la campaña PV. Los menores valores se observaron en los sectores 1 y 2 de la Z3 (Corcovado Norte y Corcovado 2, respectivamente), y los más altos en Corcovado sur. En la campaña OI el pH en las zonas menos influenciadas presentó un rango más pequeño de valores, fluctuando entre 7,21 y 7,86.

Oxígeno disuelto columna de agua (Fig. 25): Los valores de oxígeno disuelto para las zonas influenciadas, Seno Reloncaví (Z1) y Chiloé central (Z2), fluctuaron entre 3,8 y 5,4 mg/L durante la campaña PV y durante la campaña OI éstos fluctuaron entre 3,3 y 5,6 mg/L (Fig. 25A). En las zonas menos influenciadas durante la campaña PV los valores fluctuaron entre 3,9 y 4,3 mg/L y en la campaña OI entre 3,5 y 6,1 mg/L (Fig. 25B).

Temperatura (Fig. 26): La temperatura del sedimento en las zonas influenciadas Seno Reloncaví (Z1) y Chiloé central (Z2) fluctuó entre 12,3 y 13,1°C en la campaña PV y durante la campaña OI ésta fluctuó entre 11,6 y 12,4°C (Fig. 26A). En las zonas menos influenciadas Corcovado frente a San Pedro (Z3) y

Bahía Tic Toc (Z4) la temperatura durante la campaña PV varió entre 11,4 y 12,5°C y durante la campaña OI varió entre 10,2 y 12,3 con las temperaturas más bajas en la Z4 (Fig. 26B).

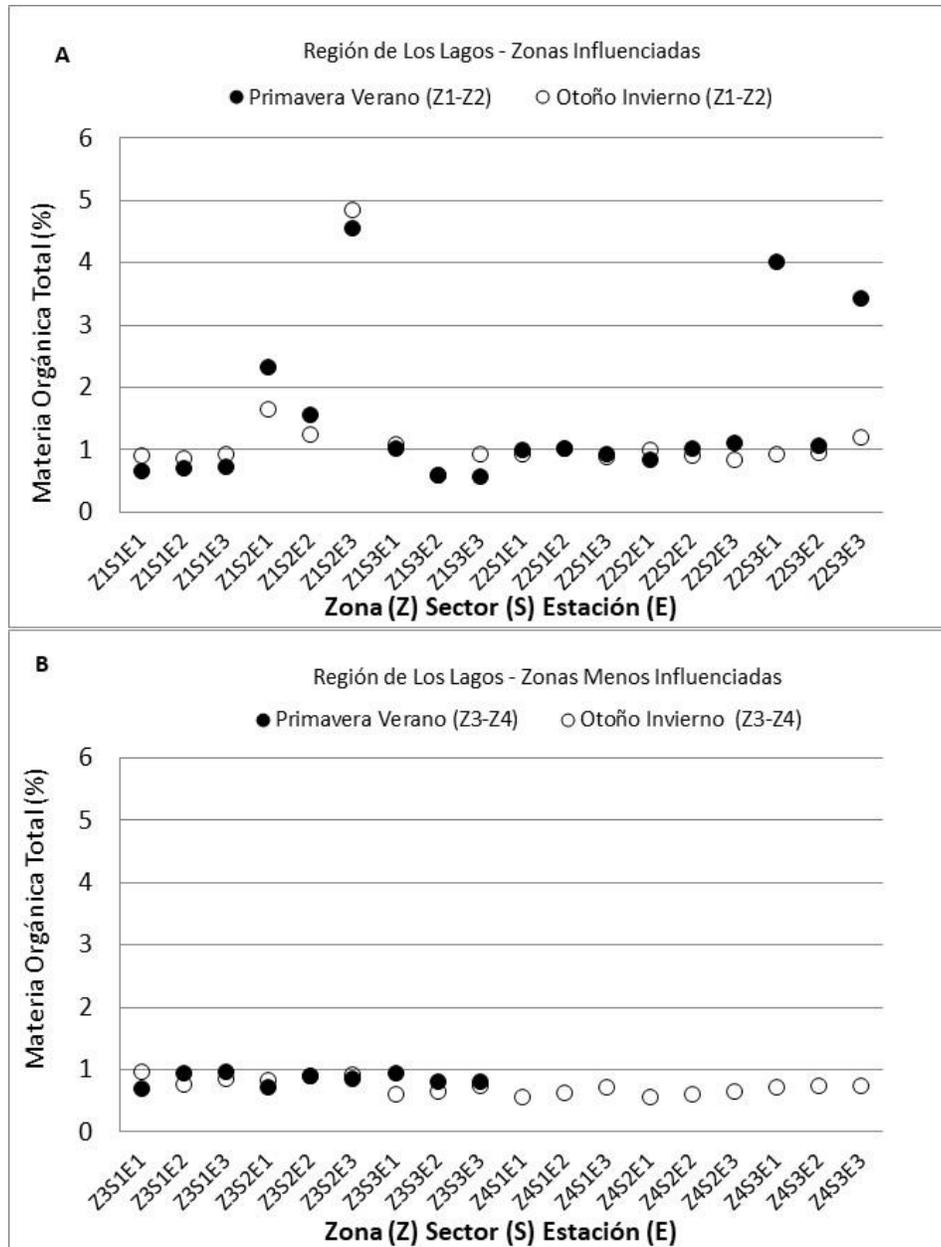


Figura 22. Porcentaje de materia orgánica total en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas en la región de Los Lagos durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos). Z: zona, S: sector, E: estación. Z1: Seno Reloncaví, S1: Bahía Chincui, S2: Isla Maillen, S3: Isla Guar. Z2: Chiloé Central, S1: Isla Meulín, S2: Isla Caguah-Isla Quenac; S3: Isla Teuquelin. Z3: Corcovado frente a san Pedro, S1: Corcovado Norte, S2: Corcovado 2, S3: Corcovado Sur. Z4: Bahía Tic Toc, S1: Toc Toc Expuesta, S2: Tic Toc Costa; S3: Tic Toc Sur.

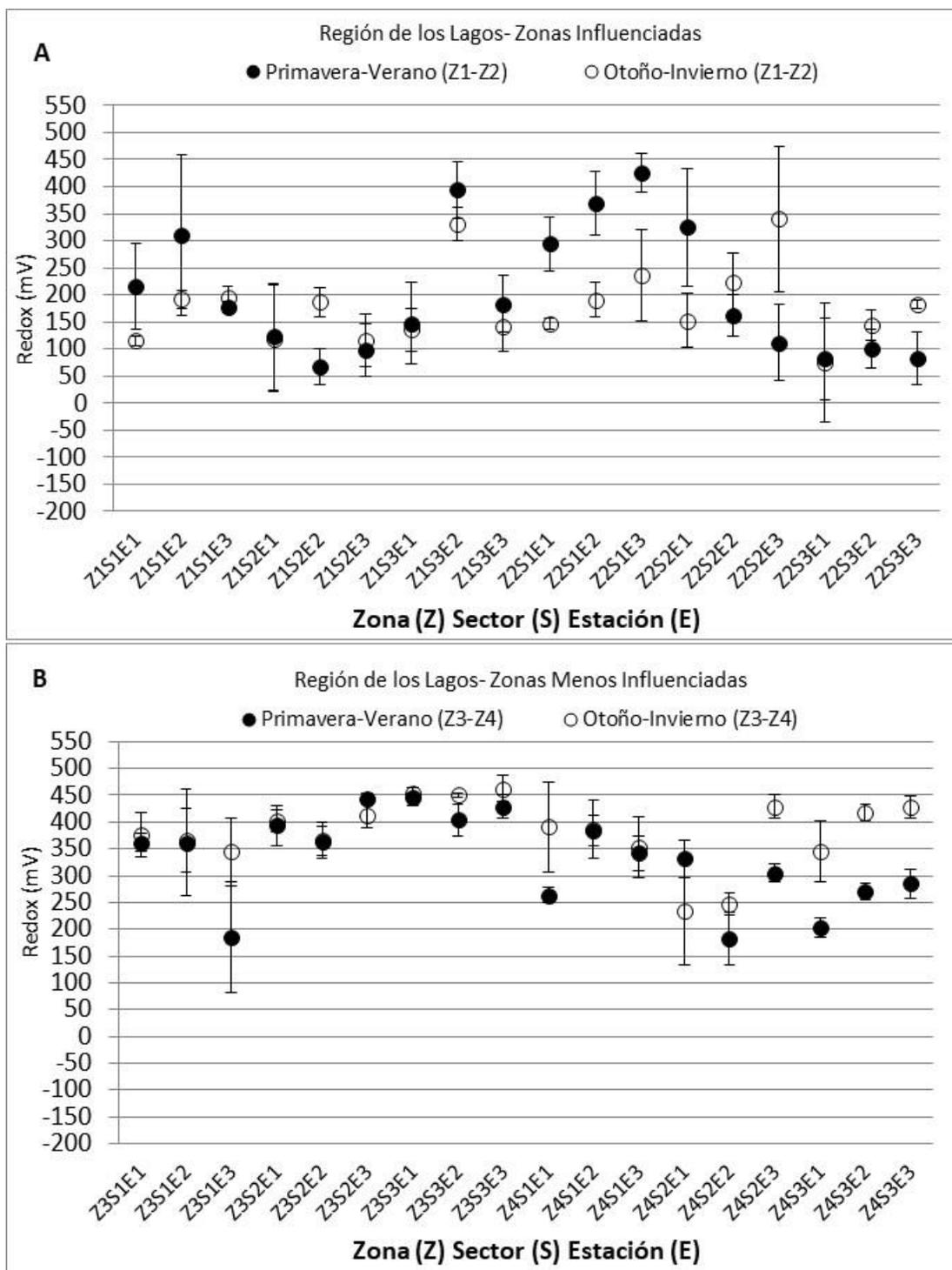


Figura 23. Potencial redox (mV) en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas en la región de Los Lagos durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos). Z: zona, S: sector, E: estación. Z1: Seno Reloncaví, S1: Bahía Chincui, S2: Isla Maillen, S3: Isla Guar. Z2: Chiloé Central, S1: Isla Meulín, S2: Isla Caguah-Isla Quenac; S3: Isla Teuquelin. Z3: Corcovado frente a san Pedro, S1: Corcovado Norte, S2: Corcovado 2, S3: Corcovado Sur. Z4: Bahía Tic Toc, S1: Toc Toc Expuesta, S2: Tic Toc Costa; S3: Tic Toc Sur.

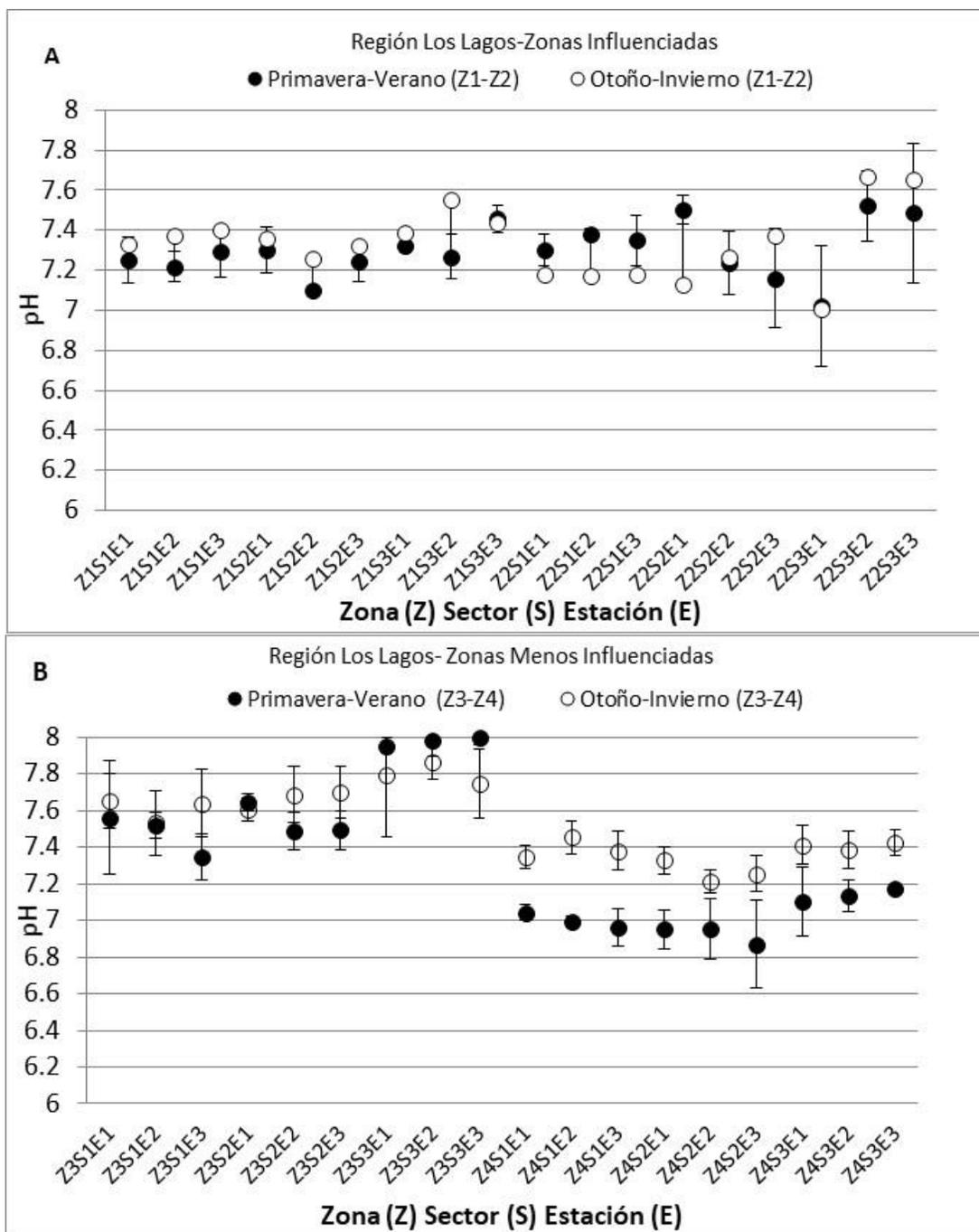


Figura 24. pH en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas en la región de Los Lagos durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos). Z: zona, S: sector, E: estación. Z1: Seno Reloncaví, S1: Bahía Chincui, S2: Isla Maillen, S3: Isla Guar. Z2: Chiloé Central, S1: Isla Meulín, S2: Isla Caguah-Isla Quenac; S3: Isla Teuquelín. Z3: Corcovado frente a san Pedro, S1: Corcovado Norte, S2: Corcovado 2, S3: Corcovado Sur. Z4: Bahía Tic Toc, S1: Toc Toc Expuesta, S2: Tic Toc Costa; S3: Tic Toc Sur.

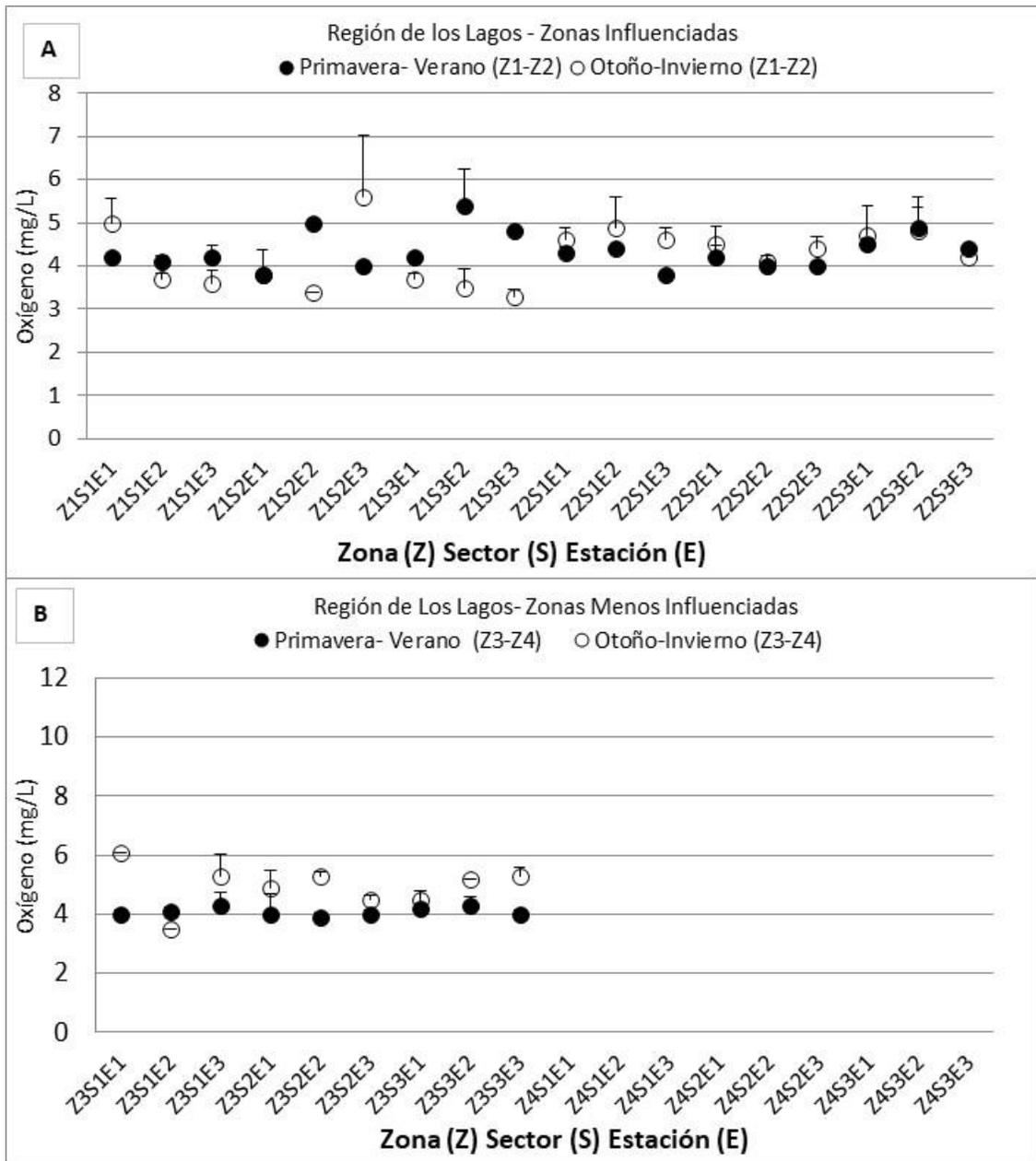


Figura 25. Oxígeno disuelto (mg/mL) en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas en la región de Los Lagos durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos). Z: zona, S: sector, E: estación. Z1: Seno Reloncaví, S1: Bahía Chincui, S2: Isla Maillen, S3: Isla Guar. Z2: Chiloé Central, S1: Isla Meulín, S2: Isla Caguah-Isla Quenac; S3: Isla Teuquelin. Z3: Corcovado frente a san Pedro, S1: Corcovado Norte, S2: Corcovado 2, S3: Corcovado Sur. Z4: Bahía Tic Toc, S1: Toc Toc Expuesta, S2: Tic Toc Costa; S3: Tic Toc Sur.

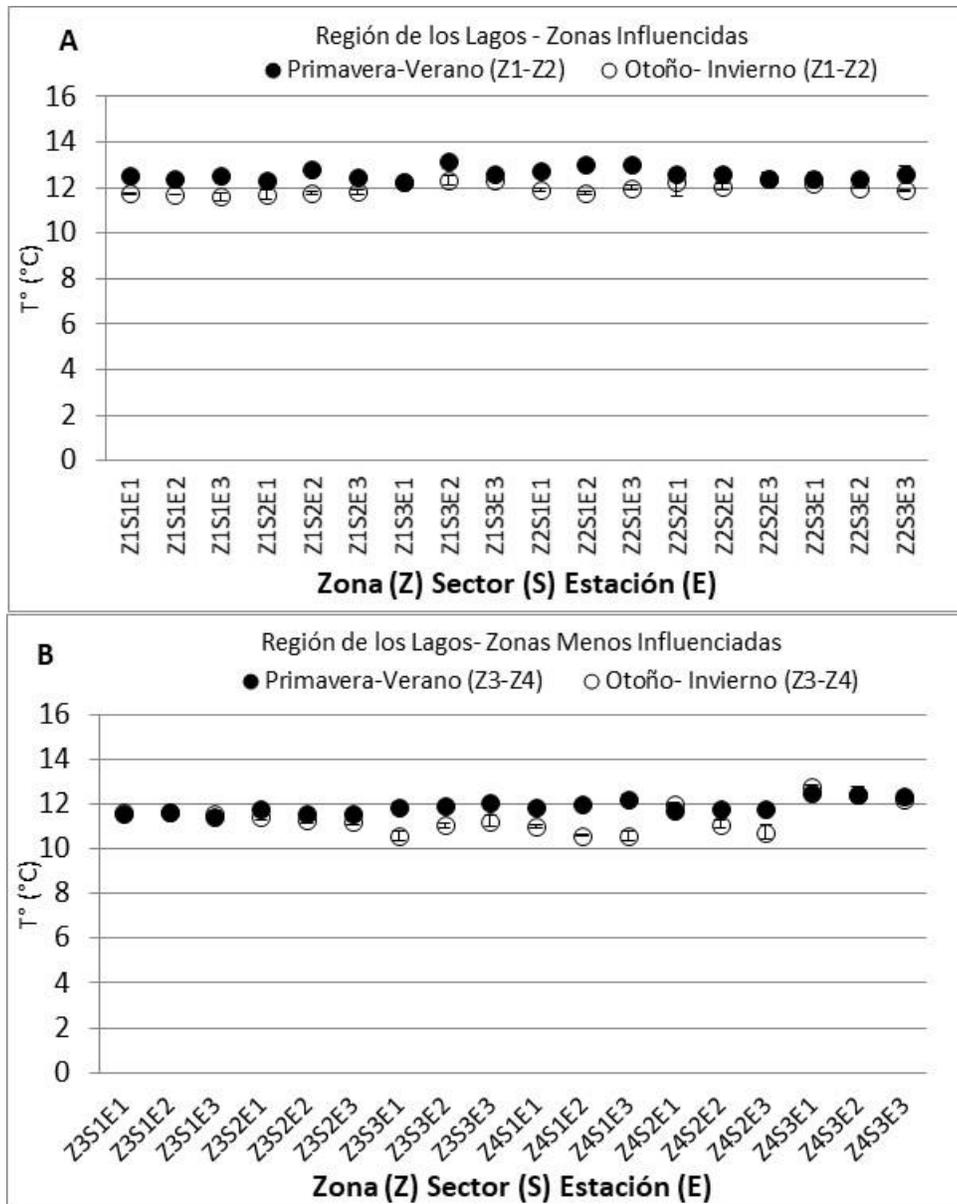


Figura 26. Temperatura (°C) en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas en la región de Los Lagos durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos). Z: zona, S: sector, E: estación. Z1: Seno Reloncaví, S1: Bahía Chincui, S2: Isla Maillen, S3: Isla Guar. Z2: Chiloé Central, S1: Isla Meulín, S2: Isla Caguah-Isla Quenac; S3: Isla Teuquelín. Z3: Corcovado frente a san Pedro, S1: Corcovado Norte, S2: Corcovado 2, S3: Corcovado Sur. Z4: Bahía Tic Toc, S1: Toc Toc Expuesta, S2: Tic Toc Costa; S3: Tic Toc Sur.

Región Aysén Campañas Primavera-Verano (PV) y Otoño-Invierno (OI)

Para las zonas influenciadas Melinka (Z7) y Melinka central (Z8) solo fue posible estimar MOT para las muestras colectadas en la campaña OI. Respecto de las otras variables, en la Zona Melinka Central (Z8) Sector 1 tampoco pudo muestrearse porque el fondo fue duro. Por esta razón se redistribuyeron las tres estaciones del S1 en el S2 (1) y en el S3 (2).

Materia orgánica (%) (Fig. 27): Los valores de MOT fluctuaron entre 0,4 a 4,9% durante la campaña (Fig. 27A). En las zonas menos influenciadas Raúl Marín Balmaceda 1 (Z5) y Raúl Marín Balmaceda 2 (Z6) durante la campaña PV se observó mayor variabilidad en la Zona 5, donde los valores fluctuaron entre 0,4 y 2,7% (Fig. 27B). En la Z6 durante PV los valores de MOT fueron más homogéneos y más bajos (0,5 y 1,6%). Durante la campaña OI se observó mayor variabilidad en la Zona 5 y también mayores diferencias respecto de la campaña de PV, especialmente para los sectores 1 y 2.

Redox (Fig. 28): Para las zonas influenciadas Melinka (Z7) y Melinka central (Z8) (Fig. 28A) durante la campaña PV se observó que la Z7 presentó los menores valores de redox, especialmente en el Sector 1 y Estación 1 del sector 2. El resto de los sectores se mantienen entre 0 y 100 mV aproximadamente. La Z8 presentó los valores más altos, especialmente en el sector 3. En la campaña PV los valores de redox fueron similares excepto para la Z8 que en general fueron más altos. Para las zonas menos influenciadas Raúl Marín Balmaceda 1 (Z5) y Raúl Marín Balmaceda 2 (Z6) los valores de redox fueron positivos en todas las estaciones durante la campaña PV. Sin embargo, destaca que la Z6 tiene valores más altos que la Z5 (Fig. 28B). En la campaña OI se observó sólo valores positivos para todas las estaciones y mayor homogeneidad en la Z6 que en la Z5.

pH (Fig. 29): Para las zonas influenciadas Melinka (Z7) y Melinka central (Z8) se observó un rango de valores de pH entre 6,9 y 7,8 durante la campaña PV y un rango alto también, pero con pH más bajo en la campaña OI, 6,4-7,5 (Fig. 29A). En la zona Melinka Central (Z8), sector Isla Forsyth (S3) (estación 1) se registró el valor más bajo de pH, 6,4. Para las zonas menos influenciadas Raúl Marín Balmaceda 1 (Z5) y Raúl Marín Balmaceda 2 (Z6) el pH presentó una menor variación en ambas campañas. En la campaña PV varió entre 7,1 y 7,5; y en la campaña OI entre 7,1 y 7,6 (Fig. 29B).

Oxígeno disuelto columna de agua (Fig. 30): Los valores de oxígeno disuelto para las zonas influenciadas Melinka (Z7) y Melinka central (Z8) solo fueron posibles de obtener para la campaña OI. En esta campaña los valores fluctuaron entre 3 y 7.6 mg/L (Fig. 30A). Para las zonas menos influenciadas Raúl Marín Balmaceda 1 (Z5) y Raúl Marín Balmaceda 2 (Z6) los valores de oxígeno disuelto fluctuaron entre 3.3 y 4.5 mg/L durante la campaña PV (Fig. 30B). Durante la campaña OI los valores que se registraron en estas zonas fueron de 3,9 y 5,9 mg/L.

Temperatura (Fig. 31): La temperatura del sedimento en las zonas influenciadas Melinka (Z7) y Melinka central (Z8) fluctuó entre 11,3-14°C en la campaña PV, y durante la campaña OI ésta fluctuó entre 10,3 y 12°C (Fig. 31A). En las zonas menos influenciadas Raúl Marín Balmaceda 1 (Z5) y Raúl Marín Balmaceda 2 (Z6) la temperatura durante la campaña PV varió entre 10,3 y 14,2°C y durante la campaña OI varió entre 10,4 y 13°C (Fig. 31B).

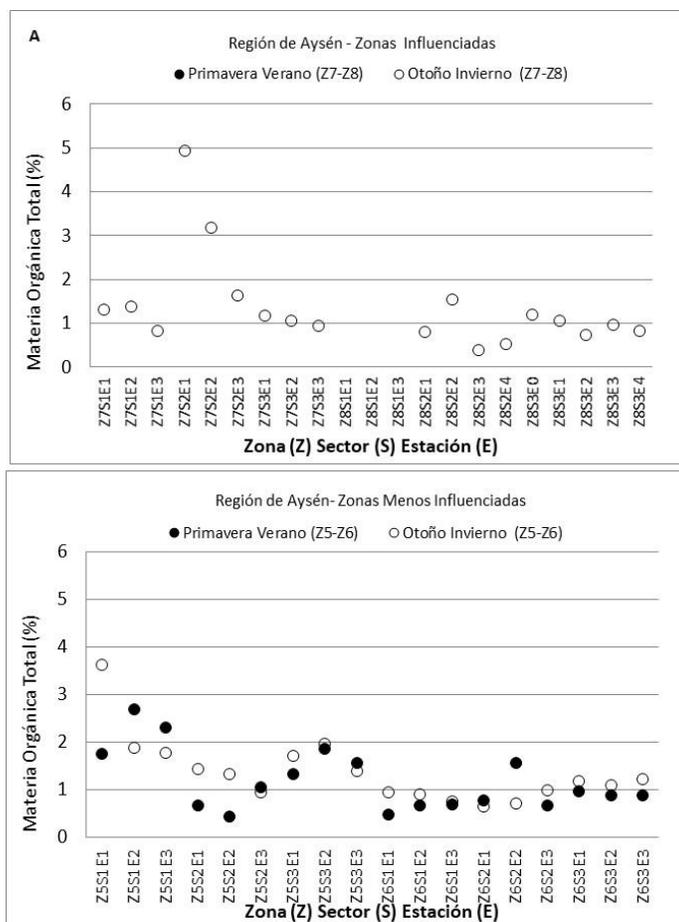


Figura 27. Porcentaje de materia orgánica total en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos) en la región de Aysén. Z: zona, S: sector, E: estación. Z7: Melinka, S1: Melinka-Canal Lagreze, S2: Isla Betecoi, S3: Isla Sánchez. Z8: Melinka Central, S1: Isla Rojas, S2: Isla May; S3: Isla Forsyth. Z5: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 1, S1: RMB1.1, S2: RMB1.2, S3: RMB1.3. Z6: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 2, S1:RMB2.1, S2: RMB2.2; S3: RMB2.3.

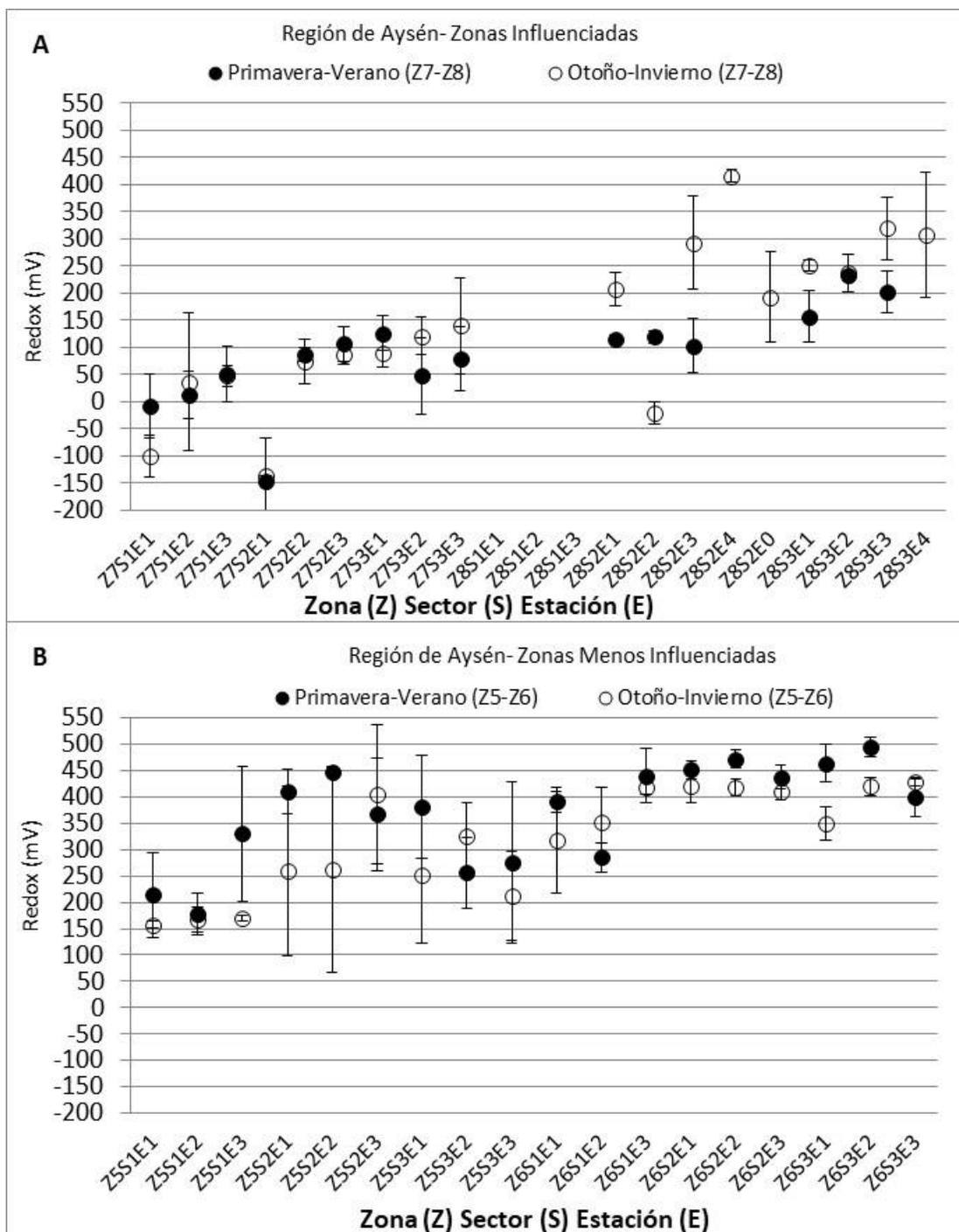


Figura 28. Potencial redox (mV) en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos) en la región de Aysén. Z: zona, S: sector, E: estación. Z7: Melinka, S1: Melinka-Canal Lagreze, S2: Isla Betecoi, S3: Isla Sánchez. Z8: Melinka Central, S1: Isla Rojas, S2: Isla May, S3: Isla Forsyth. Z5: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 1, S1: RMB1.1, S2: RMB1.2, S3: RMB1.3. Z6: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 2, S1:RMB2.1, S2: RMB2.2; S3: RMB2.3.

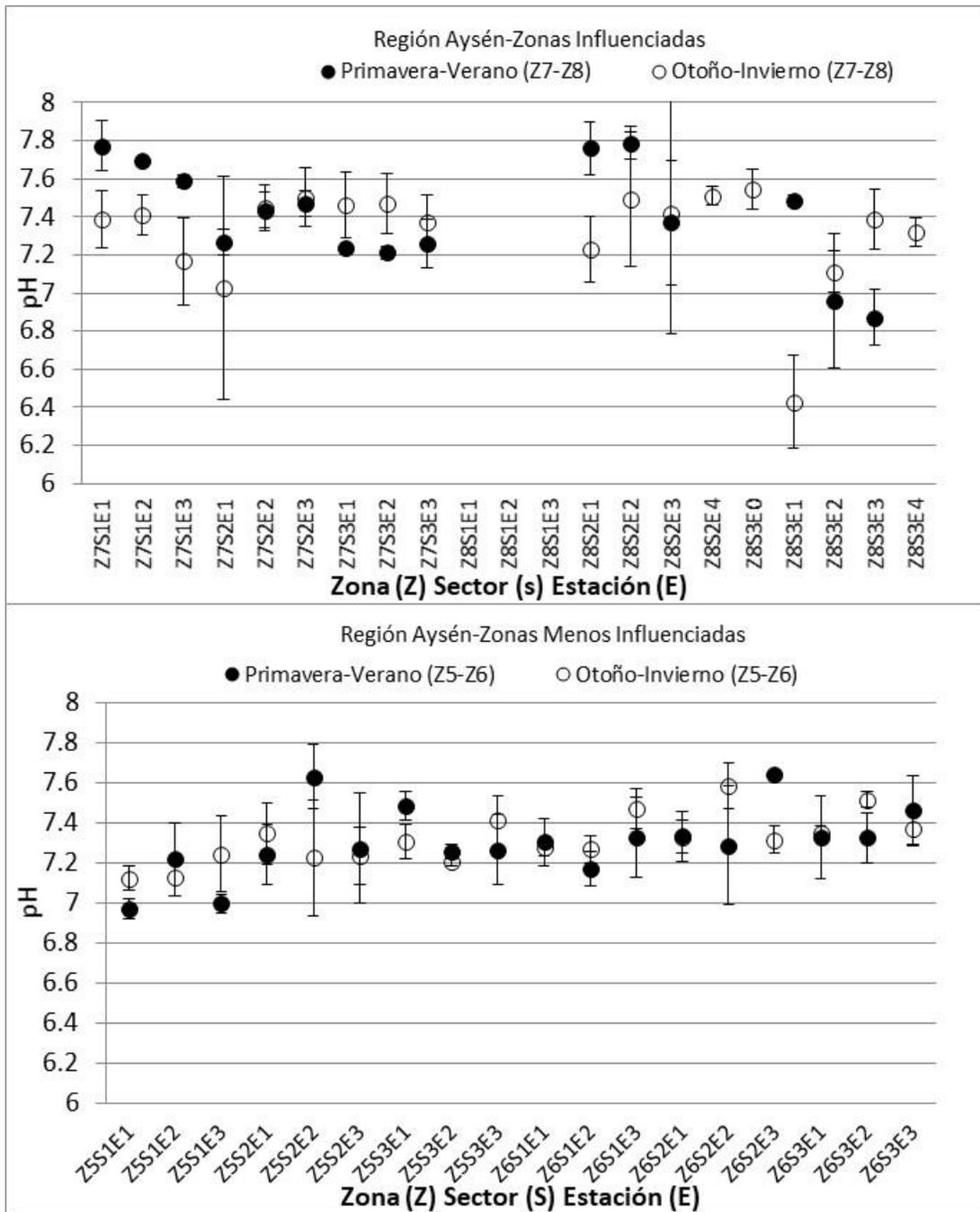


Figura 29. pH en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos) en la región de Aysén. Z: zona, S: sector, E: estación. Z7: Melinka, S1: Melinka-Canal Lagreze, S2: Isla Betecoi, S3: Isla Sánchez. Z8: Melinka Central, S1: Isla Rojas, S2: Isla May; S3: Isla Forsyth. Z5: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 1, S1: RMB1.1, S2: RMB1.2, S3: RMB1.3. Z6: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 2, S1:RMB2.1, S2: RMB2.2; S3: RMB2.3.

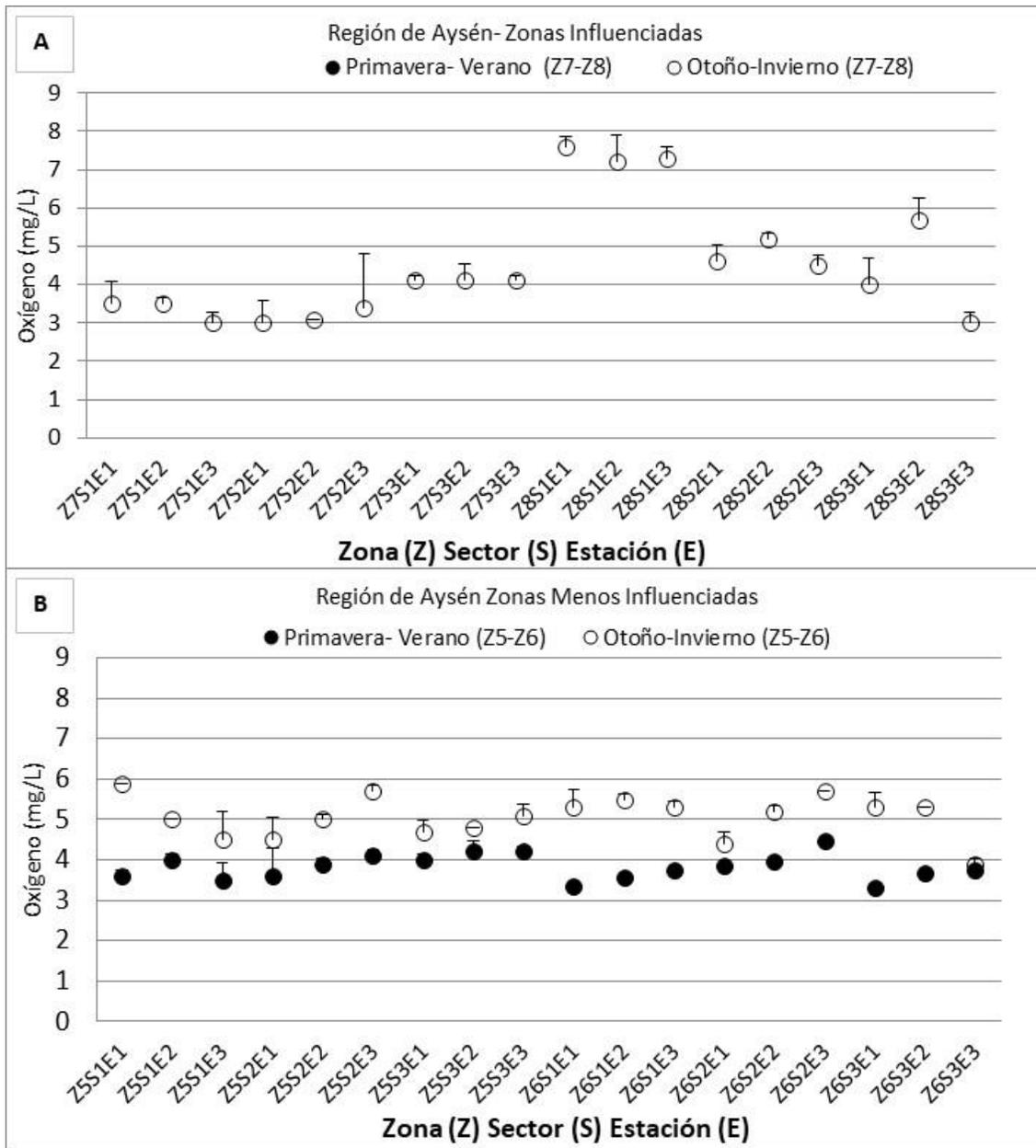


Figura 30. Oxígeno disuelto (mg/mL) en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos) en la región de Aysén. Z: zona, S: sector, E: estación. Z7: Melinka, S1: Melinka-Canal Lagreze, S2: Isla Betecoi, S3: Isla Sánchez. Z8: Melinka Central, S1: Isla Rojas, S2: Isla May; S3: Isla Forsyth. Z5: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 1, S1: RMB1.1, S2: RMB1.2, S3: RMB1.3. Z6: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 2, S1:RMB2.1, S2: RMB2.2; S3: RMB2.3.

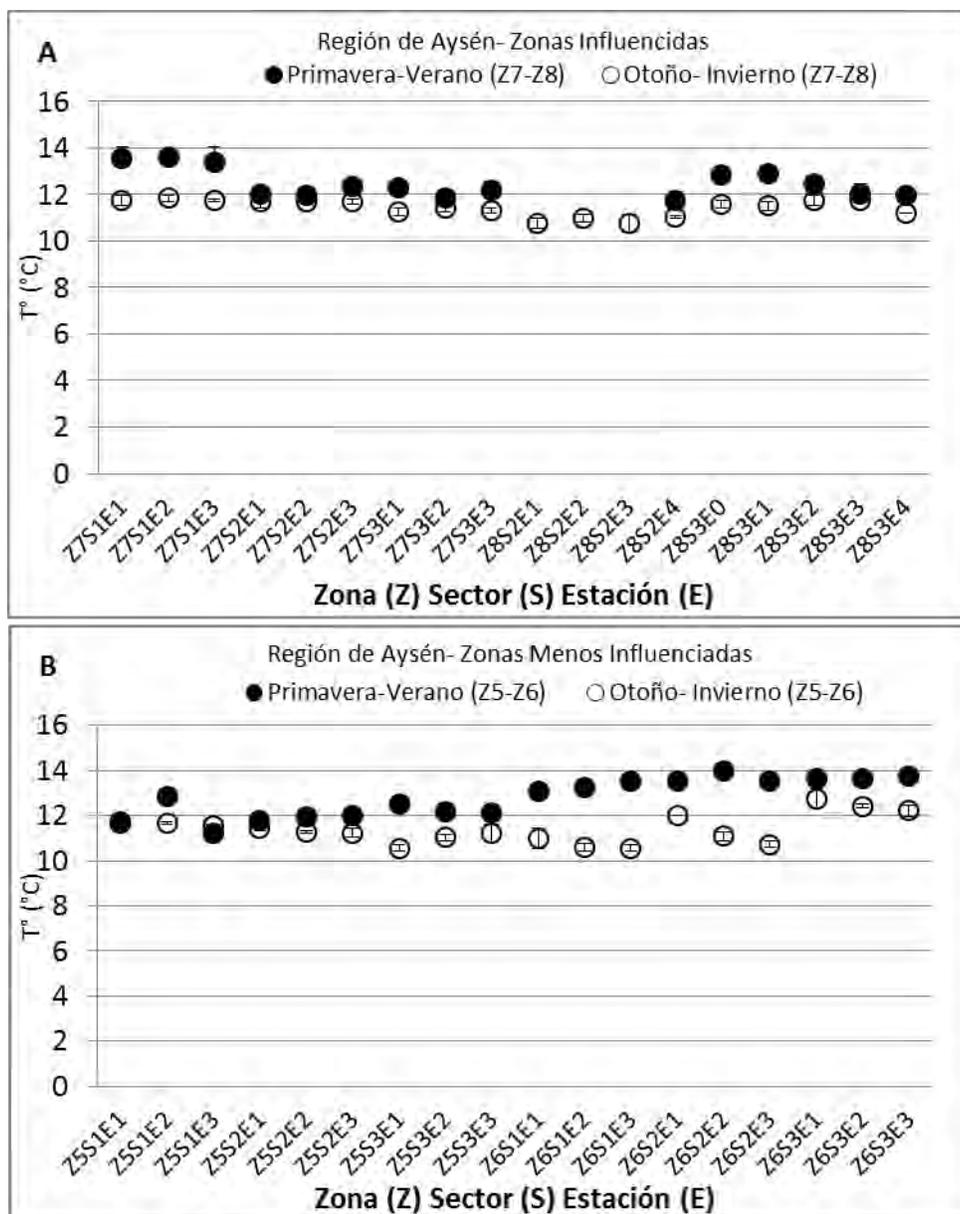


Figura 31. Temperatura (C°) en el sedimento en las zonas influenciadas (A) y menos influenciada (B) obtenidas durante la campaña Primavera Verano (círculos negros) y campaña Otoño Invierno (círculos blancos) en la región de Aysén. Z: zona, S: sector, E: estación. Z7: Melinka, S1: Melinka-Canal Lagreze, S2: Isla Betecoi, S3: Isla Sánchez. Z8: Melinka Central, S1: Isla Rojas, S2: Isla May; S3: Isla Forsyth. Z5: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 1, S1: RMB1.1, S2: RMB1.2, S3: RMB1.3. Z6: Raúl Marín Balmaceda (RMB) 2, S1:RMB2.1, S2: RMB2.2; S3: RMB2.3

La Figura 32 muestra información obtenida desde las INFAs de los centros de cultivo que se usaron como referencia para los muestreos de las zonas influenciadas respecto de oxígeno disuelto en profundidad, temperatura y salinidad. Se observa que el oxígeno disuelto varía entre 5 y 9 mg/l, la temperatura fluctúa entre 10,5 y 12° C y la salinidad muestra valores mayores a 30 en la mayoría de los centros de cultivo, excepto aquellos localizados en Isla May e Isla Rojas de la Zona Melinka donde los valores fueron menores a 30.

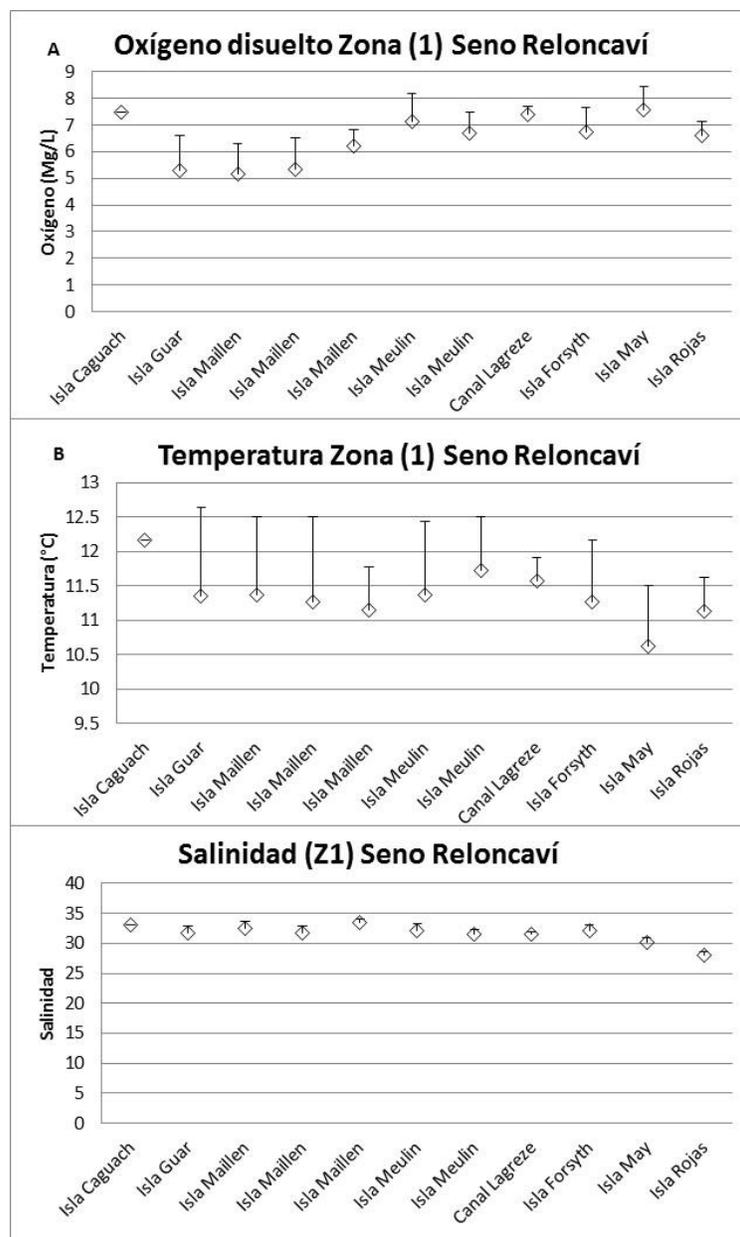


Figura 32. Oxígeno disuelto (mg/ml), temperatura (°C) y salinidad en el sedimento reportadas en las INFAs de los centros de cultivo de referencia para cada uno de los sectores en la Zona Influenciada 1, Seno Reloncaví.

VI.3.1.3 Comparación zonas influenciadas y menos influenciadas

La comparación de las medianas de las zonas influenciadas y menos influenciadas de las variables químicas y físicas del sedimento y para las variables de la columna de agua indica que solo el potencial redox y el porcentaje de materia orgánica total se diferencian significativamente entre zonas influenciadas y menos influenciadas (Tabla 30).

El potencial redox presentó valores positivos y con máximos mayores en las zonas menos influenciadas por la acuicultura que aquellas influenciadas, donde hubo valores negativos. Un análisis de la varianza de dos vías con la estación del año y el nivel de influencia de la acuicultura indicó que sólo el factor influencia es significativo ($F_{(1,149)} = 304.7$, $p = 0,0001$). Este resultado es consistente con las comparaciones pareadas señaladas previamente. La prueba de comparaciones múltiples *a posteriori* indicó que existen diferencias significativas entre las comparaciones influenciado y menos influenciado ($p < 0,0001$ para todas las comparaciones):

- OI-influenciado y OI-menos influenciado
- OI-influenciado y PV-menos influenciado
- OI-menos influenciado y PV-influenciado
- PV-influenciado y PV-menos influenciado

La materia orgánica fue mayor en las zonas influenciadas por la acuicultura que en las zonas menos influenciadas con valores que alcanzaron el 4,9% y 3,6%, respectivamente. El análisis de varianza de dos vías con la estación del año y el nivel de influencia indicó que sólo el factor influencia es significativo ($F_{(1,112)} = 4,38$, $p = 0,04$). Sin embargo, en este caso no hubo diferencias entre pares de comparaciones, probablemente debido a que la probabilidad de significancia está en el límite de significancia (0,05).

El porcentaje de fango en el sedimento no fue significativamente diferente entre las zonas influenciadas y menos influenciadas (Tabla 30). Sin embargo, los porcentajes más altos de fango se presentaron en las zonas menos influenciadas, especialmente en la región de Aysén.

Las variables pH y temperatura del sedimento son muy similares entre zonas influenciadas y menos influenciadas por la acuicultura, así como la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura del agua a 1 m del fondo (Tabla 30).

Al comparar las temperaturas de otoño-invierno con las de primavera-verano agrupando las zonas influenciadas y menos influenciadas por la acuicultura no se encontraron diferencias significativas (Tabla 30).

Tabla 30. Estadísticos descriptivos para cada una de las variables analizadas pero separadas por el nivel de influencia de la acuicultura: Influenciadas (INF) y Menos influenciada (MINF). Se indica el valor de la probabilidad según la Prueba de Mann Whitney para evaluar si existen diferencias significativas entre las medianas de cada variable entre zonas con distinto nivel de influencia de la acuicultura.

Estadísticos descriptivos	Redox INF	Redox MINF	MOT INF	MOT MINF	Fango INF	Fango MINF	pH NF	pH MINF	Temp sed INF	Temp sed MINF	Oxig INF	Oxig MINF	Temp agua INF	Temp agua MINF	Temp sed OI	Temp sed PV
	(mv)		(%)		(%)				°C		(mg/L)		°C		°C	
N	207	216	54	63	69	72	207	216	207	216	147	195	69	63	216	207
Mínimo	-179,70	101,30	0,41	0,44	0,73	0,07	6,25	6,66	10,30	9,90	3,00	3,30	8,60	7,00	9,90	10,30
Percentil 25%	83,12	284,30	0,86	0,72	2,83	2,36	7,21	7,18	11,10	10,90	3,80	3,90	10,95	9,90	11,20	10,80
Mediana	151,00	381,10	1,01	0,89	5,03	6,49	7,35	7,34	11,70	11,45	4,20	4,30	11,60	11,30	11,70	11,50
Percentil 75%	220,20	433,00	1,28	1,22	10,05	27,35	7,48	7,53	12,00	12,20	4,70	5,10	12,30	12,30	12,00	12,40
Máximo	465,60	506,60	4,95	3,64	57,92	75,48	7,94	8,04	14,10	14,20	7,60	6,10	13,70	14,80	13,00	14,20
Promedio	155,60	350,70	1,37	1,06	9,45	15,64	7,34	7,37	11,65	11,66	4,41	4,46	11,52	11,15	11,58	11,73
Desviación estándar	126,90	101,80	1,07	0,57	11,36	19,03	0,26	0,27	0,75	0,94	1,09	0,73	1,07	1,62	0,56	1,07
Límite inferior del Intervalo de confianza 95% del promedio	138,30	337,00	1,08	0,92	7,89	11,17	7,30	7,34	11,55	11,53	4,23	4,35	11,26	10,74	11,51	11,58
Límite superior del Intervalo de confianza 95% del promedio	173,00	364,30	1,66	1,21	11,01	20,12	7,37	7,41	11,76	11,78	4,58	4,56	11,77	11,56	11,66	11,88
Límite inferior del Intervalo de confianza 95% de la mediana	128,20	359,00	0,93	0,78	4,55	4,48	7,32	7,30	11,60	11,30	4,10	4,20	11,05	10,70	11,60	11,20
Límite superior del Intervalo de confianza 95% de la mediana	166,90	399,10	1,07	0,96	5,84	10,52	7,38	7,39	11,80	11,70	4,40	4,50	11,80	12,00	11,70	11,80
Prueba de Mann Whitney (U)	5543		1333		2302		21880		21259		12493		1933		22212	
Valor de P	<0.0001		0,04		0,45		0,7		0,4		0,113		0,27		0,9	

VI.3.2. Macrofauna bentónica

Los grupos taxonómicos identificados en este estudio incluyen moluscos, crustáceos, anélidos. Las muestras de moluscos fueron almacenadas en la colección de referencia de la Universidad Católica del Norte, Institución correspondiente al investigador que identificó las especies de este grupo. Dr. Javier Sellanes (Anexo 6). Las muestras correspondientes a los crustáceos serán almacenadas en la colección de referencia del Área de Zoología de Invertebrados del Museo Nacional de Historia Natural, gentileza del investigador Jorge Pérez.

La información ingresada en la base de datos permitió estimar que el número de especies/taxa que se identificaron en este estudio fue de 385. De éstas 176 taxa se identificaron a nivel de especie, 204 a nivel de género, y 5 a nivel de familia. De los taxa identificados como especies, 45 de ellos pertenecen a especies que no estaban incluidas en Base de datos generada por el proyecto “Elaboración de un catastro de macrofauna bentónica y la aplicación de índices biológicos para la evaluación ambiental de las comunidades bentónicas submareales”.

VI.3.2.1. Índice Biótico AMBI

Región Los Lagos Campañas Primavera-Verano (PV) y Otoño-Invierno (OI)

Zonas Influenciadas: En la zona 1 (Z1) todos los sectores presentaron valores promedio del índice que muestran un estado ecológico levemente perturbado ($>1,2$ a $3,3$) y moderadamente perturbado ($>3,3$ a 5). Este estado fue más frecuente durante la campaña PV que OI. En la mayor parte de las estaciones predominó el grupo ecológico de especies oportunistas de primer orden (GE IV) y una muy baja representación de las especies del GE I, constituido por especies sensibles (Fig. 33A y 33B). En la Z2 el estado ecológico de las estaciones de muestreo durante OI es de levemente y moderadamente perturbado con valores de AMBI que alcanzan hasta $4,75$ en el sector 3 (S3). Este sector empeoró su estado en la campaña PV presentando una calificación de altamente perturbado (>5 a 6) con valores que alcanzaron $5,59$. El S2 también empeoró su estado ecológico, sin embargo, el S1 mejoró levemente (Fig. 33C y 33D).

Zonas menos influenciadas: En la Z3 durante OI se observó que 2 estaciones de muestreo presentaron un estado ecológico de no perturbado (>0 a $1,2$, S2E2 y S3E2) y el resto levemente perturbado. Predominaron las especies del GE II, indiferentes al enriquecimiento orgánico y en algunas estaciones las especies sensibles (S2E1, S2E2, S3E1). En PV el estado ecológico de las estaciones no varió mucho con la excepción del S3E3 que mostró un estado moderadamente perturbado debido al incremento de las especies indiferentes al enriquecimiento orgánico y la desaparición de las especies sensibles (Fig. 34A y

34B). La Z4 durante OI muestra una predominancia de las especies del GE III, tolerantes al enriquecimiento orgánico. El estado ecológico varió entre levemente a moderadamente perturbado. Durante PV aunque no cambió el estado ecológico, los valores de AMBI fueron menores (Fig. 34C y 34D).

Región de Aysén Campañas Primavera-Verano (PV) y Otoño-Invierno (OI)

Zonas Influenciadas: En la Z7 los valores de AMBI fluctuaron entre 1,5 y 4,1 definiendo estados ecológicos levemente y moderadamente perturbados. El sector 2 fue el único que presentó consistentemente en todas las estaciones un estado ecológico de levemente perturbado. Los GE IV y V, oportunistas de primer y segundo orden, respectivamente, predominaron en las estaciones con mayores valores de AMBI. Durante primavera, aunque no mejoró el estado ecológico de las estaciones los valores de AMBI disminuyeron en varias estaciones. Desaparecen las especies oportunistas de segundo orden y aumenta la representación de las especies indiferentes al enriquecimiento orgánico (Fig. 35A y 35B). En la Z8 las estaciones muestran estados ecológicos de levemente y moderadamente perturbados con la mayoría de los grupos ecológicos presentes durante OI. En PV se muestrearon menos estaciones y los resultados muestran que en el S1E1 el estado ecológico empeoró a altamente perturbado (Fig. 35C y 35D).

Zonas menos influenciadas: En la Z5 durante OI se observó que la mayoría de las estaciones presentaron un estado ecológico levemente perturbado. El S1 presentó 2 de las 3 estaciones moderadamente perturbadas y el S2 una estación. En general predominaron las especies del GE II, indiferentes al enriquecimiento orgánico. Durante PV el estado ecológico de las estaciones se muestra relativamente similar con la excepción de dos estaciones que mejoraron su estado ecológico, permaneciendo el S1E2 moderadamente perturbado (Fig. 36A y 36B). La Z6 presenta durante OI muestra en todas las estaciones un estado de levemente perturbado con la excepción de S1E3 que no muestra perturbación. Se encuentran presentes las especies de los GE I, II y III. Durante PV las estaciones muestran variación en los valores del AMBI con respecto a OI pero permanecen en la categoría predominante de levemente perturbadas, con la excepción de S3E2 que presenta un estado de moderadamente perturbado (Fig. 35C y 36D).

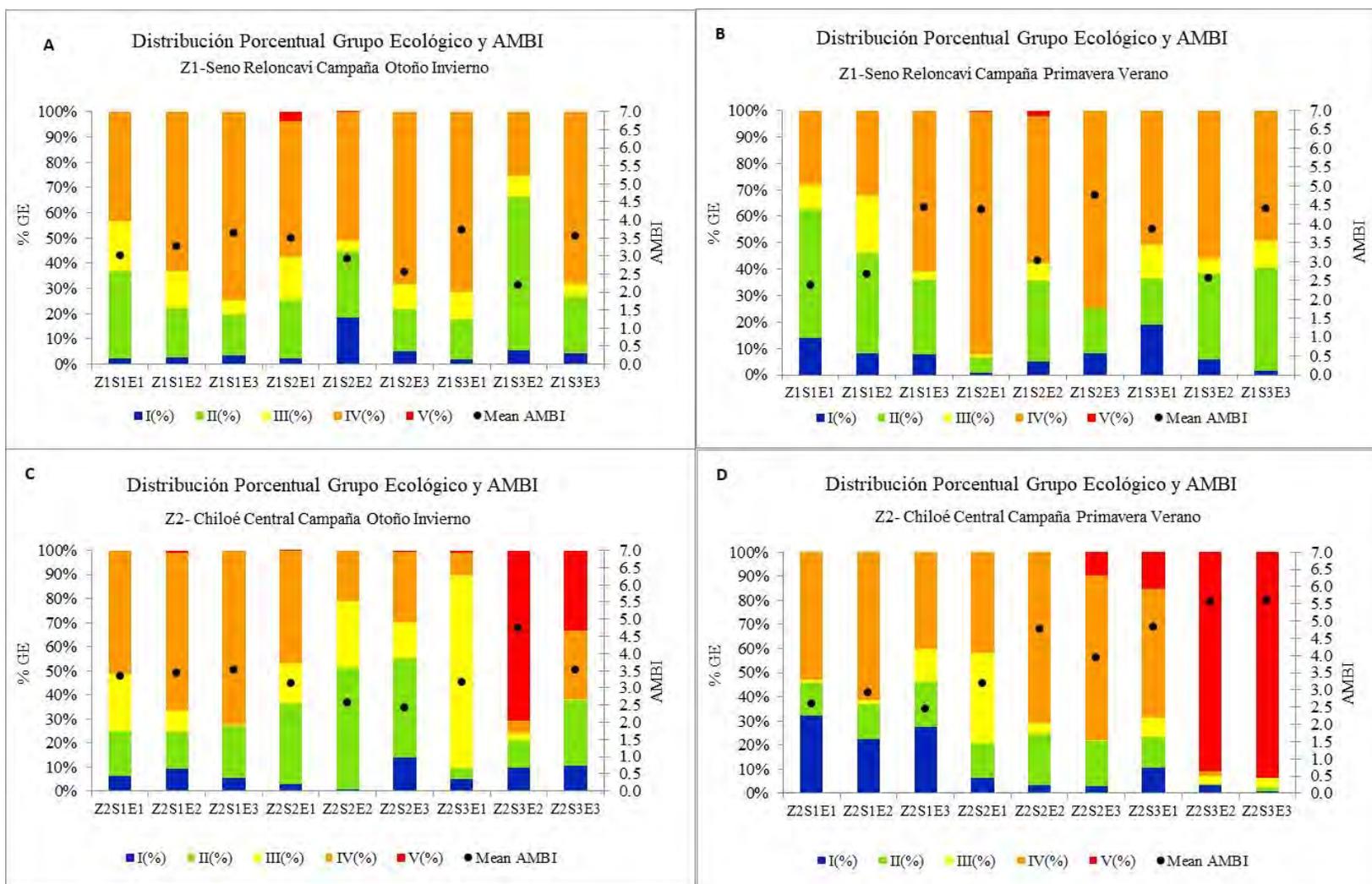


Figura 33. Porcentaje de especies en cada grupo ecológico (GE) y valor promedio del AMBI para cada estación de muestreo en cada sector de cada una de las zonas influenciadas muestreadas en la región de Los Lagos. Zona 1 Seno Reloncavi: S1. Sector Bahía Chincui, S2. Sector Isla Maillen, S3. Sector Isla Guar (3). Zona 2 Chiloé Central: S1. Sector Isla Meulín, S2. Sector Isla Caguach – Isla Quenac, S3. Sector Isla Teuquelin. Las estaciones se referencian de 1 a 3.

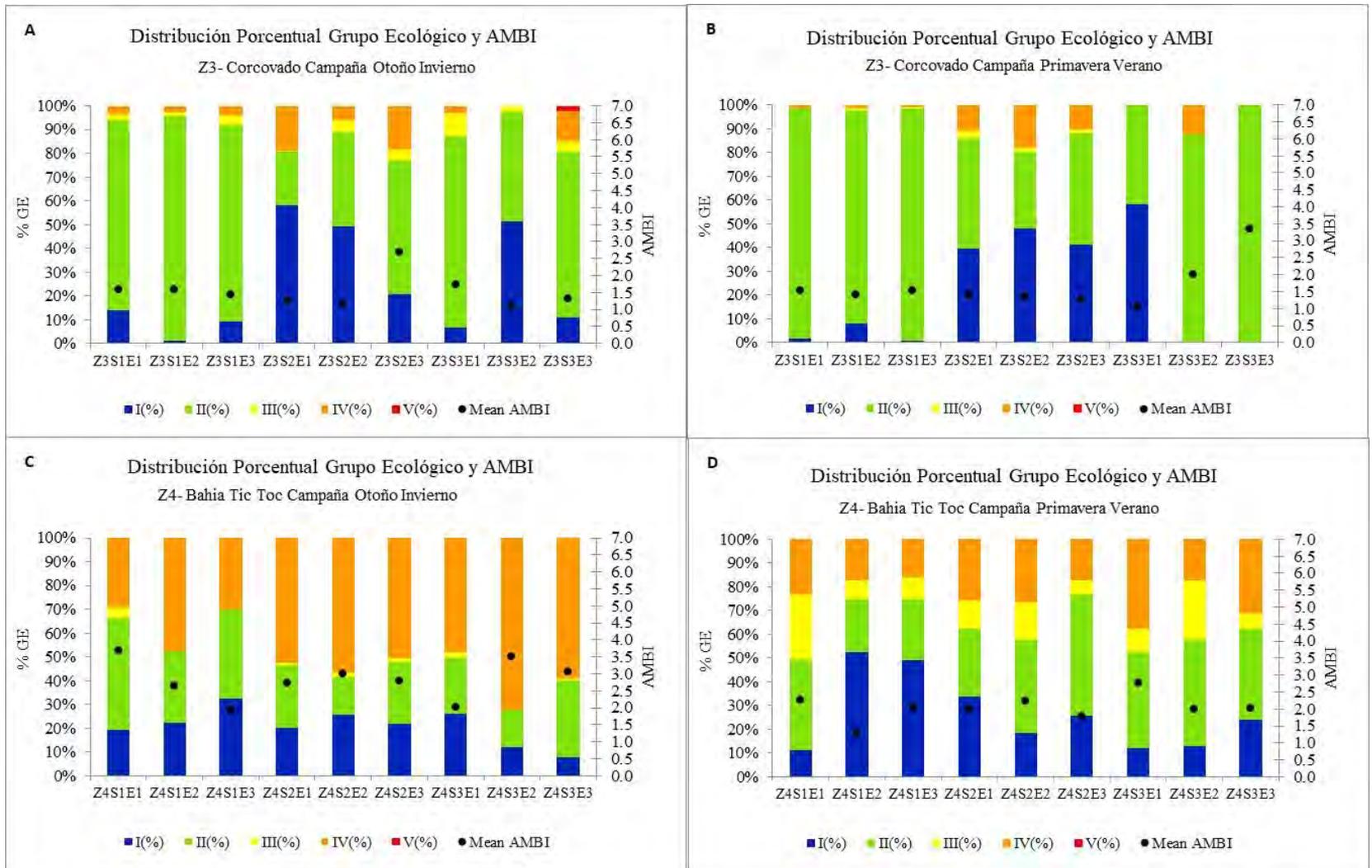


Figura 34. Porcentaje de especies en cada grupo ecológico (GE) y valor promedio del AMBI para cada estación de muestreo en cada sector de cada una de las zonas menos influenciadas muestreadas en la región de Los Lagos. Zona 3 Corcovado: S1. Corcovado Norte, S2. Corcovado 2, S3. Corcovado Sur. Zona 4: Bahía Toc Toc: S1. Tic Toc Expuesta, S2. Tic Toc Costa, S3. Tic Toc Sur. Las estaciones se referencian de 1 a 3.

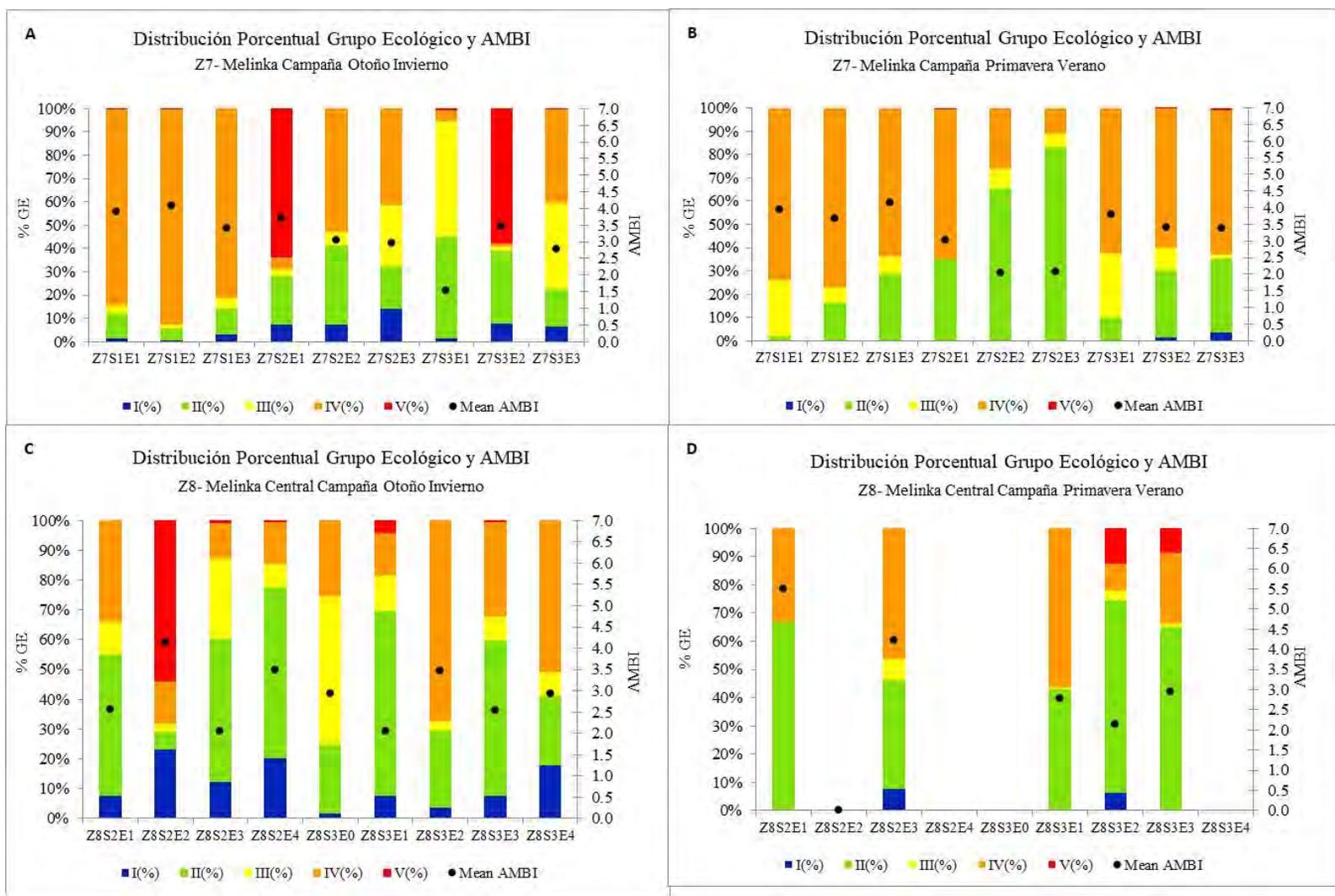


Figura 35. Porcentaje de especies en cada grupo ecológico (GE) y valor promedio del AMBI para cada estación de muestreo en cada sector de cada una de las zonas influenciadas muestreadas en la región de Aysén. Zona 7 Melinka: S1. Canal Lagreze, S2. Isla Betecoi, S3. Isla Sánchez. Zona 8 Melinka central: S1. Isla May, S2. Sector Isla Forsyth. Las estaciones en cada transecta se diferencian por un número de 0 a 4 según corresponda.

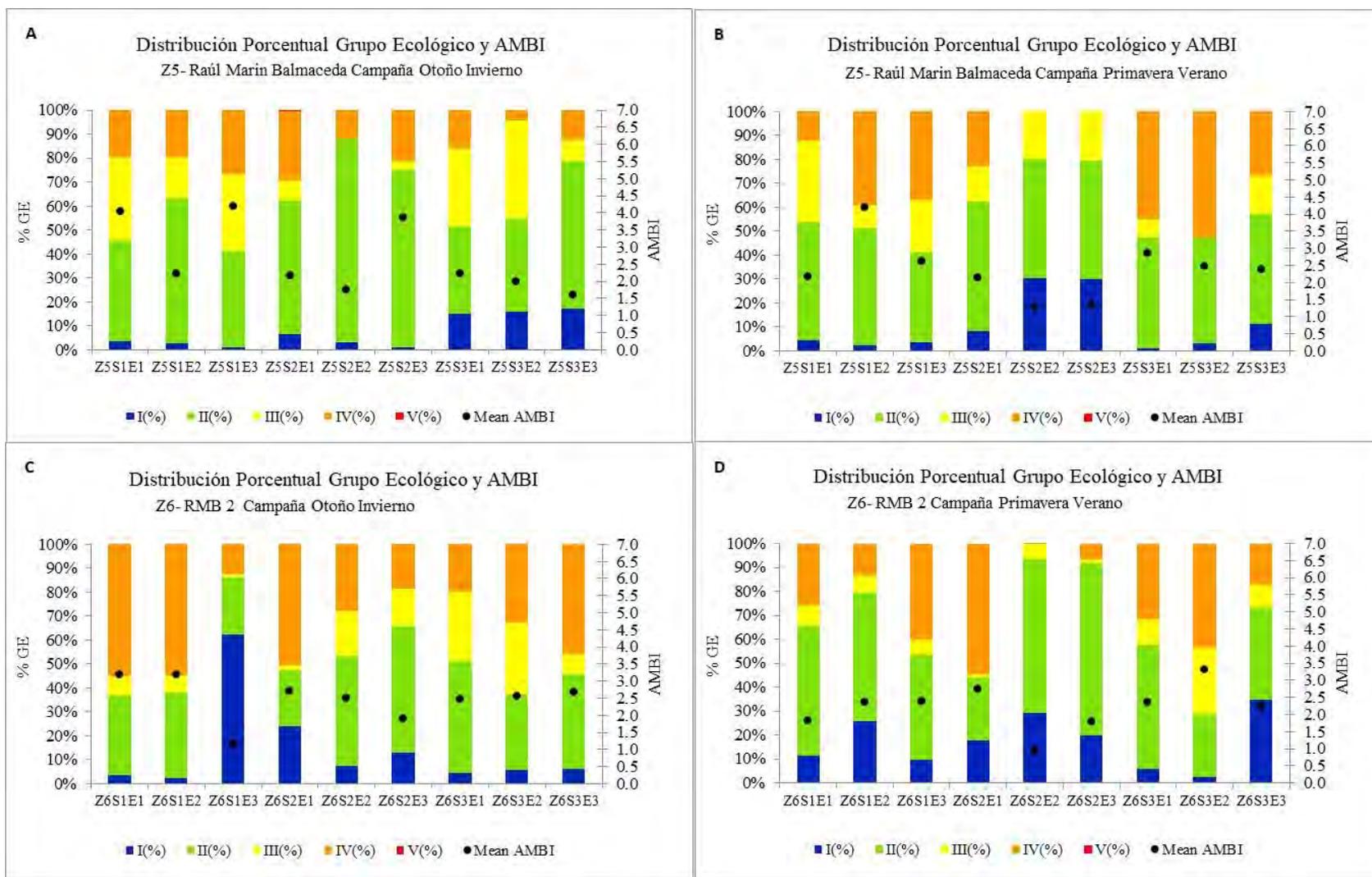


Figura 36. Porcentaje de especies en cada grupo ecológico (GE) y valor promedio del AMBI para cada estación de muestreo en cada sector de cada una de las zonas menos influenciadas muestreadas en la región de Aysén. Zona 5 Raúl Marín Balmaceda 1: Sector RMB 1, RMB 2, RMB 3. Zona 6 Raúl Marín Balmaceda 2, Sector RMB2 1, RMB2 2, RMB2 3. Las estaciones se referencian de 1 a 3.

VI.3.2.2. Comparación AMBI zonas influenciadas y menos influenciadas y estación del año

El nivel de influencia y la interacción nivel de influencia y estación del año resultaron significativos pero no la estación del año: Interacción $F_{(1,419)} = 7,4$, $p = 0,007$; Estación del año $F_{(1,419)} = 0,05$, $p = 0,8$, Influencia $F_{(1,419)} = 84,5$, $p = 0,001$. La prueba *a posteriori* diferenció las siguientes comparaciones pareadas ($p < 0,0001$).

- OI-influenciada y OI menos influenciada
- OI-influenciada y PV menos influenciada
- OI-menos influenciada y PV-influenciada
- PV-influenciada y PV menos-influenciada

Las diferencias entre zonas con el mismo nivel de influencia entre estaciones del año no fueron significativas.

VI. 3.2.3. Relación porcentaje de individuos por grupo ecológico y redox

Considerando que la variable que estadísticamente diferencia las zonas influenciadas y menos influenciadas fue el potencial redox se realizó un análisis de regresión entre el porcentaje de individuos asignados a cada grupo ecológico (GE) y el potencial redox con el objetivo de evaluar el cambio de especies predominantes a lo largo del gradiente de potencial redox.

El porcentaje de individuos pertenecientes al GE I (especies sensibles a la perturbación) se relaciona positiva y significativamente con el potencial redox. El mejor ajuste se obtuvo usando un ajuste exponencial (Fig. 37) y muestra que el porcentaje de este tipo de especies permanece bajo hasta aproximadamente 200 mv y luego comienzan a observarse porcentajes mayores. Cabe señalar que también es posible observar porcentajes bajos a valores altos de redox, pero no se observan porcentajes altos a valores bajos de redox.

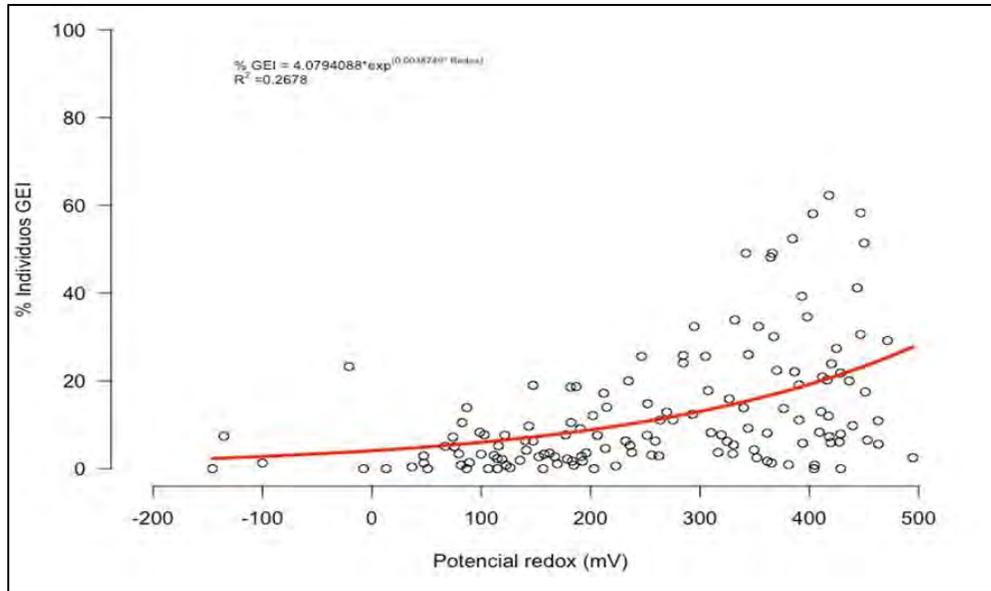


Figura 37. Relación entre porcentaje de individuos del grupo ecológico I (GE I) y el potencial redox.

Para el GE II el mejor ajuste fue lineal y se relaciona positivamente con el potencial redox (Fig. 38A). El bajo valor del coeficiente de determinación refleja la alta dispersión de los datos, la cual es consistente con la estrategia de las especies del GE II, indiferentes al enriquecimiento orgánico (en este caso usando como proxy del enriquecimiento orgánico el potencial redox). El porcentaje de individuos pertenecientes a los GE III no se relaciona significativamente con el potencial redox (Fig. 38B), lo cual puede ser resultado de la estrategia de las especies pertenecientes a este grupo, ya que son tolerantes al enriquecimiento orgánico, por lo que se encontrarán presentes en un amplio rango de valores de enriquecimiento. El porcentaje de individuos pertenecientes a los GE IV se relaciona negativa y significativamente con el potencial redox (Fig. 38C), lo cual es consistente con su estrategia, oportunistas de segundo orden y que se encontrarán presentes bajo condiciones ya perturbadas. En este caso el mayor porcentaje de individuos pertenecientes a este GE se encuentra en el extremo negativo y de valores bajos de redox. Las especies del GE V (oportunistas de primer orden) fueron encontradas en pocas estaciones, en la mayoría de ellas no estuvieron presentes por lo que no fue posible establecer una relación con el potencial redox (Fig. 38D).

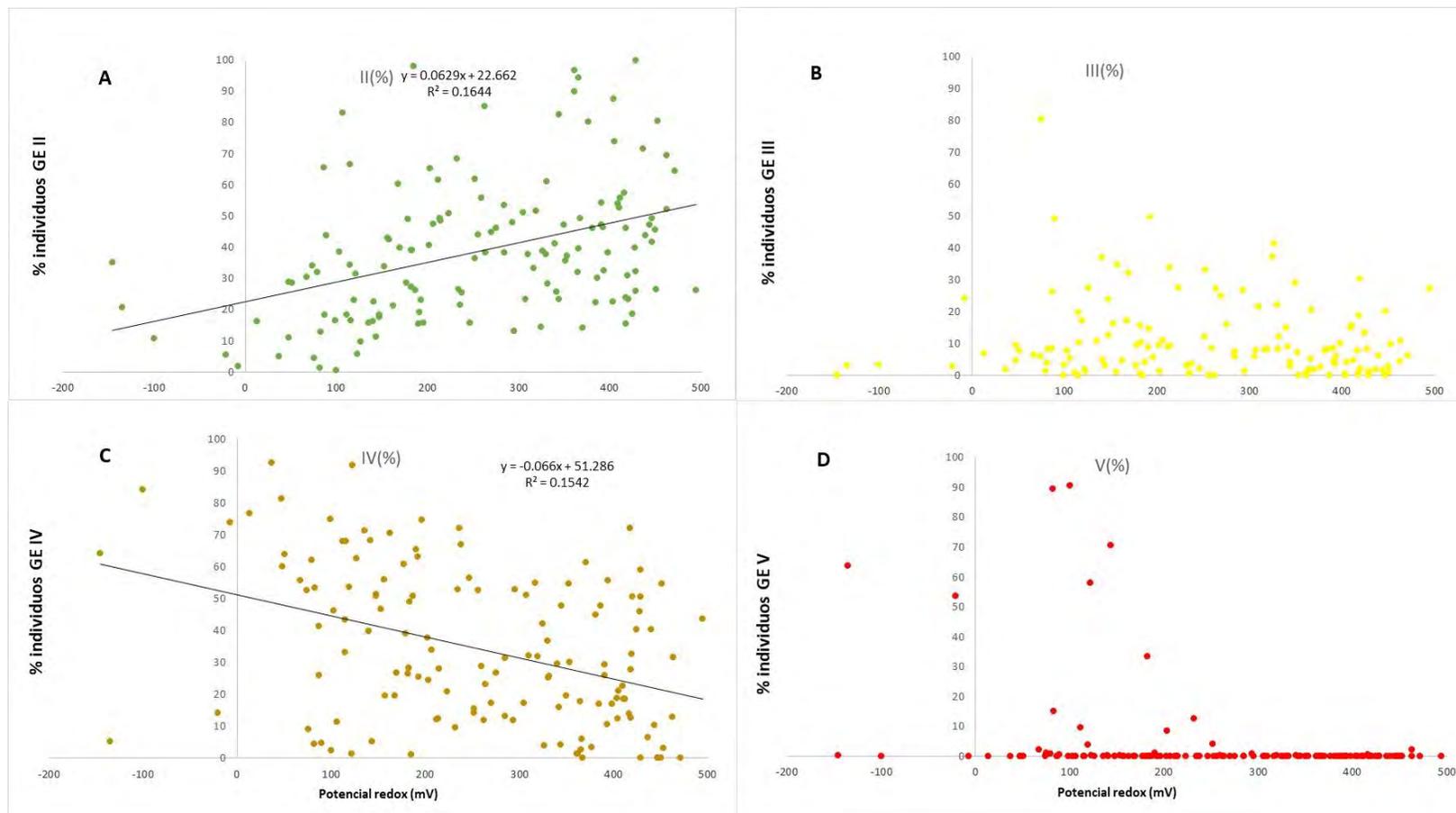


Figura 38. Relación entre porcentaje de individuos pertenecientes a los grupos ecológicos II (A), III (B), IV (C), V (D) y potencial redox.

VI.3.2.4. Porcentaje de especies no asignadas a grupo ecológico

Dado que la interpretación del AMBI es sensible a la representatividad de individuos no asignados a grupos ecológicos se elaboró un listado con estas especies y se les solicitó a los taxónomos que asignarán grupo ecológico a aquellas especies para las cuales contarán con información que justificará dicha asignación. El listado incluyó un total de 92 especies y 65 fueron asignadas, pero de éstas solo 47 fueron ingresadas al software AMBI, 18 se asignaron provisionalmente para este análisis debido a que no había suficientes antecedentes para incorporarlas en el listado AMBI, y el resto quedó sin asignación (Anexo 7).

El porcentaje de especies no asignadas varió de 0 a 95% (Tabla 31). El 12% de las estaciones tuvo un porcentaje mayor a 20% de especies no asignadas, lo cual dificulta su interpretación. La zona 3 presentó 12 estaciones (6 de OI y 6 de PV) con porcentajes altos lo cual sugiere que el estado ecológico determinado es incierto y que esta zona requiere de un mayor conocimiento de la macrofauna. La zona 4 presentó una estación con porcentaje mayor a 20%, la zona 5 presentó 3 y la zona 6, sólo una estación. Todas estas zonas corresponden a áreas definidas como menos influenciadas, lo que posiblemente está indicando que muchas de las especies no asignadas son especies sensibles a la perturbación y son especies raras y/o endémicas de la zona, por lo que su dificultad de asignación es mayor.

Tabla 31. Porcentaje de especies no asignadas por estación.

Estación	AMBI	% especies No Asignadas
Z3S1E1OI	1,6	25,2
Z3S1E2PV	1,4	21
Z3S2E1OI	1,3	31,8
Z3S2E2OI	1,2	32,2
Z3S2E2PV	1,4	38,5
Z3S2E3PV	1,3	42,9
Z3S3E1OI	1,7	36,7
Z3S3E1PV	1,1	52
Z3S3E2OI	1,1	22,2
Z3S3E2PV	2,0	46,7
Z3S3E3OI	1,3	29,2
Z3S3E3PV	3,3	90,5
Z4S1E3OI	1,9	26,7
Z5S2E2PV	1,3	37
Z5S2E3PV	1,3	31,1
Z5S3E2OI	2,0	30,8
Z6S2E1PV	2,8	35,4

VI.3.2.5. Indicadores comunitarios

Los indicadores ecológicos comunitarios estimados para cada estación de muestreo se presentan en la Tabla 32 y 33 para las zonas influenciadas y menos influenciadas para OI y PV de la región de Los Lagos, y para la región de Aysén, respectivamente.

Los resultados del análisis de varianza de dos vías realizado para riqueza de especies, diversidad y dominancia indicaron que, para la riqueza de especies, ambos factores (estación del año e influencia) y la interacción fueron significativas: Interacción $F_{(1,136)} = 15,1$, $p = 0,002$; Estación del año $F_{(1,136)} = 8,1$, $p = 0,005$, Influencia $F_{(1,136)} = 4,7$, $p = 0,032$. La prueba de comparaciones múltiples indicó que existen diferencias en las siguientes comparaciones pareadas:

- OI-influenciada y PV-influenciada ($p < 0,0001$)
- OI-menos influenciada y PV-influenciada ($p = 0,004$)
- PV-influenciada y PV menos-influenciada ($p < 0,001$)

Los resultados obtenidos para la diversidad indicaron que solo el factor influencia es significativa: Interacción $F_{(1,136)} = 1,9$, $p = 0,1$; Estación del año $F_{(1,136)} = 2,6$, $p = 0,1$, Influencia $F_{(1,136)} = 4,6$, $p = 0,03$. La prueba de comparaciones múltiples indicó que existen diferencias entre los resultados OI-menos influenciada y PV-influenciada ($p < 0,001$).

Para la dominancia no se encontró efectos significativos ni de cada factor independientemente ni la interacción: Interacción $F_{(1,136)} = 0,1$, $p = 0,7$; Estación del año $F_{(1,136)} = 1,6$, $p = 0,2$, Influencia $F_{(1,136)} = 2,4$, $p = 0,12$.

Un resumen con los estadísticos descriptivos para los indicadores riqueza de especies, diversidad y dominancia se presenta en la Tabla 34 diferenciando zonas influenciadas y menos influenciadas. Los promedios obtenidos para zonas influenciadas y menos influenciadas son consistentes con los resultados previos en que la mayor diferencia entre zonas influenciadas y menos influenciadas se da para riqueza y diversidad.

Tabla 32. Indicadores ecológicos comunitarios estimados para cada estación de muestreo para las zonas influenciadas y menos influenciadas para OI y PV de la región de Los Lagos.

OTOÑO - INVIERNO							PRIMAVERA - VERANO						
Estación	Nº individuos	Riqueza Nº especies	Diversidad Shannon-Wiener H' (log2)	Riqueza d (Margalef)	Uniformidad J' (Pielou)	Dominancia λ (Simpson)	Estación	Nº individuos	Riqueza Nº especies	Diversidad Shannon-Wiener H' (log2)	Riqueza d (Margalef)	Uniformidad J' (Pielou)	Dominancia λ (Simpson)
Z1S1E1	2950	33	3,92	4,13	0,78	0,10	Z1S1E1	1120	30	4,35	4,27	0,89	0,07
Z1S1E2	5570	36	2,86	4,17	0,55	0,32	Z1S1E2	3280	35	4,05	4,32	0,79	0,09
Z1S1E3	6730	39	2,41	4,31	0,46	0,45	Z1S1E3	1390	22	3,6	2,90	0,81	0,12
Z1S2E1	3250	36	4,22	4,58	0,81	0,07	Z1S2E1	2580	16	1,69	1,91	0,42	0,49
Z1S2E2	6930	23	3,07	2,49	0,68	0,18	Z1S2E2	1400	17	2,75	2,21	0,67	0,24
Z1S2E3	970	12	2,72	1,60	0,76	0,23	Z1S2E3	120	4	1,42	0,63	0,71	0,49
Z1S3E1	3170	24	3,12	2,98	0,68	0,20	Z1S3E1	680	22	3,86	3,37	0,87	0,09
Z1S3E2	3000	37	3,94	4,75	0,76	0,11	Z1S3E2	930	26	3,89	3,66	0,83	0,10
Z1S3E3	4480	37	3,26	4,52	0,63	0,21	Z1S3E3	690	19	3,62	2,91	0,85	0,10
Z2S1E1	3720	30	3,05	3,65	0,62	0,20	Z2S1E1	2240	22	3,02	2,85	0,67	0,20
Z2S1E2	3110	25	3,35	3,11	0,72	0,16	Z2S1E2	1690	20	3,06	2,56	0,71	0,19
Z2S1E3	2770	26	2,94	3,28	0,62	0,22	Z2S1E3	2170	32	3,74	4,04	0,75	0,13
Z2S2E1	3170	37	3,94	4,59	0,75	0,11	Z2S2E1	1640	21	3,45	2,70	0,79	0,13
Z2S2E2	7430	28	3,74	3,03	0,78	0,11	Z2S2E2	1970	26	3,27	3,30	0,70	0,21
Z2S2E3	2540	39	4,45	4,97	0,84	0,06	Z2S2E3	1380	14	2,59	1,80	0,68	0,27
Z2S3E1	4550	36	2,91	4,16	0,56	0,32	Z2S3E1	870	16	3,11	2,22	0,78	0,18
Z2S3E2	3840	12	1,63	1,33	0,45	0,52	Z2S3E2	2150	11	0,77	1,30	0,22	0,82
Z2S3E3	1950	15	2,88	1,85	0,74	0,18	Z2S3E3	1350	11	0,94	1,39	0,27	0,77
Z3S1E1	3140	25	2,82	3,10	0,61	0,26	Z3S1E1	9650	14	0,74	1,42	0,20	0,82
Z3S1E2	11410	23	0,97	2,46	0,21	0,78	Z3S1E2	3810	17	2,22	2,06	0,55	0,37
Z3S1E3	4750	23	2,34	2,60	0,52	0,40	Z3S1E3	9050	15	0,65	1,54	0,17	0,85
Z3S2E1	3360	24	3,44	2,83	0,75	0,13	Z3S2E1	340	11	3,15	1,89	0,92	0,13
Z3S2E2	1710	28	3,71	3,63	0,77	0,11	Z3S2E2	960	16	3,19	2,33	0,81	0,13
Z3S2E3	510	16	3,47	2,41	0,87	0,13	Z3S2E3	1230	13	2,99	1,97	0,80	0,15
Z3S3E1	490	11	2,83	1,61	0,82	0,18	Z3S3E1	250	6	2,29	0,91	0,89	0,24
Z3S3E2	450	12	3,24	1,80	0,90	0,12	Z3S3E2	150	4	1,56	0,60	0,78	0,39
Z3S3E3	660	21	3,69	3,23	0,84	0,11	Z3S3E3	210	3	0,55	0,37	0,35	0,82
Z4S1E1	720	26	4,39	3,95	0,94	0,05	Z4S1E1	6520	67	4,68	7,51	0,77	0,07
Z4S1E2	3030	21	3,33	2,62	0,77	0,13	Z4S1E2	1910	33	3,95	4,24	0,78	0,11
Z4S1E3	3100	21	3,39	2,61	0,78	0,13	Z4S1E3	3470	49	3,91	6,01	0,70	0,16
Z4S2E1	2040	21	3,33	2,76	0,76	0,14	Z4S2E1	1910	41	4,55	5,29	0,85	0,06
Z4S2E2	3110	23	3,06	2,86	0,68	0,20	Z4S2E2	2150	41	4,66	5,21	0,87	0,05
Z4S2E3	3410	25	3,62	3,07	0,79	0,11	Z4S2E3	1270	32	4,17	4,34	0,83	0,09
Z4S3E1	830	17	3,6	2,53	0,89	0,10	Z4S3E1	2510	42	4,44	5,37	0,82	0,07
Z4S3E2	3140	21	2,65	2,61	0,62	0,26	Z4S3E2	2110	36	4,01	4,57	0,78	0,10
Z4S3E3	1790	18	3,22	2,40	0,77	0,14	Z4S3E3	2740	36	4,22	4,55	0,82	0,07

Tabla 33. Indicadores ecológicos comunitarios estimados para cada estación de muestreo para las zonas influenciadas y menos influenciadas para OI y PV de la región de Aysén.

OTOÑO - INVIERNO							PRIMAVERA - VERANO						
Estación	Nº individuos	Riqueza Nº especies	Diversidad Shannon-Wiener H' (log2)	Riqueza d (Margalef)	Uniformidad J' (Pielou)	Dominancia λ (Simpson)	Estación	Nº individuos	Riqueza Nº especies	Diversidad Shannon-Wiener H' (log2)	Riqueza d (Margalef)	Uniformidad J' (Pielou)	Dominancia λ (Simpson)
Z5S1E1	2120	21	3,02	2,61	0,69	0,19	Z5S1E1	1350	30	3,79	4,02	0,77	0,13
Z5S1E2	2620	27	3,68	3,30	0,77	0,11	Z5S1E2	2300	22	3,57	2,71	0,80	0,11
Z5S1E3	1950	25	3,47	3,17	0,75	0,15	Z5S1E3	2940	30	3,92	3,63	0,80	0,09
Z5S2E1	1990	36	3,93	4,61	0,76	0,11	Z5S2E1	3190	37	3,58	4,46	0,69	0,17
Z5S2E2	340	9	2,04	1,37	0,64	0,40	Z5S2E2	1350	23	3,81	3,05	0,84	0,10
Z5S2E3	1240	18	2,57	2,39	0,62	0,30	Z5S2E3	1060	23	4,02	3,16	0,89	0,08
Z5S3E1	3160	42	4,57	5,09	0,85	0,06	Z5S3E1	2240	27	3,1	3,37	0,65	0,19
Z5S3E2	1820	27	3,54	3,46	0,74	0,14	Z5S3E2	1270	13	2,67	1,68	0,72	0,21
Z5S3E3	1100	31	4,21	4,28	0,85	0,09	Z5S3E3	2290	31	3,5	3,88	0,71	0,14
Z6S1E1	9080	46	3,48	4,94	0,63	0,16	Z6S1E1	830	29	4,3	4,17	0,89	0,07
Z6S1E2	3700	45	4,16	5,36	0,76	0,09	Z6S1E2	8840	64	3,89	7,04	0,65	0,12
Z6S1E3	5660	36	2,86	4,05	0,55	0,26	Z6S1E3	5200	54	4,3	6,31	0,75	0,09
Z6S2E1	3020	33	3,93	4,12	0,78	0,09	Z6S2E1	2750	36	3,48	4,55	0,67	0,17
Z6S2E2	8270	53	4,43	5,99	0,77	0,07	Z6S2E2	5380	24	2,77	2,91	0,60	0,24
Z6S2E3	4000	44	4,13	5,43	0,75	0,09	Z6S2E3	7400	37	3,37	4,27	0,65	0,16
Z6S3E1	11660	46	3,56	5,02	0,64	0,16	Z6S3E1	2430	42	4,28	5,39	0,79	0,08
Z6S3E2	7580	44	3,79	4,81	0,69	0,12	Z6S3E2	6920	37	3,8	4,07	0,73	0,10
Z6S3E3	4080	41	4,29	4,93	0,80	0,08	Z6S3E3	2810	37	3,58	4,79	0,69	0,16
Z7S1E1	4880	33	2,65	4,00	0,55	0,32	Z7S1E1	5450	12	2,63	1,28	0,73	0,19
Z7S1E2	16980	39	2,47	4,11	0,46	0,29	Z7S1E2	2290	17	2,53	2,07	0,62	0,26
Z7S1E3	2830	24	2,99	3,15	0,65	0,21	Z7S1E3	1190	11	2,34	1,41	0,68	0,28
Z7S2E1	1510	30	2,8	3,96	0,57	0,34	Z7S2E1	2050	10	1,78	1,18	0,54	0,42
Z7S2E2	6090	48	4,02	6,20	0,73	0,09	Z7S2E2	590	15	3,29	2,19	0,84	0,14
Z7S2E3	4700	38	4,15	4,97	0,78	0,07	Z7S2E3	2370	16	2,15	1,93	0,54	0,42
Z7S3E1	1480	24	3,18	3,15	0,69	0,21	Z7S3E1	4560	22	2,88	2,49	0,65	0,19
Z7S3E2	2450	26	2,47	3,20	0,53	0,35	Z7S3E2	5520	37	2,93	4,18	0,56	0,25
Z7S3E3	5320	41	3,84	4,90	0,73	0,12	Z7S3E3	6460	27	2,52	2,96	0,53	0,33
Z8S2E1	1770	26	3,88	3,34	0,83	0,10	Z8S2E1	90	8	2,95	1,56	0,98	0,14
Z8S2E2	2110	16	2,22	2,09	0,55	0,34	Z8S2E2	0	0				
Z8S2E3	4780	48	4,26	5,55	0,76	0,09	Z8S2E3	150	9	3,01	1,60	0,95	0,14
Z8S2E4	3820	50	4,49	6,06	0,80	0,07	Z8S2E4						
Z8S3E0	4270	33	2,82	3,83	0,56	0,27	Z8S3E0						
Z8S3E1	930	27	3,76	3,80	0,79	0,14	Z8S3E1	1160	15	3,14	1,98	0,80	0,16
Z8S3E2	3490	20	2,27	2,33	0,53	0,41	Z8S3E2	1010	18	3,32	2,46	0,80	0,14
Z8S3E3	2300	35	4,15	4,39	0,81	0,08	Z8S3E3	690	14	2,87	1,99	0,75	0,23
Z8S3E4	3320	37	4,03	4,44	0,77	0,11	Z8S3E4						

Tabla 34. Resumen de estadísticos descriptivos para los indicadores comunitarios diferenciando zonas influenciadas y menos influenciadas.

Estadísticos descriptivos	Riqueza Influenciada	Riqueza Menos Influenciada	Diversidad Influenciada	Diversidad Menos Influenciada	Dominancia Influenciada	Dominancia Menos Influenciada
N	69	72	68	72	68	72
Mínimo	0	3	0,77	0,55	0,06	0,05
Percentil 25%	16	21	2,635	3,03	0,11	0,09
Mediana	24	27	3,055	3,565	0,19	0,13
Percentil 75%	35	37	3,82	3,995	0,2875	0,1875
Máximo	50	67	4,49	4,68	0,82	0,85
Promedio	24,86	28,78	3,094	3,395	0,2256	0,1839
Desviación estándar	11,14	13,4	0,8144	0,9214	0,1527	0,1742
Limite inferior del Intervalo de confianza 95% del promedio	22,18	25,63	2,897	3,178	0,1886	0,143
Limite superior del Intervalo de confianza 95% del promedio	27,53	31,93	3,291	3,611	0,2626	0,2248
Limite inferior del Intervalo de confianza 95% de la mediana	20	23	2,88	3,39	0,14	0,11
Limite superior del Intervalo de confianza 95% de la mediana	28	32	3,29	3,79	0,22	0,15
Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk normality (W)	0,9799	0,9786	0,9641	0,8856	0,8321	0,6133
Valor de P	0,3296	0,2577	0,0473	<0,0001	<0,0001	<0,0001

VI.4. OBJETIVO 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.

Relación entre presión ambiental y estado del sistema bentónico

El mejor ajuste de la relación entre potencial redox frente a los cambios en %MOT fue una función exponencial negativa ($R^2 = 0,3$). Esta relación también fue constatada con datos solicitados a SERNAPESCA de INFAs (Fig. 39). Estos resultados muestran que existe una relación entre la presión ambiental y el estado del sistema bentónico.

Relación entre estado del sistema bentónico e indicador de impacto

Los resultados del análisis de regresión lineal simple muestran que existe una relación significativa de AMBI con potencial redox ($R^2 = 0,34$) (Tabla 35 y Fig. 40). Estos resultados indican que el redox es una variable que puede ser utilizada como indicador del estado del sistema bentónico porque el indicador de impacto del sistema muestra un cambio significativo asociado a cambios de redox, en el rango de valores analizado en este estudio.

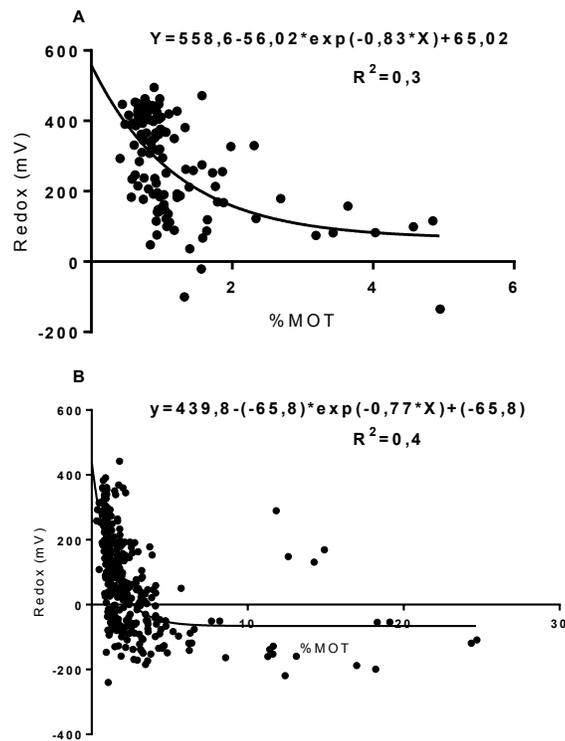


Figura 39. Relación entre potencial redox (mV) y porcentaje de materia orgánica total (%MOT) para los datos colectados en este estudio (A) y para datos obtenidos desde INFAs (B)

Tabla 35. Resultados del análisis de regresión entre AMBI y potencial redox.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	1	48,647	48,647	72,172	< 0,0001
Error	138	93,017	0,674		
Total corregido	139	141,664			

Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Intervalo confianza (95%)
Intercepción	3,842	0,143	26,824	< 0,0001	3,6 - 4,1
Redox	-0,004	0,000	-8,495	< 0,0001	(-0,005) (-0,003)

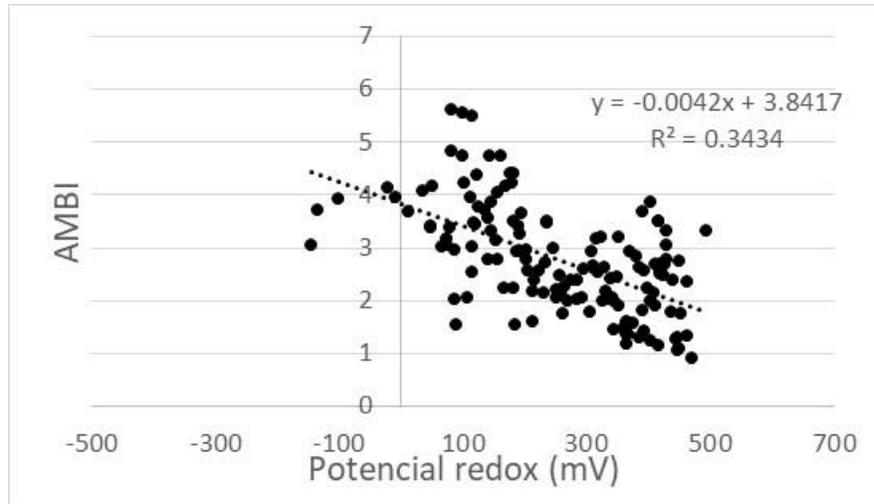


Figura 40. Relación entre AMBI y potencial redox (mV)

La Figura 41 muestra el análisis de regresión con el intervalo de confianza para la línea de regresión (A) y la relación entre el valor de AMBI observado y el predicho por el modelo de regresión. A modo de evaluar el impacto de las desviaciones del valor predicho respecto del observado se analizó los casos en los que la desviación es mayor a 1,3 (positiva y negativa). Los resultados indican que existe una mayor frecuencia de predicciones que sobreestiman el valor del AMBI, con algunos casos más extremos en los cuales se estaría clasificando el lugar como moderadamente perturbado en lugar de levemente perturbado (Tabla 36). Subestimaciones del AMBI son menos frecuentes, pero son de mayor magnitud. Existen 11 casos para los cuales el estado ecológico del sistema bentónico sería clasificado como levemente perturbado en lugar de moderadamente perturbado y 3 casos en los cuales se categorizaría el sistema como moderadamente perturbado en lugar de altamente perturbado (Tabla 36).

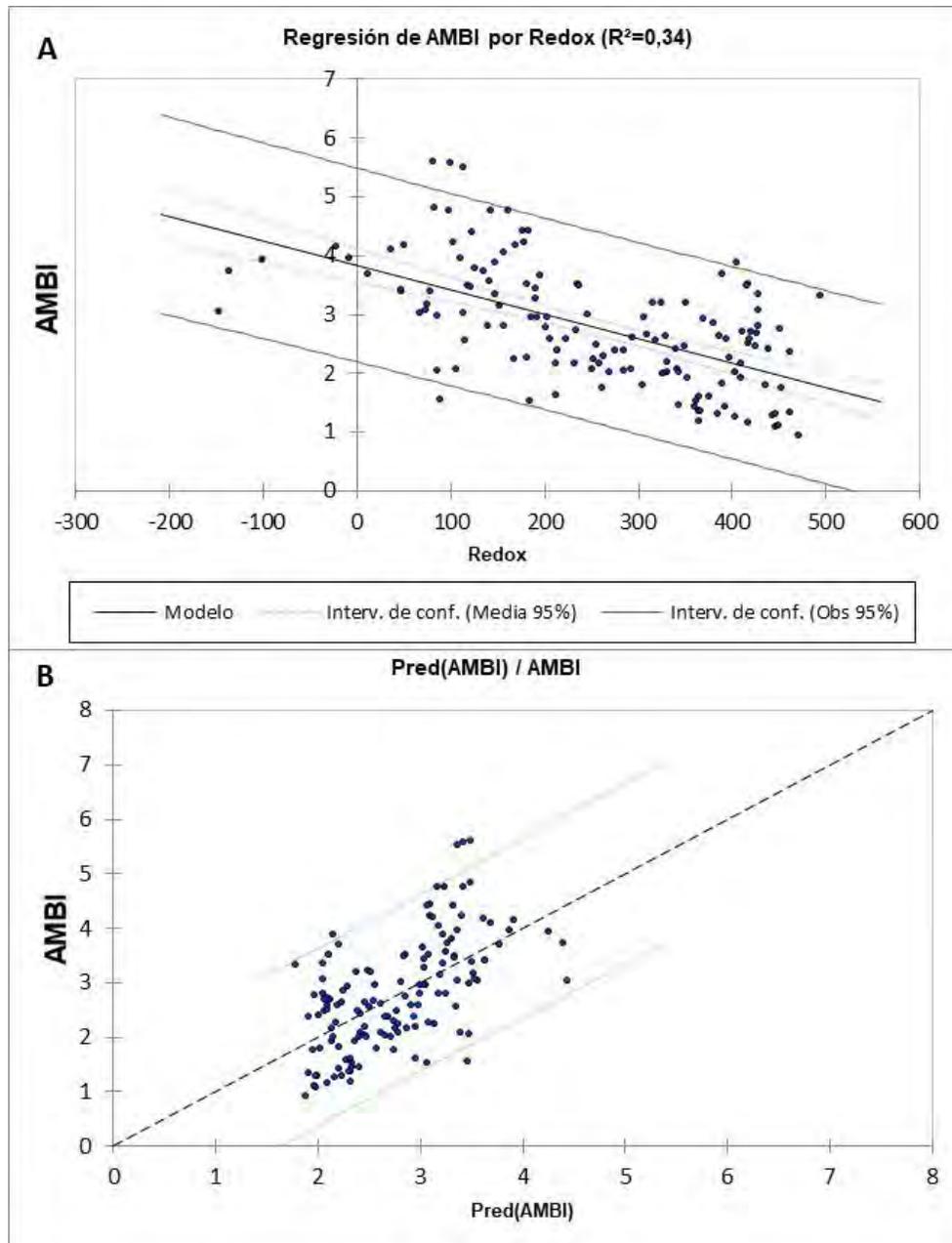


Figura 41. (A) Regresión lineal entre AMBI y potencial redox (mV) (línea continua negra) con el intervalo de confianza para la media predicha (línea quebrada) y para los valores observados (línea continua gris). (B) Valores del AMBI observados versus el predicho por el modelo de regresión.

Tabla 36. Valor de AMBI observado y predicho desde la relación AMBI y potencial redox para aquellos casos en los que el residuo fue mayor a 1,3 (positivo y negativo). Gris claro indica valores predichos mayores que los observados y gris oscuro indica valores predichos menores que los observados.

Redox	AMBI	Pred(AMBI)	Residuo
184,571	1,525	3,075	-1,550
89,196	1,533	3,471	-1,938
211,987	1,603	2,961	-1,358
86,649	2,035	3,482	-1,447
106,422	2,063	3,400	-1,337
-145,700	3,032	4,447	-1,415
494,734	3,307	1,786	1,521
428,685	3,333	2,061	1,272
416,300	3,487	2,112	1,375
417,436	3,506	2,108	1,398
390,658	3,674	2,219	1,455
404,920	3,860	2,160	1,700
183,067	4,405	3,081	1,324
177,116	4,417	3,106	1,311
98,700	4,750	3,432	1,318
143,524	4,750	3,245	1,505
162,539	4,751	3,166	1,585
82,552	4,816	3,499	1,317
114,787	5,500	3,365	2,135
99,903	5,558	3,427	2,131
81,568	5,598	3,503	2,095

El análisis de regresión para datos ordinales muestra que existen diferencias significativas entre los modelos nulo, modelo saturado y el modelo seleccionado, siendo el modelo que incluye las variables nivel de influencia, Redox y el índice comunitario de Simpson, el modelo más informativo sobre el estado ecológico del sistema bentónico según la categorización de AMBI (Tabla 37). Los resultados predichos por modelo representan la probabilidad de que una estación de muestreo sea clasificada en una de las categorías del AMBI.

Tabla 37. Regresión multinomial para categorías ordenadas de AMBI (DC), aplicando el modelo de regresión para datos ordinales (McCullagh, 1980). AIC, Índice de información de Akaike.

Modelo	Variables	Número parámetros	AIC	LR.stat	df	Pr(>Chisq)
Modelo nulo	DC ~ 1	3	240			
Modelo seleccionado	DC ~ Influencia + REDOX + Simpson	6	192	54,052	3	1,09E-11
Modelo Saturado	DC ~ Region + Influencia + Campana + Profundidad + Fango + REDOX + Temperatura + PH + Richness + Diversity + Pielou + Simpson	15	208	1,1965	6	0,9771

El modelo predice probabilidades muy similares a las observadas tanto para las áreas influenciadas como menos influenciadas (Fig. 42). En las áreas menos influenciadas se observa y predice claramente una mayor probabilidad de encontrar estaciones de muestreo levemente perturbadas comparadas con las zonas influenciadas, donde existe una mayor probabilidad de encontrar estaciones moderadamente perturbadas. También destaca el hecho de que en las zonas no influenciadas se pueden observar estaciones no perturbadas y en las zonas influenciadas estaciones altamente perturbadas.

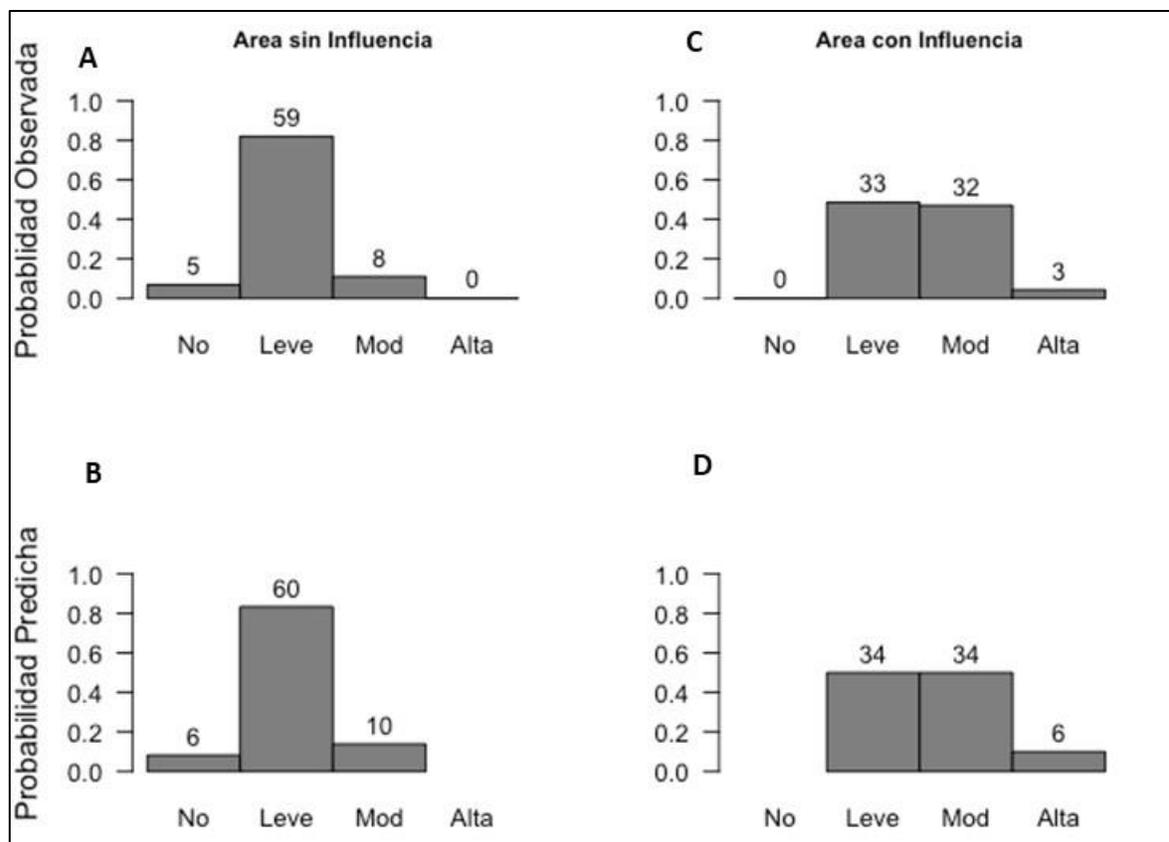


Figura 42. Probabilidad observada y predicha obtenida usando el modelo de regresión ordinal seleccionado para las zonas menos influenciada (A y B) e influenciada (C y D) de que una estación sea clasificada como no perturbada (No), Levemente perturbada (Leve), Moderadamente perturbada (Mod) y Altamente perturbada (Alta). Los números sobre las barras representan la probabilidad llevada a número de casos en función del número de datos analizados.

Al fijar el valor del índice de dominancia (0,14) para cada área de influencia se obtuvo una predicción de cada una de las categorías de perturbación definidas por el AMBI en función del potencial redox (Fig. 43). Las curvas predichas muestran que la probabilidad de encontrar estaciones no perturbadas es similar en zonas menos influenciadas e influenciadas en condiciones de redox negativos pero esta probabilidad aumenta más rápidamente en zonas menos influenciadas cuando el redox aumenta, a partir de aproximadamente 100 mV. La curva que representa el estado ecológico de levemente perturbada muestra que al aumentar el redox aumenta la probabilidad de encontrar estaciones levemente perturbadas más rápidamente en zonas menos influenciadas y que a partir de cierto nivel de redox (400 mV) el estado ecológico empieza a ser reemplazado por el estado no perturbado. Este reemplazo no se observa en las zonas influenciadas bajo el rango de redox analizados. La probabilidad asociada al estado ecológico moderadamente perturbado cambia menos rápidamente en las zonas influenciadas bajo condiciones de

redox negativos respecto de las zonas menos influenciadas. La probabilidad asociada al estado ecológico altamente perturbado alcanza el valor de 0 en ambas zonas. Esta disminución ocurre a medida que aumenta el potencial redox pero se alcanza más rápidamente en las zonas menos influenciadas.

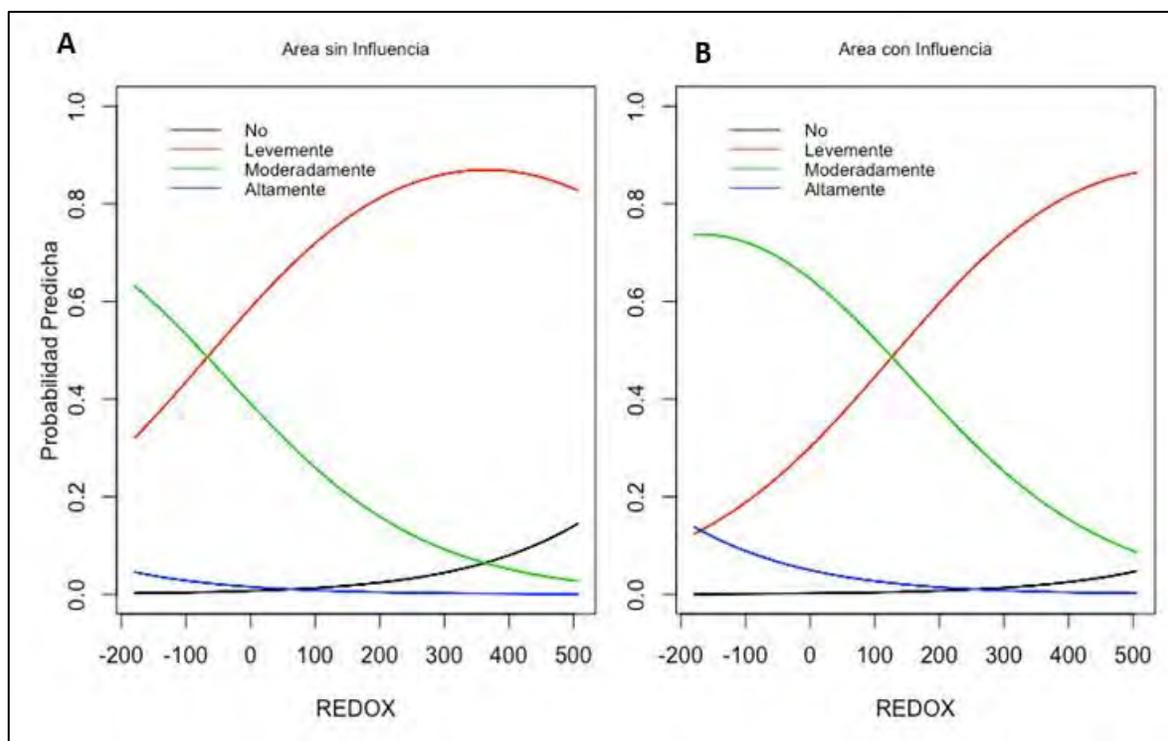


Figura 43. Predicción por el modelo de regresión ordinal seleccionado de la probabilidad de una estación de ser clasificada en alguna de las categorías definidas por el AMBI en función del potencial redox y fijando el valor del índice de dominancia de Simpson en el promedio obtenido desde los datos originales para zonas menos influenciadas (A) e influenciadas (B).

El modelo también fue usado para estimar el valor de AMBI cuando se fija el índice de Simpson en el valor promedio de los datos analizados (0,14) y el potencial redox en 50 mV, valor que establece el RAMA (Tabla 38). Los resultados indican que bajo estas condiciones la probabilidad de

- Encontrar una estación moderadamente perturbada en las zonas influenciadas es casi el doble que aquella en las zonas menos influenciadas (Tabla 38).
- La probabilidad de encontrar una estación altamente perturbada en las zonas influenciadas es más del doble que aquella en la zona menos influenciada.

Tabla 38. Probabilidad predicha por el modelo de regresión para datos ordinales sobre el estado ecológico en zonas menos influenciadas e influenciadas utilizando el valor medio del índice de Simpson y un potencial de REDOX de 50 mV.

Influencia	Índice Simpson	REDOX	No Perturbado	Levemente	Moderadamente	Altamente
Menos	0,14	50	0,00966	0,65680	0,32223	0,01130
Influenciada	0,14	50	0,00291	0,37088	0,58935	0,03686

Estos resultados sugieren que la metodología utilizada para diseñar el monitoreo en términos de selección de zonas influenciadas y menos influenciadas permitió distinguir diferencias significativas entre las zonas en términos de su estado ecológico. Las zonas influenciadas presentan potencial redox menor, mayor valor de AMBI, mayor índice de dominancia y mayor porcentaje de materia orgánica que las zonas no influenciadas. En las zonas influenciadas el estado ecológico que es más frecuente de observar es el de moderadamente perturbado, y a diferencia de las zonas menos influenciadas es posible encontrar estaciones altamente perturbadas. Los resultados también sugieren que los cambios que puede experimentar una comunidad macrobentónica, en términos de la probabilidad de que una estación de muestreo se encuentre en un estado ecológico dado, frente a un gradiente de redox es diferente dependiendo de si se está en una zona influenciada o menos influenciada. Esto sugiere que dichos cambios están influenciados por alguna variable no considerada en el estudio, o bien que no resultó significativa.

De acuerdo al modelo de regresión para datos ordinales, el sedimento de una zona influenciada que presente un valor de 50 mV de redox, que constituye un referente de la normativa actual para evaluar el desempeño de la acuicultura, tiene una alta probabilidad de presentar un estado ecológico moderadamente perturbado. Si se considera como límite de aceptabilidad de 3.3 para el AMBI, entonces para 50 mV se podría inferir que la comunidad se encuentra moderadamente perturbada, excediendo el límite de 3,3.

VI.5. OBJETIVO 4: Ingresar la información obtenida a la base de macrofauna bentónica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

Para el desarrollo de este proyecto se diseñó de acuerdo a metodología mencionada en punto V.4, un modelo nuevo de base de datos considerando el modelo ya trabajado para base de datos de proyecto Macrofauna 2014. Posteriormente este modelo se combinó con la base de datos ya existentes, proceso que se identifica en este apartado. Tanto el diseño lógico como el físico serán representados en un único modelo, que considera las características de las claves foráneas, que es la información que aporta el diseño lógico, y los tipos de datos y características que puedan depender del motor de base de datos, que es aportado por el diseño físico. Esta documentación está presentada para la Base de Datos en formato Access. La documentación de la Base de Datos en SQL Server 2008 se encuentra en Anexo 8.

Diseño Conceptual

Al iniciar el proyecto se diseñaron fichas de trabajo que se utilizarían en las campañas en terreno y para el análisis de Taxónomos. De estas fichas se obtuvieron los datos que se almacenarían. Además de estas fichas, el análisis de laboratorio igual entrega datos que deben ser considerados en el modelo de la Base de Datos.

A través del análisis de los elementos mencionados, se obtuvieron varias versiones de modelos conceptuales, los que fueron siendo validados en base a las consultas que se debían construir para la obtención de indicadores ecológicos.

Para el diseño del modelo se usó el software Navicat Data Modeler y Power Designer. La notación usada en esta herramienta de software para la representación del modelo conceptual es IE (Crow's Foot), que es la más similar a la utilizada en la metodología.

En la Figura 44 se presenta el conjunto de entidades que componen el modelo conceptual de la Base de Datos. En la Tabla 39 se encuentra la descripción de cada entidad.

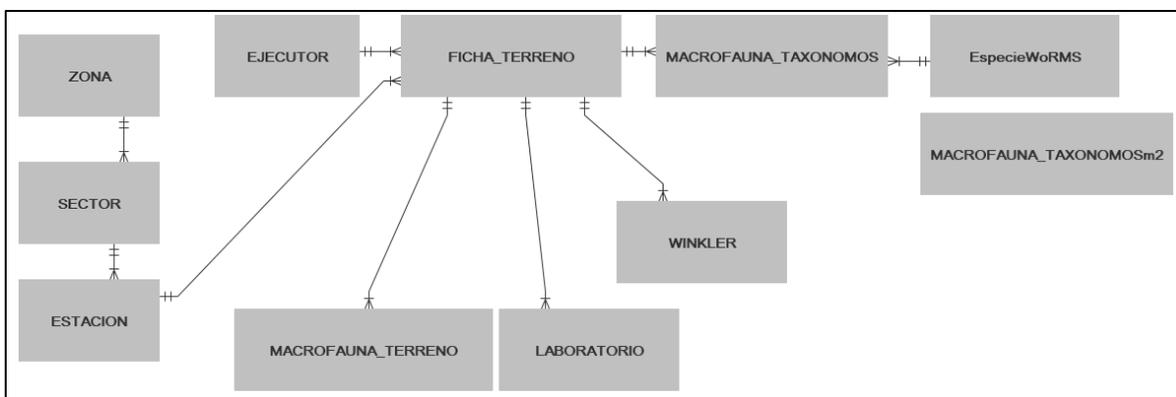


Figura 44. Modelo de entidades de BD (modelo conceptual)

Tabla 39. Entidades incluidas en el modelo y breve descripción

Nombre de Entidades	Descripción
Zona	Muestra los nombres asignados a las zonas trabajadas
Sector	Muestra los nombres asignados a los sectores trabajados
Estacion	Muestra los nombres asignados a las estaciones trabajadas
FichaTerreno	Identifica cada salida a terreno, señalando fecha, responsable, campaña, entre otros
EspecieWoRMS	Nombre de las Especies descritas en WoRMS y que son identificadas por Taxónomos. Contiene clasificación disponible en base de datos de proyecto Macrofauna del 2014
Titulo	Identificación de Título que corresponde a proyecto FIPA 2016-02
MacrofaunaTaxonomos	Contiene la abundancia y biomasa para cada Especie identificada en cada réplica aplicada en terreno
MacrofaunaTaxonomosM2	Contiene la abundancia y biomasa por metro cuadrado para cada Especie identificada en cada réplica aplicada en terreno
MacrofaunaTerreno	Identifica datos de la muestra en terreno, como color, textura, entre otros, los que son de cada réplica realizada
Laboratorio	Contiene la información de granulometría y %MOT de muestras tomadas en cada terreno
Winkler	Contiene información de Oxígeno y Temperatura con metodología Winkler que fue aplicada en cada réplica

Diseño Lógico y Físico

El modelo que representa las consideraciones del diseño lógico y físico se presenta a través del diagrama de Figura 45. La descripción de los atributos que corresponden a cada tabla de este modelo se detalla en la Tabla 40.

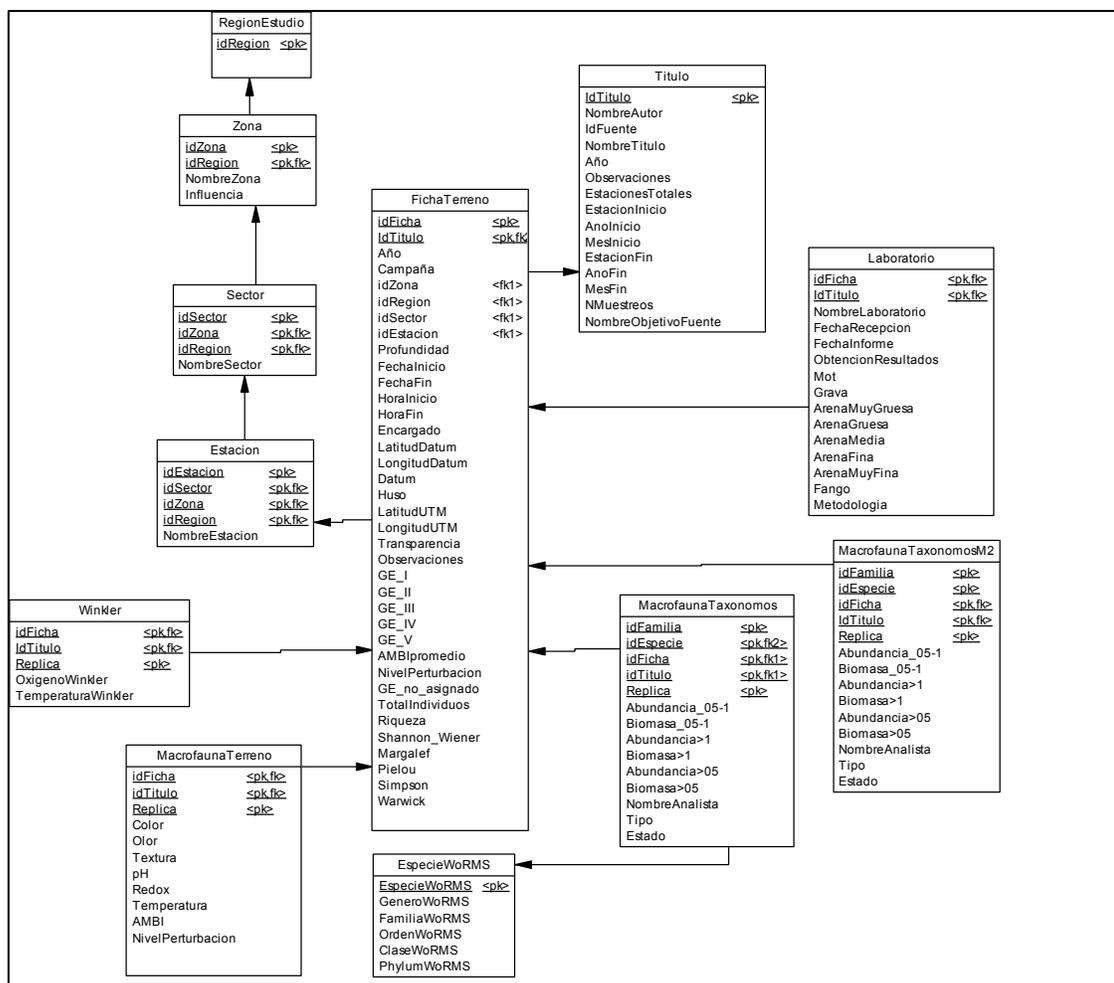


Figura 45. Modelo Lógico y Físico

Tabla 40: Detalle de Atributos y sus características

Tabla	Atributo	Descripción (no se repetirá para claves foráneas)	Tipo (Tamaño)	Clave Primaria/Foránea
Zona	idRegion	Número romano de la región en la que se encuentra una zona	Texto corto (3)	Primaria/Foránea
	idZona	Número correlativo que identifica a una zona	Texto corto (2)	Primaria
	NombreZona	Nombres reconocidos de lugares que agrupan a sectores analizados	Texto corto (40)	
	Influencia	Clasificación de influencia de la acuicultura en la zona	Número	
Sector	idSector	Número correlativo que identifica a un sector	Texto corto (2)	Primaria

	idZona		Texto corto (2)	Primaria/Foránea
	idRegion		Texto corto (3)	Primaria/Foránea
	NombreSector	Nombre de localidad más cercana a centro de cultivo	Texto corto (40)	
Estacion	idEstacion	Número correlativo que identifica a una estación	Texto corto (2)	Primaria
	idZona		Texto corto (2)	Primaria/Foránea
	idRegion		Texto corto (3)	Primaria/Foránea
	idSector		Texto corto (2)	Primaria/Foránea
	NombreEstacion	Punto de muestreo	Texto corto (40)	
EspecieWoRMS	EspecieWoRMS	Nombre de Especie en WoRMS	Texto corto (100)	Primaria
	GeneroWoRMS	Nombre de Género en WoRMS	Texto corto (255)	
	FamiliaWoRMS	Nombre de Familia en WoRMS	Texto corto (255)	
	OrdenWoRMS	Nombre de Orden en WoRMS	Texto corto (255)	
	ClaseWoRMS	Nombre de Clase en WoRMS	Texto corto (255)	
	PhylumWoRMS	Nombre de Phylum en WoRMS	Texto corto (255)	
Ficha_Terreno	idFicha	Identificador correlativo de la Ficha de Terreno	Número	Primaria
	idTitulo		Número	Foránea
	idEstacion		Texto corto (2)	Foránea
	idZona		Texto corto (2)	Foránea
	idRegion		Texto corto (3)	Foránea
	idSector		Texto corto (2)	Foránea
	Año	Año en que fue recolectada la muestra de Terreno	Número	
	Campaña	Corresponde a Otoño Invierno o Primavera Verano de los años en los que fueron realizados los Terrenos	Texto corto (12)	
	FechaInicio	Fecha de partida de Terreno	Fecha Corta	
	FechaFin	Fecha de fin de Terreno	Fecha Corta	
	HoraInicio	Hora de partida de Terreno	Hora Corta	
	HoraFin	Hora de fin de Terreno	Hora Corta	

	Encargado	Nombre del Encargado del Terreno	Texto corto (50)	
	Profundidad	Distancia entre superficie de la columna de agua y el sistema bentónico	Decimal (6,3)	
	LatitudDatum	Coordenada geográfica "y" de punto de muestro	Texto corto (10)	
	LongitudDatum	Coordenada geográfica "x" de punto de muestro	Texto corto (10)	
	Datum	Sistema de referencia de coordenadas geográficas	Texto corto (10)	
	Huso	Zona UTM de las coordenadas de los puntos de muestro	Texto corto (10)	
	LatitudUTM	Coordenada UTM "y" de punto de muestro	Decimal (12,6)	
	LongitudUTM	Coordenada UTM "x" de punto de muestro	Decimal (14,6)	
	Transparencia	Profundidad de lectura del disco Secchi	Decimal (3,1)	
	Observaciones	Anotaciones en el Terreno	Texto Largo	
	GE_I	% de individuos pertenecientes al grupo ecológico I	Decimal (4,1)	
	GE_II	% de individuos pertenecientes al grupo ecológico II	Decimal (4,1)	
	GE_III	% de individuos pertenecientes al grupo ecológico III	Decimal (4,1)	
	GE_IV	% de individuos pertenecientes al grupo ecológico IV	Decimal (4,1)	
	GE_V	% de individuos pertenecientes al grupo ecológico V	Decimal (4,1)	
	AMBIPromedio	AMBI calculado en base a las tres réplicas de cada estación	Decimal (4,3)	
	NivelPerturbacion	Interpretación del AMBI promedio	Texto corto (50)	
	GE_no_asignado	% de individuos de la muestra que quedaron sin asignar grupo ecológico	Decimal (3,1)	
	TotalIndividuos	Abundancia de todas las especies	Número	
	NumeroEspecies	Número de especies de la muestra (riqueza)	Número	
	ShannonWiener	Indicador ecológico comunitario de diversidad	Decimal (3,2)	

	Margalef	Indicador ecológico comunitario de riqueza	Decimal (3,2)	
	Pielou	Indicador ecológico comunitario de equitabilidad	Decimal (3,2)	
	Simpson	Indicador ecológico comunitario de dominancia	Decimal (3,2)	
	Warwick	W: estadístico que indica si el área en estudio se encuentra sin estrés ($W > 0$), moderadamente estresada (W aproximadamente 0) y fuertemente estresada ($W < 0$) en base a las curvas de abundancia y biomasa.	Decimal (3,2)	
Winkler	idFicha		Número	Primaria/Foránea
	idTitulo		Número	Primaria/Foránea
	Replica	Número de réplica	Número	Primaria/Foránea
	OxígenoWinkler	Concentración de oxígeno a 1 mt del fondo en miligramos por ml	Decimal (6,4)	
	TemperaturaWinkler	Temperatura °C	Decimal (4,2)	
Macrofauna terreno	idFicha		Número	Primaria/Foránea
	idTitulo		Número	Primaria/Foránea
	Replica		Número	Primaria/Foránea
	Color	Color del sedimento (amarillo pálido, gris, café o negro)	Texto corto (20)	
	Olor	Olor de sedimento (sin olor, leve/sin olor moderado, fuerte o muy fuerte)	Texto corto (20)	
	Textura	Textura (grava, arena, fango o arena/fango)	Texto corto (20)	
	pH	pH del sedimento	Decimal (4,3)	
	Redox	Disponibilidad de oxígeno en el sedimento	Decimal (8,5)	
	Temperatura	Temperatura del sedimento en °C	Decimal (3,1)	
	AMBI	AMBI de réplica	Decimal (8,5)	
	NivelPerturbacion	Interpretación de AMBI en réplica	Texto corto (100)	
Laboratorio	idFicha		Número	Primaria/Foránea
	idTitulo		Número	Primaria/Foránea
	NombreLaboratorio	Nombre de laboratorio donde se analizan las muestras	Texto Corto (50)	
	FechaRecepcion	Fecha en que se reciben las muestras	Fecha Corta	

	FechaInforme	Fecha en que se envía las muestras	Fecha Corta	
	ObtenciónResultados	Fecha en que se obtuvieron las muestras	Fecha Corta	
	Mot	% materia orgánica total del sedimento	Decimal (5,3)	
	Grava	% de tamaño de partícula en sedimento que corresponde a 2 mm	Decimal (5,3)	
	ArenaMuyGruesa	% de tamaño de partícula en sedimento que corresponde a 1 mm	Decimal (5,3)	
	ArenaGruesa	% de tamaño de partícula en sedimento que corresponde a 0,5 mm	Decimal (5,3)	
	ArenaMedia	% de tamaño de partícula en sedimento que corresponde a 0,25 mm	Decimal (5,3)	
	ArenaFina	% de tamaño de partícula en sedimento que corresponde a 0,125 mm	Texto Corto (255)	
	ArenaMuyFina	% de tamaño de partícula en sedimento que corresponde a 0,063 mm	Texto Corto (255)	
	Fango	% de fango en sedimento	Texto Corto (100)	
	Metodologia	Metodología para realizar clasificación de sedimento	Número	
Macrofauna taxonomos	idFamilia	Familia identificada por expertos	Texto Corto (10)	
	NombreEspecie		Texto Corto (100)	Primaria/Foránea
	idFicha		Número	Primaria/Foránea
	idTitulo		Número	Primaria/Foránea
	Replica		Número	Primaria/Foránea
	Abundancia_05-1	Cantidad de individuos en la fracción de la muestra de 0,5 a 1 mm	Número	
	Biomasa_05-1	Peso de la fracción de la muestra de 0,5 a 1 mm en miligramos	Decimal (8,5)	
	Abundancia>1	Cantidad de individuos en la fracción de la muestra mayor a 1 mm	Número	
	Biomasa>1	Peso de la fracción de la muestra mayor a 1 mm en miligramos	Decimal (8,5)	
	Abundancia>05	Suma de abundancia_05-1 y abundancia>1	Calculado: abundancia_05-1+	

			abundancia>1	
	Biomasa>05	Suma de biomasa_05-1 y biomasa>1	Calculado: biomasa_05-1+ biomasa >1	
	NombreAnalista	Dr. Javier Sellanes (moluscos) Dr. Jorge Pérez (crustáceos) Dr. Eulogio Soto (anélidos)	Texto Corto (50)	
	Tipo	Si la especie pertenece a crustáceos, anélidos o moluscos	Texto Corto (80)	
	Estado	Si hay duda o no en la identificación de la Especie	Texto Corto (50)	

Implementación en Motor de Base de Datos

Posterior al diseño físico se implementó en el motor de base de datos el conjunto de tablas que se obtuvieron. Se entrega en formato Microsoft Access 2010 y archivo de backup en formato SQL Server, de acuerdo a los requerimientos de la contraparte.

En este momento es cuando esta base de datos se integró a la base de datos del proyecto Macrofauna del año 2014, utilizando las tablas de RegionEstudio y Especie WoRMS como parte de la combinación de ambas bases de datos.

Validación de BD

De acuerdo a la metodología utilizada, se puede realizar un proceso de diseño de transacciones para validar el diseño generado para la base de datos. Esto consiste en construir un listado de consultas que se quieren realizar a la base de datos y revisar el modelo para ver si se pueden implementar. Las consultas que se consideraron fueron las solicitadas por el equipo del proyecto y que están relacionadas con la obtención de indicadores ecológicos, más algunas solicitadas en Taller de Transferencia.

Consultas

- Abundancia por m² por zona y campaña
- Biomasa por m² por zona y campaña
- Promedios de atributos de pH, Redox y Temperatura por zona, sector y estación por campaña
- Granulometría y % materia orgánica total por zona, sector y estación por campaña
- Especie con información asociada

Las respuestas a estas consultas fueron analizadas, entregando correctamente los datos necesarios.

Importación de Datos desde Excel

Para la importación de datos se utilizaron módulos de programación Visual Basic for Application, los que se encuentran en la sección de módulos de archivo MS Access.

Pruebas de Importación

Cada vez que se ejecuta un módulo para la importación de datos se establece una comprobación de totales de datos como cantidad de datos y/o totales del conjunto de datos cuando son solo numéricos para comprobar que se ha realizado un traspaso correcto y completo de los datos de los archivos Excel.

Formularios de Visualización de Datos en MS Access

Para un acceso más directo de parte de usuarios que no tengan conocimientos en bases de datos, se diseñó un conjunto de formularios con los cuales se puede interactuar con las consultas. Este conjunto se basa en un formulario principal donde se puede elegir a que conjunto de consultas se quiere dirigir el usuario, ver Figura 46.



Figura 46. Visualización Base Datos

Una vez elegida la opción de consultas, se visualiza un formulario en el que se puede elegir una consulta y visualizarla como hoja de datos, además de poder exportar a Excel el resultado de dicha consulta, ver Figura 47.

The image displays a software interface for macrofauna data analysis. It features several panels with buttons for different types of queries, and an Excel spreadsheet showing the results of a query.

Macrofauna

Consultas de Especies

- Citadas por Región (Excel)
- Citadas y sus Géneros (Excel)
- Acordadas en Títulos (Excel)
- en Granulometría (Excel)

Consultas Títulos

- por Fuente de Información (Excel)
- Autores por Región (Excel)
- con registro a nivel (Excel)

Consultas Resúmenes

- Especies acordadas por Región (Excel)
- Especies acordadas por Tipo de Fuente (Excel)
- Especies Citadas por Región (Excel)

Especies Citadas por Region

NombreRegi	EspecieCitada
	Abarenicola affinis chilensis
	Abarenicola cf. Assimilis
	Aricidea pigmentata
	Betaeus truncatus
	Biffarius pacificus
	Blepharipoda spinimana
	Branchiostoma elongatum
	Caecum chilense
	Cancellaria buccinoides
	Cancer coronatus
	Cancer edwardsi
	Cancer setosus
	Crassilabrum crassilabrum
	Crepidula dilatata
	Crepidatella dilatata
	Crucibulum quiriquinae
	Diopatra chilensis
	Diopatra obliqua
	Dipolydora socialis
	Emerita analoga

Otras Consultas

- Autores y número
- % nombres distintos

Excel Output:

NombreRegion	EspecieCitada
	Abarenicola affinis chilensis
	Abarenicola cf. Assimilis
	Aricidea pigmentata
	Betaeus truncatus

Figura 47. Ejecución de consultas y sus salidas

VI.6. OBJETIVO 5. Transferir el modelo de evaluación de la condición ambiental, en base al AMBI, a los usuarios de las entidades gubernamentales con competencia en la evaluación ambiental.

Taller Transferencia: Aplicación e interpretación del índice Azti Marine Biotic Index [AMBI]

El taller de transferencia se realizó el miércoles 04 de julio de 2018, en la ciudad de Valparaíso en el Restaurante Puro Café, ubicado en un lugar céntrico de la ciudad. Se socializó el programa de trabajo con la contraparte técnica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, en específico la Unidad de Medio Ambiente de la División de Acuicultura, y se procedió a preparar las invitaciones.

Las invitaciones fueron extendidas por la Subsecretaría, quien invitó a agentes públicos del Servicio Nacional de Pesca; Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de Chile, Instituto de Fomento Pesquero y del Ministerio de Medio Ambiente.

Apelando a la metodología de trabajo propuesta, el número óptimo de participantes era de 20 personas, se contó con la participación de 13 profesionales, no participaron del taller representantes del Ministerio de Medio Ambiente y del IFOP. Detalle de la invitación, programa de trabajo y listado de participantes ver en Anexo 4. El taller tuvo una duración de 9 horas en total, incluido el almuerzo.

Previo al taller se envió a los participantes toda la bibliografía contemplada en el curso, para su revisión previa. Adicionalmente se envió las instrucciones para que bajen el software del AMBI en sus portátiles y realizar sin inconvenientes los ejercicios prácticos, además se envió diferentes planillas Excel con listado de especies [extraídas de las planillas generadas en el proyecto FIPA 2016-02] y se asignó a cada participante una planilla para su ejercicio en el taller. Se entregó a los participantes una carpeta con el programa de trabajo y un “Manual para la estimación del Indicador Biótico AZT Marine Biotic Index [AMBI] para la Acuicultura en Chile: Muestreo; Análisis, Cálculo e Interpretación” - diseñado y editado en el proyecto FIC R-2012 – y una hoja explicativa de la dinámica grupal a desarrollar al final de la jornada académica.

En general hubo una amplia y activa participación tanto en las consultas a los expositores y los ejercicios prácticos realizados.

El taller fue conducido por el Dr. Angel Borja, gestor del AMBI e investigador de la Fundación AZTI Tecnalia y la Directora del proyecto FIPA 2016 -02 la Académica Sandra Marín. Expuso también el modelo y eventual uso de la base de datos de Macrofauna Bentónica y la base de datos del proyecto – que estaba en desarrollo - la académica Claudia Zil.

Una vez realizado los ejercicios prácticos se procedió a realizar una dinámica grupal, la encargada de Gestión Tecnológica del proyecto, Estrella Hernández, condujo la dinámica que tenía como único

propósito que los participantes evaluaran de manera conjunta eventuales usos y aplicaciones del AMBI en el sistema nacional. Mayores detalles ver Anexo 4.

Se solicitó a los grupos lo siguiente:

1. Identifiquen [mínimo 3, máximo 5] y priorice en escala de importancia o urgencia [1 muy importante y 5 menos importante] escenarios/situaciones en que Uds. aplicarían el AMBI, porque les sería de utilidad para el desempeño institucional en la gestión ambiental del borde costero.
2. Identifique y justifique los 3 principales problemas que tiene el sistema actual para aplicar el AMBI en las situaciones descritas en la pregunta 1
3. Entregue al menos una solución/idea, para cada problema identificado.
4. Exponga los resultados a los demás paneles.

Se formaron dos grupos de trabajo con participantes alternados de las tres instituciones [Subpesca; Sernapesca y Directemar].

Resultados de los paneles expuesto por los dos grupos de trabajo.

En términos generales el taller de trabajo tuvo una activa participación de los agentes públicos y permitió a los ejecutivos socializar y visualizar desde sus respectivos ámbitos de competencia, eventuales usos y aplicaciones del AMBI en la evaluación y gestión ambiental del ambiente marino. Reconocen que es el Ministerio de Medio Ambiente, el facultado para coordinar y convocar a las distintas instituciones a la generación de políticas, reglamentos y programas que aúnen esfuerzos en la incorporación de indicadores bióticos para el seguimiento ambiental y que sea utilizado por todas las reparticiones. Las respuestas recogidas se muestran en la Tabla 41.

Tabla 41. Respuestas entregadas por grupos de trabajo

Grupo	Ítem	Respuesta
Grupo 1	Escenarios de aplicación del AMBI	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seguimientos ambientales (PVA; INFAs; Post Derrames; POAL] 2. Líneas bases (CPS; DIA; EIA] 3. Proyectos de investigación [FIPA; ASIPA; FIC]
	Problemas para su aplicación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de un referente, estándar técnico para la credibilidad de la información 2. Identificación taxonómica, asignación de grupos ecológicos 3. Falta de catastro nacional de especie 4. Falta de marco normativo
	Soluciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación a nivel de instituciones del Estado; Consultores ambientales; laboratorios 2. Programa piloto 3. Convenio de cooperación interinstitucional 4. Análisis de normativas para la correcta aplicación del AMBI
Grupo 2	Escenarios de aplicación del AMBI	<ol style="list-style-type: none"> 1. Línea Base seguimiento SEIA 2. Contingencias y mitigación 3. Evaluar efectividad en los planes de descontaminación 4. Repoblamiento / Relocalización
	Problemas para su aplicación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de experiencia en la identificación taxonómica de las especies 2. Base de datos incompleta 3. Desconocimiento de los límites de aceptabilidad de las especies
	Soluciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programa de capacitación y certificación de taxónomos 2. Complementar la norma con los resultados que entrega el AMBI 3. Acordar con los Órganos de la Administración del Estado con competencias ambientales (OAECA)

Taller de Difusión de resultados del proyecto FIPA 2016-02.

El taller de difusión de resultados se realizó el pasado lunes 20 de agosto de 2018 entre las 14:30 y las 18:30 h. en uno de los auditoriums de la Universidad Austral de Chile, Sede Puerto Montt.

Se extendieron invitaciones directas a representantes del sector público, privado y académico – investigativo y se complementó la difusión mediante el envío a medios online relacionados con la industria acuícola donde se adjuntó la invitación, el programa y correo de contacto. Se publicó también en el sitio web de la Universidad Austral de Chile.

Se envió invitación directa a representantes de laboratorios ambientales, empresas productoras de salmón e investigadores. El objetivo del taller fue “Socializar los resultados del proyecto FIPA 2016-02 con agentes públicos, privados y académicos relacionados con el área ambiental del medio marino”

En general generó un espacio de diálogo activo – participativo y se contó con la participación de representantes de Laboratorios ambientales, empresas productoras de salmón e investigadores de IFOP y se analizaron los resultados del proyecto y sus eventuales usos para los agentes del sector. En la Tabla 42 se listan los links de medios de divulgación de la realización del Taller.

Tabla 42. Salida en medios de prensa regional y página institucional. Taller de difusión de resultados:

Tipo	Medio	Fecha	Link
Convocatoria taller	Mundo Acuícola	14/08/2018	http://www.mundoacuicola.cl/new/2018/08/14/realizaran-taller-de-difusion-de-resultados-del-proyecto-fipa-uach-sobre-comunidades-bentonicas-submareales/
	Aqua	14/08/2018	http://www.aqua.cl/2018/08/14/puerto-montt-se-realizara-taller-la-condicion-ambiental-comunidades-bentonicas/
	UACH	13/08/2018	http://www.pmontt.uach.cl/taller-de-difusion-de-resultados-proyecto-fipa-uach-sobre-comunidades-bentonicas-submareales/
Difusión taller	Aqua	23/08/2018	http://www.aqua.cl/2018/08/23/presentan-resultados-proyecto-comunidades-bentonicas/
	UACH	23/08/2018	http://www.pmontt.uach.cl/presentaron-resultados-proyecto-fipa-uach-sobre-comunidades-bentonicas-submareales/
	Mundo Acuícola	24/08/2018	http://www.mundoacuicola.cl/new/2018/08/24/presentaron-resultados-proyecto-fipa-uach-sobre-comunidades-bentonicas-submareales-en-el-auditio-de-pesqueria-de-la-sede-puerto-montt-uach-este-lunes-20-de-agosto-se-desarrollo-el-taller-de-difu/

Otros medios de difusión de resultados.

Es importante señalar que esta línea de investigación la viene desarrollando este grupo de trabajo desde el año 2009, mediante diversos proyectos en donde se aplicó el indicador AMBI para evaluar presiones ambientales de la acuicultura [Proyecto Innova CORFO; FIC Regional].

Los resultados de este proyecto son de gran interés académico y con los datos a la vista resulta interesante publicar en revistas científicas, así como exponer en congresos académicos.

Por esta vía se reitera el interés en utilizar estos medios académicos para la difusión de los resultados expuestos en este proyecto, no obstante, se quedará a la espera de la aprobación del informe final y la autorización formal de Subpesca y FIPA para publicar los resultados en alguna revista de impacto científico, así como la presentación de resultados en el Congreso Nacional de Ciencias del Mar para el año 2019.

VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El cultivo de salmones ha sido una actividad que ha causado preocupaciones por el impacto que puede causar en los ecosistemas en los que se emplaza. Para minimizar los impactos los diferentes países han implementado monitoreos regulares (Chang et al., 2015). Estos monitoreos han estado enfocados en el sistema bentónico debido a que las variables asociadas a este sistema son más fácilmente medibles, especialmente la biodiversidad de la infauna y la geoquímica del sedimento (Wilson et al., 2009). Estos monitoreos en general están enfocados en el impacto de la acuicultura y/o salmonicultura a una escala espacial local, es decir, a escalas de pocos metros del centro de cultivo que involucran tiempos de residencia de las masas de agua de horas. Menos estudios han estado enfocados en la evaluación a escalas espaciales mayores como la de cuerpo de agua, por ejemplo, un fiordo del sur de Chile.

La aproximación utilizada en Chile es la del monitoreo a escala local. Este monitoreo se basa principalmente en variables físicas y químicas del sedimento que tienen límites de aceptabilidad. Un centro de cultivo será evaluado hacia el final del ciclo de engorda en mar. Si la evaluación indica que se han incumplido los límites de aceptabilidad la calificación ambiental será de anaeróbica y el centro no podrá volver a sembrar hasta que demuestre que las variables evaluadas han alcanzado los valores establecidos para volver a sembrar peces. Una mejora sustancial a la evaluación ambiental de la acuicultura en Chile sería la incorporación del componente biótico, ya que una parte importante del análisis de integridad ecológica es medir la integridad biológica, lo que típicamente enfatiza análisis de plancton, macroalgas, bentos y peces (Borja y Dauer, 2008).

De entre las zonas influenciadas analizadas en la región de los Lagos, la Z2 presentó el peor estado ecológico, específicamente en los sectores 2 (Isla Caguach-Isla Quenac) y 3 (Isla Teuquelin). Los valores de los indicadores ecológicos comunitarios en la Z2 muestran sus menores valores para el Sector 3 (S3). Por ejemplo, un valor de riqueza de 12 y 11 durante OI y PV, respectivamente comparada con 39 y 35 en la Z1 para OI y PV, respectivamente. La diversidad muestra un patrón similar, con un valor de 1,63 y 0,77 en OI y PV, respectivamente, comparada con 4,75 y 4,35 en la Z1 durante OI y PV, respectivamente. El Índice AMBI fue el más alto, alcanzando valores de 5,6 en PV, lo que clasifica la estación de ese sector en altamente perturbada (Fig. 33). En esta zona los sectores muestreados incluyeron centros de cultivo de salmónidos de referencia que presentaron biomásas de cultivo al año 2015 fluctuando entre 2.000 y 4.400 t aproximadamente, con una biomasa del Área de Concesiones de Salmónidos (ACS) 9B de 14392 t. La INFA de todos los centros de cultivo de referencia de estas zonas fueron aeróbicos con excepción del centro de referencia del sector 3 en la Z2, Isla Teuquelin que fue anaeróbico (Tabla 4 y 5). Este resultado es coincidente con la peor condición ecológica del S3 en este estudio, Isla Teuquelin. De entre los 3 sectores de la Z2, los S2 y S3 fueron los que presentaron un peor estado ecológico, aun cuando las corrientes reportadas para esos sectores no fueron las más bajas (Tabla 6). Es posible que la condición ecológica esté influenciada por la posición de las estaciones de muestreo, que en estos sectores están más protegidos entre islas que el S1.

En la Z1 de la región de Los Lagos se reportó biomásas de cultivo para los centros de referencia entre 94 t a 2.800 t y todos corresponden al ACS 2. Aunque en el contexto global del estudio, estos centros de referencia no fueron los que reportaron mayores biomásas para el año 2015, esta ACS albergaba 35.935 t de salmónidos, la mayor biomasa de las ACS que se incluyeron en este estudio (Tabla 4 y 5). Los indicadores ecológicos comunitarios más bajos se presentaron en el S2 coincidente con un alto valor de

AMBI. En general, esta zona, aunque mostró una predominancia del estado ecológico moderadamente perturbado no presentó estaciones altamente perturbadas.

En la región de Aysén las zonas influenciadas presentaron indicadores ecológicos comunitarios menores que las zonas influenciadas en la región de Los Lagos con un empeoramiento durante la campaña PV respecto de OI. Durante OI los mínimos valores de riqueza y diversidad fueron 16 y 2,2, respectivamente, para el S2 estación 2 de la Z8. En PV la misma estación se presentó azoica y los valores más bajos de las estaciones en los que se observó macrofauna fueron 8 para Z8 S1 estación 1 y diversidad 1,78 en Z7 S2 estación 1. Estos resultados coinciden con el estado ecológico indicado por el AMBI dado que en PV y OI el valor más alto se observó en la estación 2, S2 Z8 (Fig. 35). La Z7 en general presentó mejor estado ecológico en las estaciones muestreadas predominando el estado de moderadamente perturbado, a diferencia de la Z8 donde se observó una estación extremadamente perturbada (azoica).

La biomasa de cultivo de salmónidos reportada para los centros de cultivo que sirvieron de referencia para seleccionar los sectores de muestreo fluctuaron entre 1.987 a 4114 t en la Z7 y 2.711 a 4.848 t en la Z8 para el año 2015. Los sectores 1 y 2 en la Z7 pertenecían al ACS 18A y el S3 a 18B, con biomasa registrada para esas ACS de 10.498 y 9.862 t, respectivamente. El centro de cultivo de referencia para el S2 en la Z8 reportó 4.868 t de biomasa de cultivo para el 2015 y se ubica en el ACS 18D para la cual la biomasa reportada fue de 19.628 t. El centro de cultivo de referencia para el S3 reportó 2.711 t y se ubicó en el ACS 19A con una biomasa para esa área de 26.157 t. Aunque los centros de cultivo de referencia para los sectores de muestreo de la zona 8 tenían similares valores de biomasa que la Z7, las áreas de concesiones de salmónidos que albergaban estos centros de cultivo en la Z8 reportaron más del doble de biomasa que en la zona 7. Esto podría estar relacionado con el peor estado ecológico de la Z8 respecto de la Z7, pero dada la heterogeneidad de la costa de estas zonas no es posible concluir al respecto. La información sobre velocidad de las corrientes en esos sectores sugiere que la velocidad en el S1 es menor que en S2 lo cual podría contribuir a que en ese sector el estado ecológico sea peor. Sería conveniente mapear la distribución de la biomasa de los centros de cultivo de las ACS y relacionarlas también con patrones de circulación de la corriente para poder establecer conclusiones.

En las zonas menos influenciadas en la región de Los Lagos durante la campaña OI se observa una menor riqueza de especies respecto de las zonas influenciadas (promedio: 20,8 y 29,1, respectivamente) y la misma diversidad (promedio: 3,2). Estos indicadores empeoraron en PV para las zonas influenciadas y mejoraron para las zonas menos influenciadas (promedio: 20,2 y 26,4, respectivamente), y la diversidad disminuyó ligeramente en las zonas influenciadas y menos influenciadas (2,9 y 3,1, respectivamente). Cabe destacar que en la Z3 (Corcovado, menos influenciada) se observaron valores bajos y similares de riqueza de especies a zonas influenciadas (11) pero la diversidad, sin embargo, fue más alta en las zonas menos influenciadas (2,83) que en las influenciadas (0,77) (Tabla 32). Es posible que estas diferencias se deban a la distribución de los grupos ecológicos presentes en una estación. El ejemplo indicado previamente corresponde a la Z2 S3 de la zona influenciada donde se observa la presencia, y en algunos casos la dominancia de especies del GE V. Estos resultados son coincidentes con el mejor estado ecológico según AMBI de las zonas menos influenciadas respecto de las zonas más influenciadas, puesto que en las primeras se observaron más frecuentemente estaciones levemente perturbadas e incluso no perturbada.

En las zonas influenciadas la riqueza de especies fue muy similar en las zonas influenciadas y menos influenciadas (33,1 y 34,6, respectivamente) durante OI y permaneció similar en las zonas menos

influenciadas en PV (33,1) pero disminuyo en las zonas influenciadas (15,4). En la Z5 se presentaron algunas estaciones en el S1 y S2 en las cuales el estado ecológico fue de moderadamente perturbado. Estos sectores estaban alejados entre 3 a 6 km de un centro de cultivo activo el año 2015, cuya biomasa fue de 5.987 ton, menor a las reportadas para las zonas influenciadas. Es posible que el estado ecológico de esta zona esté influenciado por la desembocadura del río Palena y otras descargas de agua dulce que se observan en el sector. Los más altos porcentaje de fango fueron observados en esta zona, específicamente en los sectores 1 y 2 (Fig. 21). La zona 6 en general presentó mejor estado ecológico puesto que se encontraron estaciones no perturbadas tanto en OI como PV, con altos valores de riqueza y diversidad. No fue posible encontrar información de corriente para estas zonas por lo que no es posible inferir la influencia que este factor tendría sobre el estado ecológico de las comunidades de esas zonas. Cabe señalar que en las zonas menos influenciadas de la región de Aysén (RMB y RMB2) se muestrearon las estaciones menos profundas, 2 y 6 m, por ejemplo. Esto puede haber contribuido a que una zona menos influenciada por la acuicultura presente un estado ecológico moderadamente perturbado.

El Índice de Simpson muestra que hay estaciones de sectores influenciados y menos influenciados en las cuales la dominancia es igual o muy similar (por ejemplo: Z2S3E3 y Z3S1E1). Al observar el valor del Índice AMBI y la distribución de los GE es posible inferir que, aunque los valores del Índice de Simpson son similares, la composición de GE en las estaciones es diferente. En base a los casos en los que se observó la mayor dominancia ($d=0,82$, $0,81$) se puede observar que en las zonas influenciadas la dominancia está dada por una mayor representación de las especies del GE V, oportunistas de primer orden que viven en ambientes muy perturbados (Fig. 33 Z2S3 estación 2 y 3). En las zonas menos influenciadas en cambio, la dominancia está dada por otros GE, por ejemplo, en la Z3S3 estación 3 en la cual domina el GE II, especies indiferentes al enriquecimiento orgánico. Esto también se observa para casos menos extremos de dominancia. De acuerdo a estos resultados es posible hipotetizar que los indicadores ecológicos comunitarios por sí solo no informan sobre la composición de la comunidad pudiendo llevar a interpretaciones erróneas del estado ecológico del lugar. Los GE por otro lado entregan información sobre el estado ecológico debido a que se puede asociar la comunidad con una estrategia particular (reproductiva, trófica). Al respecto, se ha señalado que el uso de índices univariados como el de diversidad, equitabilidad, riqueza, dominancia son insuficientes para distinguir cambios producidos por perturbaciones naturales y de origen antropogénico (Warwick y Clarke, 1993). Estudios realizados en áreas no perturbadas y perturbadas pueden mostrar el mismo nivel de diversidad (Muniz et al., 2005). Estos antecedentes refuerzan los resultados de este estudio que muestran la importancia de conocer la composición de la comunidad en términos de grupos ecológicos, por ejemplo, u otras estrategias de vida o tróficas para definir el estado ecológico.

Muchos índices y métodos han sido desarrollados para evaluar impacto por actividades antropogénicas en el sistema estuarino y marino promovidos por las regulaciones de los distintos países (Borja et al., 2008; Birk., et al. 2012; Borja et al., 2012). Por esta razón, la primera aproximación relacionada con definir un índice es evaluar aquellos ya disponibles en lugar de desarrollar uno nuevo (Díaz et al., 2004; Borja and Dauer, 2008). Entre los ya disponibles aquellos que sean robustos en espacio y tiempo y que respondan a diferentes presiones antropogénicas debieran ser preferidos. El índice AMBI es uno de los que ha sido mejor rankeado respecto de la diversidad de presiones bajo las cuales se ha utilizado y para el cual se han realizado evaluaciones de la relación entre presión e impacto de manera significativa (Borja et al., 2015). En Chile en particular se ha utilizado la metodología de juicio experto para evaluar su

desempeño respecto del estado ecológico de áreas correspondientes a centros de cultivo de salmónidos y áreas control (Borja et al., 2014).

De acuerdo al marco conceptual DPSIR en este estudio se ha podido identificar los distintos componentes y a través de este análisis se ha podido entregar información adicional para fundamentar su uso en la evaluación del desempeño de la salmonicultura en particular en Chile. De acuerdo a este marco conceptual la fuente externa forzante de un cambio sería la actividad acuícola desarrollada en las dos regiones estudiadas, la presión ambiental estaría dada por el ingreso de materia orgánica, puesto que ésta se detectó ser significativamente mayor en las zonas influenciadas, el estado del sistema estaría representado por el valor de potencial redox, el cual sería significativamente menor en las zonas influenciadas, y a la vez disminuye de manera exponencial con los aumentos de %MOT, el impacto pudo ser verificado en el componente biótico del sistema bentónico a través del indicador AMBI, el cual aumenta a medida que disminuye el potencial redox. Dado estos antecedentes es posible sugerir que la presión ambiental está ejerciendo un cambio en el estado del sistema bentónico que se manifiesta en un impacto en la comunidad de macroinvertebrados del sistema bentónico en áreas que se ubican al menos a 620 m del punto medio de las jaulas del centro de cultivo de referencia. Sin embargo, es necesario señalar que el gradiente de MOT y potencial redox incluidos en este estudio no incluye valores que pudiesen existir en la zona de mayor influencia, es decir en las inmediaciones de las jaulas de cultivo. Será necesario en futuros estudios incorporar mediciones en ese extremo del gradiente, y complementar mejor el gradiente en el extremo de no perturbación.

El modelo de regresión para datos ordinales refuerza los resultados discutidos previamente puesto que el estado ecológico del sistema bentónico donde se realizaron los muestreos evaluado a través del AMBI puede ser predicho de manera significativa en base al nivel de influencia de la salmonicultura en la zona, el potencial redox del punto de muestreo y el índice de dominancia de Simpson (Tabla 37). La trayectoria predicha para cada uno de los estados ecológicos a lo largo del gradiente de potencial redox es diferente en zonas influenciadas y menos influenciada. Esto sugiere que los cambios que puede experimentar una comunidad macrobentónica, en términos de la probabilidad de se encuentre en un estado ecológico dado frente a un gradiente de redox y un valor de índice de Simpson, es diferente dependiendo de si se está en una zona influenciada o menos influenciada. En particular, la trayectoria para el estado no perturbado es similar en zonas menos influenciadas e influenciadas en condiciones de redox negativos, pero ésta aumenta más rápidamente en zonas menos influenciadas cuando el redox aumenta (200 mV). Este valor de redox es similar al valor a partir del cual el porcentaje de individuos del GE I comienza a aumentar más rápidamente a lo largo del gradiente de potencial redox.

Al fijar el potencial redox en el modelo en 50 mV, límite de aceptabilidad para esta variable en el RAMA, los resultados indican que encontrar una estación moderadamente perturbada en las zonas influenciadas es aproximadamente el doble que en las zonas menos influenciadas y la probabilidad de encontrar una estación altamente perturbada en las zonas influenciadas es más del doble que en la zona menos influenciada (Tabla 38). Esta información sugiere que el sedimento de una zona influenciada que presente un valor de 50 mV de redox tiene una alta probabilidad de presentar un estado ecológico moderadamente perturbado en base a la categorización de AMBI. En resumen, los resultados sugieren que las zonas influenciadas pueden diferenciarse de las zonas menos influenciadas en que presentan menor potencial redox, mayor proporción de estaciones con estado ecológico moderadamente

perturbado, estaciones alta y extremadamente perturbadas, mayor índice de dominancia y mayor porcentaje de materia orgánica que las zonas no influenciadas.

La significancia del nivel de influencia en este análisis (descriptivo e integrado) sugiere que la metodología utilizada para diseñar el muestreo permitió identificar áreas más y menos influenciadas, en este caso las estaciones influenciadas serían aquellas que estuvieron a una distancia máxima de 620 m desde el punto medio del tren de jaulas del centro de cultivo.

La biomasa, velocidad de corriente y profundidad han sido indicados como factores relevantes para explicar la variación en el estado ecológico de áreas donde se realiza la acuicultura. En las zonas con corrientes mayores se espera que el impacto sobre el sistema bentónico sea menor debido a la dispersión de los desechos que provoca la corriente. Borja et al. (2009) indicó que la corriente formaba parte de un conjunto de variables (velocidad de la corriente, profundidad y distancia a la jaula) que explicaba el 11,5% de la variabilidad de los parámetros asociados a la macrofauna. En otros estudios se ha indicado que en los sitios poco profundos entonces la velocidad de la corriente juega un rol menor porque los desechos caen rápidamente al fondo y no alcanzan a ser dispersados (Chang et al., 2013; Hall-Spencer et al., 2006).

De entre estos factores, la información más certera en este estudio es la profundidad y la distancia al centro de cultivo de referencia para las estaciones en zonas influenciadas. La información sobre corrientes en este estudio fue obtenida desde diversas fuentes y para zonas menos estudiadas, como la costa más expuesta de Raúl Marín Balmaceda, no se encontró información. La información disponible sobre biomasa es indirecta puesto que en general es la biomasa del área (que incluye varios centros de cultivo) donde estaba emplazado el centro de cultivo de referencia la que hacía la diferencia entre lugares más y menos impactados. La importancia de la profundidad se observó en las zonas RMB y RMAB2 que siendo zonas menos influenciadas presentaron perturbación que se puede atribuir a la baja profundidad y presencia de la desembocadura de un río. También es necesario reconocer que la distancia respecto del centro de referencia donde se muestreo fue variable, y representa distintos niveles de influencia dentro del área de influencia que se definió en el estudio (620 m desde el punto medio del tren de jaulas). Tironi et al. (2010) usando modelación señala que la mayoría de las partículas en los diferentes centros de cultivo en la región de Aysén se dispersan bajo la balsa jaula o bien entre 10 a 300 m de distancia de la balsa jaula. Estos antecedentes sugieren, que en general no es posible atribuir el impacto de un centro de cultivo a un solo factor (presencia de actividad acuícola, velocidad, profundidad, biomasa de cultivo), en consecuencia, predecir el estado ecológico a partir de solo un factor es riesgoso. Tomasseti et al. (2016) indica que los cambios de la comunidad macrobentónica debido al cultivo de lubina, dorada y perca regia estuvieron asociados al tipo de sustrato, hidrodinámica y biomasa de cultivo y que los efectos se observaron a una escala de decenas de metros.

En las relaciones establecidas entre presión ambiental (ingreso de materia orgánica) y el indicador de estado del sistema (potencial redox), y luego entre el indicador de estado y de impacto (AMBI) en el marco del modelo DPSIR muestran un bajo nivel explicativo de la variable independiente (%MOT y redox, respectivamente). Dado esto, %MOT, redox y AMBI en forma independiente podrían no ser necesariamente el mejor índice para evaluar desempeño de la acuicultura. Sin embargo, como se mencionó previamente, el nivel de impacto en el estado ecológico del bentos no puede ser explicado solo por el cambio que experimenta una variable. Adicionalmente, es posible que en este estudio no se haya conseguido muestrear todo el gradiente posible de las variables que representan la presión ambiental y

estado ecológico del sistema, lo que pudo contribuir a la baja capacidad predictiva de las regresiones. Futuros estudios debieran enfocarse en coleccionar mayor información para los extremos del gradiente de potencial redox y materia orgánica y en la colección de información sobre variables que permitan caracterizar el gradiente, por ejemplo, aquellas relacionadas con el centro de cultivo (biomasa, años de funcionamiento). Sin embargo, cabe destacar que encontrar relaciones pareadas con alta capacidad predictiva en la naturaleza es difícil (ver Chang et al., 2013, Muxica et al., 2005 para algunos ejemplos). Se ha indicado que es más fácil encontrar buenas relaciones entre variables abióticas, o entre variables bióticas, que entre variables bióticas y abióticas. Zhulay et al. (2015) estudió la recuperación de zonas posterior al cultivo de salmónidos en Noruega y señala que las variables asociadas al sedimento (redox, pH y carbono orgánico total no mostraron correspondencia espacial ni temporal con los cambios asociados al periodo de descanso como si lo hizo la macrofauna. Otras opciones para mejorar la capacidad predictiva son modelos multivariados donde el valor del índice se determina en función de varias variables (Keeley et al., 2014; Borja et al., 2009).

Varios estudios han señalado la necesidad de incluir más de un índice e indicador para evaluar el estado ecológico, algunos bióticos y otros químicos y/o físicos, especialmente debido a que no todos los índices son igualmente sensibles a ambos extremos del gradiente de presión ambiental, o en áreas con diferentes velocidades de corrientes (Borja y Muxika, 2005; Keeley et al., 2012). En este contexto y relacionando estos resultados con la actual normativa que regula la acuicultura en Chile, considerar límites de aceptabilidad individuales de variables químicas podría ser insuficiente, y esta debe ser la razón por la cual actualmente el RAMA considera MOT, pH y Redox y oxígeno disuelto para centros categoría 3. Esto permitiría reducir el riesgo asociado a la baja capacidad predictiva de las relaciones pareadas. Sin embargo, es necesario adicionar un índice biótico que dé cuenta del efecto que cambios asociados a las variables químicas, que pueden ser asociadas más directamente a la presión ambiental, tienen sobre la comunidad, debido a que la composición de la comunidad informa sobre la funcionalidad del sistema en estudio. Adicionalmente, en este estudio se ha identificado los rangos en los cuales el redox podría estar sub-estimando o sobre-estimando el valor del índice AMBI y en general es más frecuente la sobre-estimación, es decir declarar una peor condición ambiental que la real. Se sugiere que las relaciones y modelos planteados en este estudio puedan ser actualizados con nueva información para evaluar si la capacidad predictiva puede mejorar.

Este estudio también muestra que existe poco conocimiento de las especies de macrofauna en las zonas menos influenciadas ya que la mayoría de las estaciones en las que no se pudo asignar los individuos a los grupos ecológicos fue en las zonas menos influenciadas de las regiones de Los Lagos y Aysén. La estimación del AMBI requiere que las especies se reconozcan a nivel de especie al menos en los principales grupos (Anélidos, Crustáceos y Moluscos) y que éstas sean asignadas a los grupos ecológicos. La falta de capacidades en identificación taxonómica es una limitante que puede ser abordada a través de capacitación, la cual debiera ocurrir de manera lógica si este indicador es un requerimiento de la norma. Las capacidades de laboratoristas debieran ser certificadas de manera de asegurar tal competencia. La asignación de especies a grupos ecológicos debe ir acompañada del envío de esta información a AZTI Tecnalia para que quien requiera estimar AMBI encuentre las especies en el listado del Software. Este tipo de requerimiento debe estar a cargo de una institución que pueda coordinar los esfuerzos de recopilación de información y realizar talleres de expertos para asignar los grupos ecológicos. Hasta este momento ya se ha ingresado un número considerable de especies al software y es muy posible que cada vez sean menos las nuevas especies. Aún cuando existen actualmente brechas para

la implementación de este índice, éstas no debieran ser la razón de no avanzar en la incorporación de índice bióticos, sino que debiera ser una prioridad cerrar dichas brechas.

De acuerdo a la base de datos en el análisis de las muestras se identificaron 176 taxa a nivel de especie, 204 a nivel de género y 5 a nivel de familia. De los taxa identificados a nivel de especie, 45 pertenecen a especies que no estaban la base de datos de macrofauna generada por el proyecto “Elaboración de un catastro de macrofauna bentónica y la aplicación de índices biológicos para la evaluación ambiental de las comunidades bentónicas submareales”.

VIII. CONCLUSIONES

Las zonas influenciadas pueden diferenciarse de las zonas menos influenciadas en que presentan menor potencial redox, mayor proporción de estaciones con estado ecológico moderadamente perturbado, estaciones alta y extremadamente perturbadas, mayor índice de dominancia y mayor porcentaje de materia orgánica que las zonas menos influenciadas.

La significancia del nivel de influencia en este análisis, descriptivo e integrado, sugiere que la metodología utilizada para diseñar el muestreo permitió identificar áreas más y menos influenciadas, en este caso las estaciones influenciadas serían aquellas que estuvieron a una distancia máxima de 620 m desde el punto medio del tren de jaulas del centro de cultivo.

El impacto de la salmonicultura como fuerza externa puede evaluarse usando el marco conceptual DPSIR, el cual aplicado al caso de este estudio indica que: la presión ambiental sería la concentración de materia orgánica en el sedimento (%), el estado del sistema bentónico estaría representado por el potencial redox, y el impacto en el estado del sistema causado por la presión ambiental sería evaluado a través del AMBI. Esta relación causal queda establecida a través de la relación entre %MOT y Redox, y Redox y AMBI, respectivamente.

El modelo de regresión ordinal refuerza esta relación causal al predecir más frecuentemente el estado ecológico moderadamente perturbado en las zonas influenciadas que en las zonas menos influenciadas, donde predominaría el estado ecológico levemente perturbado.

La trayectoria de cada uno de los estados ecológicos a lo largo del gradiente de potencial redox es diferente en zonas influenciadas y menos influenciadas, lo cual sugiere que los cambios que puede experimentar una comunidad macrobentónica, en términos de la probabilidad de se encuentre en un estado ecológico dado frente a un gradiente de redox, es diferente dependiendo de si se está en una zona influenciada o menos influenciada.

Al fijar el potencial redox en el modelo de regresión ordinal en 50 mV y el índice de dominancia de Simpson se predice que la probabilidad de encontrar una estación moderadamente perturbada en las zonas influenciadas es aproximadamente el doble que, en las zonas menos influenciadas, y la probabilidad de encontrar una estación altamente perturbada en las zonas influenciadas es más del doble que en la zona menos influenciada.

Esta información sugiere que el sedimento de una zona influenciada que presente un valor de 50 mV de redox tiene una alta probabilidad de presentar un estado ecológico moderadamente perturbado en base a la categorización de AMBI.

Es necesario aumentar del conocimiento sobre taxonomía, biología y ecología de las especies macrobentónicas en áreas menos influenciadas.

De acuerdo a la base de datos en el análisis de las muestras se identificaron 176 taxa a nivel de especie, 204 a nivel de género y 5 a nivel de familia. De los taxa identificados a nivel de especie, 45 pertenecen a especies que no estaban la base de datos de macrofauna generada por el proyecto “Elaboración de un catastro de macrofauna bentónica y la aplicación de índices biológicos para la evaluación ambiental de las comunidades bentónicas submareales”.

Los tiempos y recursos destinados para este tipo de estudios son insuficientes. La experiencia de este estudio indica que estos estudios deberían considerar, por bases, un ítem de imprevistos mínimo del 10%. Para el desarrollo de la actividad de terreno el mayor gasto lo absorbe el arriendo de embarcación, siendo los materiales de trabajo un costo marginal en toda la operación. Incluyendo el trabajo en laboratorio, el mayor costo lo absorbe el recurso humano para el análisis taxonómico. La baja oferta de especialistas en estas materias hace que los costos sean significativamente superiores, se releva la necesidad de generar una oferta académica para formar a los laboratoristas en el análisis taxonómico.

La evaluación económica demuestra que en base a precios de mercado en valor UF dos campañas de estas características, más los análisis taxonómicos de las especies, alcanza valores cercanos a las 4.581 UF en total.

Se logró realizar una combinación de la base de datos de este proyecto con la base de datos ya existente de Macrofauna del año 2014, obteniendo un registro más detallado de los datos de los individuos identificados. Por ejemplo, en el caso de la Biomasa y Abundancia, se identificaron valores específicos en estaciones, a diferencia de la información de Biomasa y Abundancia ya existente, que hace referencia a los mínimos y máximos de cada uno.

Se construyó una interfaz de consulta que es de fácil uso de parte de usuarios, la que no necesita conocimientos informáticos para ser revisada. Esto permite que los datos se encuentren más accesibles a los usuarios finales.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Agardy, T., Alder, J. 2005. Coastal Systems. In *Ecosystems and Human Well-Being: Current state and Trends*. Volume I Edited by R. Hassan, L. Scholes y N. Ash 513-549. Washington DC: Island Press.

Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 19 (6): 716-723, MR 0423716, doi:10.1109/TAC.1974.1100705.

Araya – Vergara, J. 2006. Geomorfología submarina de fiordos y piedmonts patagónicos. Silva and S. Palma (Eds.). Valparaíso, Comité Oceanográfico Nacional – Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. pp. 25-27.

Barbier, E.B., Hacker, S.D, Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C., Silliman, B.R. 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs* 81(2): 169-193.

Birk, S., Bonne, W., Borja, A., Brucet, S., Courrat, A., Poikane, S., Solimini, A., van de Bund, W., Zampoukas, N., Hering, D. 2012. Three hundred ways to assess Europe's surface waters: An almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive. *Ecological Indicators* 18: 31-41

Blanchet H., Lavesque N., Ruellet T., Dauvin J.C., Sauriau P.G., Desroy N., Desclaux C., Leconte M., Bachelet G., Janson A.L., Bessineton C., Duhamel S., Jourde J., Mayot S., Simon S., de Montaudouin X. (2008) Use of biotic indices in semienclosed coastal ecosystems and transitional waters habitats – Implications for the implementation of the European Water Framework Directive. *Ecological Indicators*, 8, 360–372.

Borja, A., Franco, J. y Pérez, V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *MAR POLLUT BULL* 40: 1100–1114.

Borja, A. 2002. Los Impactos ambientales de la acuicultura y la sostenibilidad de esta actividad. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 18 (1-4).

Borja, Á., Solanum, O., Galparsoro, I., Tello, E.M., Muxika, I., Valencia, V., Bald, J., Franco, J., Manzanos, A. 2004. Caracterización de las presiones e impactos en los estuarios y costa del País Vasco, Dirección de aguas del departamento de ordenación del territorio y medio ambiente, gobierno Vasco, 322pp.

Borja, Á., y Muxika, I. 2005. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin* 50:787 – 789.

- Borja, A., I. Muxika, J. Franco, 2006. Long-term soft-bottom benthos recovery, following urban and industrial sewage treatment in the Nervión estuary (southern Bay of Biscay). *Marine Ecology Progress Series*, 313: 43-55.
- Borja, A., Bricker, S.B., Dauer, D.M., Demetriades, N.T., Ferreira, J.G., Forbes, A.T., Hutchings, P., Jia, X., Kenchington, R., Marques, J.C., Zhu, C., 2008. Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. *Marine Pollution Bulletin* 56, 1519–1537.
- Borja, A., D.M. Dauer, 2008b. Assessing the environmental quality status in estuarine and coastal systems: comparing methodologies and indices. *Ecological Indicators*, 8(4): 331-337.
- Borja, A., Rodríguez, J.G., Black, K., Bodoy, A., Emblow, A., Fernandes, T.F., Forte, J., Karakassis, I., Muxika, I., Nickell, T.D., Papageorgiou, N., Pranovi, F., Sevastou, K., Tomassetti, P., Angel, D., 2009. Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located across Europe. *Aquaculture* 293, 231–240.
- Borja, A., Barbone, E., Basset, A., Borgersen, G., Brkljacic, M., Elliot, M., Garmendia, J.M., Marques, J.C., Mazik, K., Muxica, I., Magalhães Neto, J., Norling, K., Rodríguez, G., Rosati, I., Rygg, B., Teixeira, H., Trayanova, A. 2011a. Response of single benthic metrics and multi-metric methods to anthropogenic pressure gradients, in five distinct European coastal and transitional ecosystems. *Marine Pollution Bulletin* 62 499–513
- Borja, A., Dauer, D.M., Grémarec A. 2012. The importance of setting targets and reference conditions in assessing marine ecosystem quality. *Ecological Indicators* 12: 1–7.
- Borja, A., Elliot, M., Andersen, J.H., Cardoso, A.C., Carstensen, J., Ferreira, J.G., Heiskanen, A.-S., Marques, J.C., Neto, J.M., Teixeira, H., Uusitalo, L., Uyarra, M.C., Zampoukas, N. 2013. Good environmental status of marine ecosystems: what is it and how do we know we have attained it?. *Marine Pollution Bulletin* 75:16-27.
- Borja, A., Marín, S. Núñez, R. Muxika, I. 2014. Is there a significant relationship between the benthic status of an area, determined by two broadly-used indices, and best professional judgment? *Ecological Indicators* 45 (2014) 308–312.
- Borja, A.; S.L. Marín, I. Muxika, L. Pino, J.G. Rodríguez. 2015. Is there a possibility of ranking benthic quality assessment indices to select the most responsive to different human pressures?. *Marine Pollution Bulletin* 97: 87-94
- Burnham KP, Anderson DR (2002) *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*, 2nd edn. Springer, New York

Callier, M.D., Richard, M., McKindsey, C.W., Archambault, P., and Desrosiers, G. 2009. Responses of benthic macrofauna and biogeochemical fluxes to various levels of mussel biodeposition: an in situ "benthocosm" experiment. *Mar. Pollut. Bull.* 58: 1544–1553.

Cañete, J., Hilbig, B., Santana, M. 2004. Presence of *Prionospio* (*Prionospio*) *orensanzi* Blake, 1983 (Polychaeta: Spionidae) off Punta Arenas, Chile, with notes on their abundance and spatial distribution in shallow, subtidal sandy bottoms. *Investigaciones Marinas*, vol. 32, núm. 2, pp. 121-128.

Carrasco, F., & Palma, M. 2000. Two new species of *Pettiboneia* and *Protodorvillea* (Dorvilleidae, Polychaeta) from northern Chile. *Bulletin of Marine Science* 67(1): 597–602

Carta Náutica Bahía de Corral a Isla Guafo (Escala 1: 500.000), Instituto hidrográfico de la Armada de Chile.

Chang B.D., Page, F.H., Losier, R.J. 2013. Variables affecting sediment sulfide concentrations in regulatory monitoring at salmon farms in the Bay of Fundy, Canada *Aquacult Environ Interact* 4: 67–79.

Christensen, R. H. B. 2012. *Ordinal: Regression Models for Ordinal Data* The R Development Core Team, <http://www.cran.r-project.org/package=ordinal/>

Connolly, T.M., Begg, C.E. *Sistemas de bases de datos un enfoque práctico para diseño, implementación y gestión*, Cuarta edición, 2005, Pearson Addison Wesley.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R.S., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260.

Dimitriou, P.D., Apostolaki, E.T., Papageorgiou, N., Reizopoulou, S., Simboura N., 490 Arvanitidis, C., Karakassis, I. 2012. Meta-analysis of a large data set with Water Framework 491 Directive indicators and calibration of a Benthic Quality Index at the family level. *Ecol. Indic.* 492 In press.

Díaz, R.J., Solan, M., Valente, R.M., 2004. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. *J. Environ. Manage.* 73, 165–181.

Estay, M., & Chávez, C. 2015. Decisiones de localización y cambios regulatorios: el caso de la acuicultura en Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(4), 700-717.

Fisheries and Oceans Canadá, DFO. 2012. *Aquaculture in Canada 2012: A Report on Aquaculture Sustainability*.

Food and Agriculture Organization, FAO. 2011, Working group in site selection and carrying capacity (WGSC) – ShoCMed Workshop on the definition and environmental monitoring within allowable zone

of effect (AZE) of aquaculture activities within the Mediterranean countries. Malaga, Spain 16 – 18 november 2011.

Forde, J., P. K. Shin, P. J. Somerfield, R. M. Kennedy, 2013. M-AMBI derived from taxonomic levels higher than species allows Ecological Status assessments of benthic habitats in new geographical areas. *Ecological Indicators*, 34: 411-419.

Goodland, R. 1975. The concept of environmental sustainability. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 26: 1-24

Gray, J., y Elliot, M. 2009. *Ecology of Marine Sediments*. 2nd edition. Ed. Oxford. 225 pp.

Hall-Spencer, J., White, N., Gillespie, E., Gillham, K., Foggo, A. 2006 Impact of fish farms on maerl beds in strongly tidal areas. *Mar Ecol Prog Ser* 326:1–9.

Hargrave, B.T. 2010. Empirical relationships describing benthic impacts of salmon aquaculture. *Aquacult. Environ. Interact* 1, 33 - 46

Hargrave, B.T., Holmer, M., Newcombe, C.P. 2008. Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. *Marine Pollution Bulletin* 56: 810–824

<http://www.concesionesmaritimas.cl/>

http://www.goreloslagos.cl/estadisticas/poblacion_superficie

<http://www.subpesca.cl/servicios/603/w3-article-81329.html> Listado de concesiones de acuicultura de salmónidos por agrupación de concesiones en las regiones X, XI y XII (abril 2016).

ISO 16665:2005. Water quality, guidelines for quantitative sampling and sampling and simple processing of marine soft – bottom macrofauna.

Keeley, N., Forrest, B., Crawford, C. y Macleod, C., 2012. Exploiting salmon farm benthic enrichment gradients to evaluate the regional performance of biotic indices and environmental indicators. *Ecological Indicators* 23: 453–466.

Keeley, N., MacLeod, C., Forrest, B., 2012. Combining best professional judgement and quantile regression splines to improve characterisation of macrofaunal responses to enrichment. *Ecol. Indicators* 12, 154–166.

Keeley, N.B., Macleod, C.K., Hopking, G.A., A.H., Forrest, B.M. 2014. Spatial and temporal dynamics in macrobenthos during recovery from salmon farm induced organic enrichment: When is recovery complete?. *Marine Pollution Bulletin* 80, 250-262.

- Marín, S.L., Núñez, R., Borja, A., Muxika, I. 2014. Manual para la estimación del indicador biótico AZTI Marine Biotic para la acuicultura en Chile: Muestreo, análisis, cálculo e interpretación. Primera Edición, Editorial Grupo HEXA, Puerto Montt, 52pp.
- McCullagh, P. 1980. Regression models for ordinal data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B* 42:109-142.
- Molinet, C., Arévalo, A., Díaz, M., & Díaz, P. 2008. Uso del borde costero en el mar interior de la región de Aysén y de Los Lagos: escalas e interacción de los procesos de pesca y acuicultura. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*.
- Mulsow, S., Krieger, Y., & Kennedy, R. 2006. Sediment profile imaging (SPI) and micro-electrode technologies in impact assessment studies: example from two fjords in Southern Chile used for fish farming. *Journal of Marine Systems*, 62(3), 152-163.
- Muniz, P., Venturini, N., Pires-Vanin, A.M.S., Tommasi, L.R., Borja, A., 2005. Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) to assessing the ecological quality of the soft-bottom benthic communities, in the South America Atlantic región. *Mar. Pollut. Bull.* 50, 624–637.
- Muxica, I., Borja, A., y Bonne, W. 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators* 5, 19-31
- Neira, K. y Palma, M. 2007. Estructura de la macrofauna en ambientes oxicos de la Bahía Coliumo, región del Bio-Bio, Chile Central. 2007. *Gayana* 71 (2) 156 - 169
- Nickell, T.D, Cromey, C.J., Borja, A., Black, K. 2009. The benthic impacts of a large cod farm – Are there indicators for environmental sustainability?. *Aquaculture* 295: 226-237.
- Norma chilena ISO NCh: 17025.0F2005: Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de calibración y ensayo.
- Oliver, G., Sellanes, J. 2005. New species of Thyasiridae from a methane seepage area off Concepción, Chile. *Zootaxa* 1092: 1–20.
- Outerio, L, Villasante, S. 2013. Linking salmon aquaculture synergies and trade-offs on ecosystem services to human wellbeing constituents. *AMBIO* 42: 1022-1036.
- Pearson, T.H., Rosenberg, R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and marine biology: an annual review* 16, 229–311.
- Pino L., Marín S., Núñez R. 2015 Indicadores bióticos y fracción de tamaños en la definición de la macrofauna. *Latin American Journal of Aquatic Research* 43(2):329-336

- Puente, A., Juanes, J.A., Garcia, A., Alvarez, C., Revilla, J.A., Carranza, I., 2008. Ecological assessment of soft bottom benthic communities in northern Spanish estuaries. *Ecological Indicators* 8, 373–388
- Quiroga, E., Ortiz, P., Reid, B., Gerde, D. 2013. Classification of the ecological quality of the Aysen and Baker Fjords (Patagonia, Chile) using biotic indices. *Marine Pollution Bulletin* 68 117–126
- Rodrigo, C 2006. Topografía submarina en canales de la Patagonia Norte. Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. N. Silva and S. Palma (Eds.). Valparaíso, Comité Oceanográfico Nacional – Pontificia Universidad Católica de Valparaíso: 19-23 pp.
- Rozbaczylo, N. y Quiroga, E. (2000). Family Pilargidae (Polychaeta) new distributional ranges and new record for the Chilean coast. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 643 – 651
- Rumohr, H. 1990. Soft bottom macrofauna: Collection, treatment, and quality assurance of samples. *ICES TECHN MAR ENV SCIENC* N° 27 19 pp.
- Scottish Environmental Protection Agency, SEPA. 2011. Environmental Protection Water. The water Environment (Controlled Activities) (Scotland) Regulations. 2011.
- Silva, N. (2006) Características físicas y químicas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes. Silva and S. Palma (Eds.). Valparaíso, Comité Oceanográfico Nacional – Pontificia Universidad Católica de Valparaíso pp. 69-75.
- Silva, N. y Quiroga, E. 2010. Informe final (Parte 1 de 2 - Fundamentos). Universidad Católica de Valparaíso. 151p.
- SUBPESCA 2014. Proyecto “Elaboración de un catastro de macrofauna bentónica y la aplicación de índices biológicos para la evaluación ambiental de las comunidades bentónicas submareales”.
- Subsecretaría de Pesca de Chile. 2001. Decreto 320/2001 Reglamento Ambiental para la Acuicultura.
- Subsecretaría de Pesca de Chile. 2009. Resolución Exenta N° 3612 / 2009. Fija las metodologías para elaborar la caracterización preliminar de sitio (CPS) y la información ambiental (INFA). Numeral 28.
- Tironi, A., Marín, V.H., y Campuzano, F.J. 2010. A management tool for assessing aquaculture environmental impact in Chilean Patagonian fjords. Integrating hydrodynamic and pellets dispersion models.

Tomassetti, P., Gennaro, P., Lattanzi, L., Mercatali, I., Persia, E, Vani, D., Porrello, S. 2016. Benthic community response to sediment organic enrichment by Mediterranean fish farms: Case studies *Aquaculture* 450: 262–272.

Warwick, R.M., Clarke, K.R., 1993. Comparing the severity of disturbance. a metaanalysis of marine macrobenthic community data. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 92, 221–231.

Wilson A, Magill S., Black KD (2009) Review of environmental impact assessment and monitoring in salmon aquaculture. *FAO Fish Aquacult Tech Pap* 527:455–535.

Word, J.Q. 1979. The infaunal trophic index. Southern Californian Coastal Water Research Project Annual Report, El Segundo, California, pp. 19–39.

Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall. 663 p.

Zhulay, I., Reiss, K., Reiss, H. 2015. Effects of aquaculture fallowing on the recovery of macrofauna communities. *Marine Pollution Bulletin* 97: 381–390.

X. AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por el Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura y por la Universidad Austral de Chile.

Agradecemos la contraparte técnica de Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. También agradecemos el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y al Instituto de Fomento Pesquero por la información entregada que contribuyó al diseño del plan de monitoreo y discusión de los resultados.

Se agradece la colaboración prestada por las empresas de cultivo de salmónidos cuyos centros sirvieron de referencia para establecer los sectores de muestreo.

Agradecemos al Centro FONDAL IDEAL 15150003 por su aporte en el financiamiento del Taller de Transferencia desarrollado en la ciudad de Valparaíso.

XI. ANEXOS

ANEXO 1: Información bibliográfica Caracterización de áreas de estudio

Caracterización de las regiones Los Lagos y Aysén

La Región de Los Lagos se ubica geográficamente entre los 40°14'S y 44°04'S y desde los 71°35'O hasta el Océano Pacífico. Desde el punto de vista geográfico y de continuidad territorial, la región se presenta dividida en dos grandes unidades, separadas por el canal de Chacao. La unidad ubicada al Sur del canal Chacao se presenta fragmentada en innumerables islas (costas desmembradas), lo que le asigna una particularidad geográfica a este territorio con relación a la que se presenta más al norte.

La Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, se extiende entre los 43°38'S y 49°16'S y desde 71°06'O, representa aproximadamente 14,2% de la superficie de Chile Continental e Insular y es, a la vez, la tercera mayor superficie del país. La Cordillera de la Costa se presenta sumergida casi por completo, correspondiendo su fracción en superficie a los archipiélagos de Las Guaitecas y Los Chonos, para finalmente morir en la Península de Taitao. La depresión intermedia, también sumergida, corresponde al Canal Moraleda, el cual es la principal ruta de navegación regional, correspondiendo sus porciones emergidas a islas de baja altura como Traiguén y Nalcayec.

La zona de estudio en las regiones de Los Lagos y Aysén se caracteriza por una accidentada geografía, conformando sistemas estuarinos y de fiordos, y un número indeterminado de islas y canales. Según las observaciones realizadas por Araya – Vergara (2006), la zona comprendida desde Puerto Montt a la Laguna San Rafael corresponde a una zona de fiordos cuyo fondo de las cuencas está constituido por sedimentos con estructura laminar (ritmitas), que morfológicamente corresponden a explanadas muy llanas producidas por represamiento de la sedimentación. Estas formas, llamadas explanadas de represamiento, sólo excepcionalmente están alternadas con morrenas submarinas. El autor también señala la existencia piedmonts submarinos de origen glacial, indicadores de la expansión lobular del hielo al salir valles emplazados en la cordillera. En el área se reconocen los piedmonts chilotes, que se extienden en aguas interiores de Chiloé y presentan dos tipos de zonas: a) zona del basamento, donde se observa una plataforma rocosa hundida, y b) zona con deposicionales submarinas variadas, probablemente relacionadas con la operación de los lóbulos glaciales durante la Última Glaciación. Se trata de terrazas, deltas y posibles morrenas, en relación con depósitos sedimentarios espesos.

La Región de Los Lagos, tiene una superficie total de 48.583,5 km² y la población regional es de 841.123 habitantes, y su densidad alcanza los 17,31 hab/km². La Región Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, tiene una superficie de 108.494 km² y la población regional es de 91.492 habitantes, equivalente al 0,6% de la población nacional y su densidad alcanza a 0,8 hab/km². La población se concentra principalmente en las ciudades de Coyhaique y Puerto Aysén.

Una de las áreas más demandadas para el uso del borde costero en Chile, es el mar interior ubicado entre las regiones de Los Lagos y de Aysén en el sur de Chile (Molinet et al., 2008). Estas representan alrededor del 50% de la línea de costa del país, por lo que constituyen una extensiva superficie de espacio potencialmente disponible para actividades acuícolas.

En la región de Los Lagos, el desarrollo económico más notable y trascendente ha sido el alcanzado por el sector pesquero y acuícola (mitílidos, ostras, salmones), y la explotación de algas. Para la región de Aysén, hasta la década de los 80's, la principal actividad económica del litoral de la región fue la extracción de recursos bentónicos realizada por las flotas de las regiones de Los Lagos y Aysén. Posteriormente surgieron otras actividades tales como las pesquerías demersales y la acuicultura de salmónidos (Molinet et al., 2008).

El total de áreas de manejo en la región de Los Lagos es 301, en tanto el total de áreas de manejo en la región de Aysén es 76. Respecto al número de concesiones marítimas, según el Sistema Integrado de Administración del Borde Costero (SIABC), el total para el área de estudio, comprendida por las regiones de Los Lagos y Aysén, es de 392 y 433, respectivamente (Octubre 2016). Para el caso de la salmonicultura, según el listado de concesiones de acuicultura de salmónidos por agrupación de concesiones (ACS) en las regiones Los Lagos y Aysén (abril 2016), el total fue de 503 y 719, respectivamente. Cabe destacar el gran número de concesiones ubicadas en el mar interior de Chiloé. Chiloé Central es un territorio donde se verifica una dinámica económica liderada por la industria del salmón. El total de concesiones acuícolas es de aproximadamente 196. En el caso de la mitilicultura, ésta se desarrolla principalmente en sectores costeros y de baja profundidad (<60m) de la Región de Los Lagos, centrándose en Chiloé, con un 56% de los centros de cultivo. El 25,7% de los centros se ubica en Calbuco y Puerto Montt, y el 18,3% en otras zonas de la región de Los Lagos. Al 2008, del total de 1132 centros de cultivo 722 centros se encontraban operativos.

Según Memoria de Zonificación Borde Costero Región Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, se describieron además de las zonas de acuicultura, 13 zonas preferenciales para el turismo, 35 zonas preferenciales para la extracción de recursos bentónicos, 4 zonas preferenciales para la preservación, sujeta a revisión en base a futuros estudios, 14 puertos e instalaciones portuarias, 3 Industrias de construcción y reparación de naves, 17 asentamientos humanos y caleta de pescadores y 6 plantas de procesadoras del recurso del mar.

La información presentada anteriormente muestra la situación actual de la acuicultura a través de las concesiones de acuicultura. Sin embargo, esta situación en las regiones de Los Lagos y Aysén ha ido evolucionando temporalmente. Estay y Chávez (2015) sugieren que la evolución temporal de los centros concesionados sugiere la presencia de periodos de fuerte expansión de las concesiones acuícolas. Por ejemplo, se observó una fuerte expansión en centros concesionados durante la segunda mitad de los 90, y luego entre 2002 y 2005. Durante 2007-2008, esta última a un ritmo significativamente inferior a los periodos previos. Estos eventos como respuesta a la entrada en vigencia de la LGPA el año 1991, para la modificación de la LGPA en el 2001 que incluyen un conjunto de normas que tienden a ordenar el sector y la promulgación del RAMA que entre otras cosas reglamenta la distancia mínima entre centros de cultivo. Luego durante el 2005 se promulga la Ley 20.091 que modifica LGPA, que introduce la posibilidad de que la concesión caduque perdiendo la posibilidad de ser derechos perpetuos al incorporarse un mínimo de operación. Posteriormente se incorporaron medidas sanitarias gatilladas por la irrupción del virus ISA.

Respecto de la localización de los centros, se observa que los centros autorizados antes de 1990 estaban localizados principalmente en la región de Los Lagos y paulatinamente los centros comenzaron a poblar zonas ubicadas al sur de Puerto Montt, para finalmente comenzar a poblar las zonas ubicadas en la región de Aysén. En Aysén también se puede distinguir que este movimiento ha sido de este a oeste, partiendo

mayoritariamente en zonas cercanas a los asentamientos urbanos del este hacia las islas ubicadas frente a Puerto Aysén. La evidencia sugiere que en ambas regiones los centros de cultivo inicialmente se fueron ubicando cerca de asentamientos urbanos y a medida que la industria creció, se fueron considerando zonas más alejadas en busca de condiciones apropiadas para el cultivo.

Selección de zonas Los Lagos y Aysén

Región de Los Lagos:

Zona Influenciada por la acuicultura Seno Reloncaví (Z1)

En la costa del Seno de Reloncaví se emplazan importantes centros urbanos entre los que se destaca Puerto Montt, capital regional, con una población de 220.800 habitantes (Organización de las Naciones Unidas, 2014), además de una intensa actividad portuaria, de pesca industrial y artesanal, y el desarrollo de la acuicultura de mitílidos y salmónidos. Respecto al desarrollo de salmonicultura, al 2016, se han otorgado un total de 52 y 40 concesiones acuícolas, en el Seno de Reloncaví y Estuario de Reloncaví, respectivamente. Según observaciones de Rodrigo (2006) el Seno de Reloncaví representa un área donde se pueden encontrar profundidades mayores a 300 metros. Silva (2006) observó valores de contenido de materia orgánica en los sedimentos >10%, así como un alto contenido de Carbono orgánico, >3,2%. En la zona se ha levantado información para macrofauna bentónica a partir de la elaboración de Informes Ambientales (INFAs), proyectos de investigación y publicaciones científicas.

Sectores seleccionados en la Zona Seno Reloncaví (Fig. 1)

Sector Bahía Chincui: En este sector es posible encontrar un amplio desarrollo de actividad industrial y portuaria, relacionada a: terminales marítimos, plantas procesadoras, astilleros y pisciculturas (Fuente: www.seia.cl). La Figura 1 muestra la distribución espacial de los centros de cultivo activos, solicitud de concesiones y AMERBs decretadas en el sector. Éste se encuentra dentro de la zona denominada “Chinquihue”, Bahía de Puerto Montt, aproximadamente a 10 Km de la capital regional. En el sector de Chincui predominan principalmente fondos blandos de tipo arena (> 90%), con porcentajes de fango entre un 4.5 a 10,5%. Los valores de materia orgánica en el sector fluctúan entre un 1 a 12%. Además, es posible encontrar valores negativos de potencial redox, cercanos a -40 mV (Fuente: www.seia.cl). Investigaciones desarrolladas en el sector han descrito altas concentraciones de As, tanto en la columna de agua y en el sedimento, en comparación con otras localidades del Seno de Reloncaví, como Metri e Ilque. Se observaron además valores elevados de Cu (38.92 ug/g) en el sedimento, que sobrepasan el límite permitido (< 25 ug/g), lo que podría estar relacionado a la alta actividad antrópica en el sector (Alarcón, 2003). De acuerdo a la Figura 2 las profundidades del sector estudiado fluctúan entre las 18 y 50 metros.

Respecto a la Macrofauna bentónica, los principales aportes descritos para este sector están dados por la expedición realizada por la Universidad de Lund en Chile durante 1948 y 1949:

Pawson, D. L. (1969). Holothuroidea from Chile report no. 46 of the Lund University Chile expedition 1948–1949. *Sarsia*, 38(1), 121-146.

Friedrich, H. (1970). Nemertinen aus Chile report no. 47 of the Lund University Chile expedition 1948–1949. *Sarsia*, 40(1), 1-80.

Brattström, H. (1990). Intertidal ecology of the northernmost part of the Chilean Archipelago: Report no. 50 of the Lund University Chile expedition 1948-49 1. *Sarsia*, 75(2), 107-160.

También ha aportado información más reciente el artículo de Pérez-Schultheiss, J., & Vásquez, C. Especie nueva de *Podocerus* LEACH, 1814 (Amphipoda: Senticaudata: Podoceridae) y registros nuevos de otros anfípodos para Chile.

Sector Isla Maillen: Esta isla está ubicada frente a la Bahía Huenquillahue (41°34'01,1''S; 73°03'30''O) se localiza a aproximadamente 20 Km al Oeste de Puerto Montt. En el sector es posible encontrar centros de cultivo de salmónes, mitílidos y pisciculturas, localizados a una profundidad media de 50 m. La Figura 5 muestra además solicitudes en trámite y AMERBs decretadas (Fuente www.seia.cl; Subsecretaría de Pesca y Acuicultura). El área se caracteriza por poseer fondos blandos de arena. Respecto a la macrofauna bentónica, la zona no presenta levantamiento de información relacionado a proyectos de investigación, ni publicaciones científicas, observándose sólo aportes derivados desde INFAs.

Sector Isla Guar: Esta isla está ubicada en Bahía Ilque posee aproximadamente 3 km de ancho y 2 km de largo, presenta una orientación abierta hacia el Este. Su batimetría no presenta rasgos abruptos, el fondo es plano con pendientes laterales suaves y profundidades máximas inferiores a 20 m. No fue posible determinar las profundidades cercanas a las estaciones muestreadas, la carta utilizada no lo señala (Fig 2). No presenta islas en las cercanías que puedan restringir la circulación (Díaz, 2012). En la zona es posible encontrar sustratos blandos, así como sedimentos con gran cantidad de valvas, aportadas por el desarrollo de la mitilicultura en la zona, además de porcentajes de materia orgánica entre un 1 a 4,5%, y de Carbono orgánico total entre 0,2 y 3,3% (Marín, 2013). En esta bahía se observa un alto número de concesiones de cultivo de salmónes y mitílidos.

Algunos estudios ya han dado cuenta del posible impacto ambiental derivado del desarrollo de la acuicultura en la zona. Se ha determinado que las concentraciones de N₂O aumentan con la profundidad, superando ampliamente el 100% de saturación, en especial en los niveles medio e inferior de la columna de agua. Esto podría indicar una difusión de N₂O desde capas de agua profunda hacia la superficie (Oyarzún, 2000). Estos resultados se pueden explicar, ya que en bahía Ilque se han reportado importantes aportes de materia orgánica provenientes del cultivo de salmónes (Oyarzún, 2000). En cuanto a metales pesados, en la columna de agua se han encontrado altas concentraciones de Níquel (Ni) (4.64 ug/L) y bajos niveles de Cadmio (Cd), Arsénico (As), Plomo (Pb) y Cobre (Cu).

Respecto a la información sobre macrofauna bentónica levantada para la zona, esta deriva principalmente desde Informes ambientales (INFAs) y una investigación realizada por Marín (2013), con la finalidad de realizar una propuesta de monitoreo ambiental para la mitilicultura. La investigación realizada por Marín describió cierto impacto en la zona, el que podría estar relacionado al sistema de cultivo de mitílidos de tipo artesanal y a la cercanía de centros de cultivo de salmónidos en la zona.

A continuación se presentan las estaciones seleccionadas en cada sector (Figura 1).

En el sector Bahía Chincui (Figura 1, S1) las estaciones se situaron a 200 metros del punto medio del centro, uno al norte del centro, otro al suroeste y al este. En este sector por la poca claridad de la ubicación de los módulos, así como la presencia de centros de cultivo de mitílidos se procedió a ubicar los puntos de muestreo en un triángulo más que una transecta. En el sector Isla Maillen (Figura 1, S2), las estaciones de muestreo fueron situadas en una transecta paralela a los módulos y separadas de estos por 100 metros.

La transecta sobre la cual se posicionaron las estaciones quedó opuesta a la costa debido a la presencia de centros de cultivo de mitílidos. La distancia entre estaciones es 200 metros. En el sector Isla Guar (Figura 1, S3) las estaciones de muestreo se situaron entre la costa y los módulos, debido a que las profundidades en el sector opuesto a la costa las profundidades eran mayores a 70 m (Figura 2). Las estaciones se ubicaron en una transecta paralela a la costa y alejada de los módulos por 140 metros. Las tres estaciones se distancian entre ellas por 200 metros.

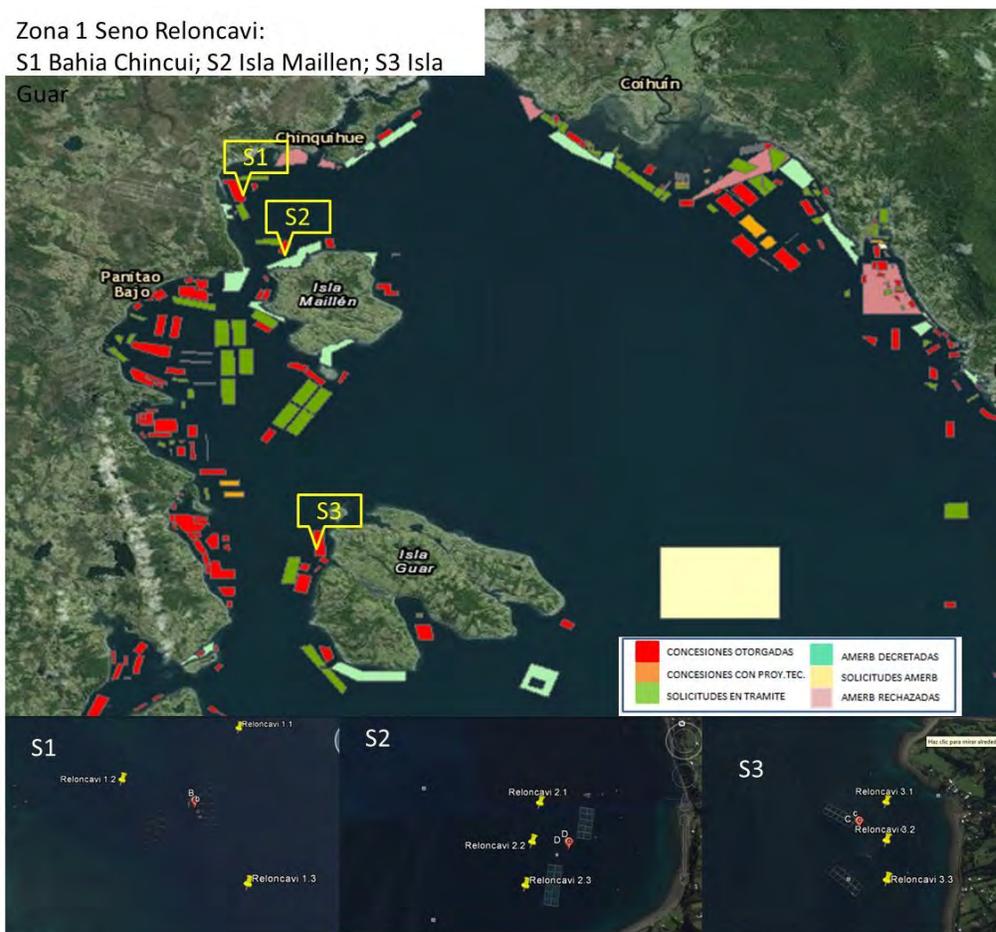


Figura 1. Zona 1 Seno Reloncaví, los sectores seleccionados (S) y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Sector Bahía Chincui, S2. Sector Isla Maillen, S3. Sector Isla Guar (3). Las estaciones en cada transecta se diferencian de 1 a 3.

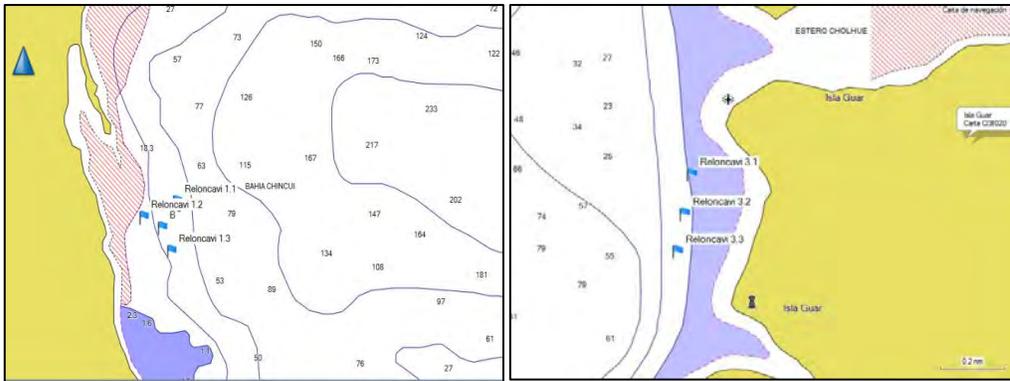


Figura 2. Carta con profundidades en los sectores de muestreo de B. Chincui e Isla Guar.

Zona Influenciada por la acuicultura Chiloé Central (Z2)

La población urbana y rural de la Provincia de Chiloé alcanza aproximadamente a 150.000 habitantes. En esta zona converge un alto desarrollo portuario y acuícola, principalmente derivado de la mitilicultura y salmonicultura, ubicándose en ésta el 56% de los centros de cultivo de mitílicos y 138 concesiones acuícolas. Entre las características de la zona destacan la presencia de profundidades menores a los 100 metros (Rodrigo, 2006). En ella además podemos encontrar sectores representativos de sedimentos con un bajo contenido de materia orgánica (< 5%) y otros de alto contenido de materia orgánica (> 5%) (Silva, 2008) (Figura 3).

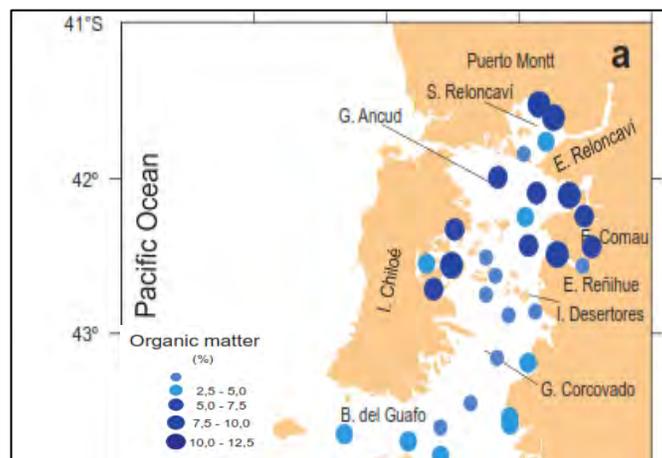


Figura 3. Materia Orgánica en sedimentos del mar interior de Chiloé. (Silva, 2008).

Según el catastro de macrofauna bentónica, aunque en la zona existe un alto número de registros sobre estas especies, la mayor proporción de esta información se ha levantado a través del desarrollo de Informes Ambientales (INFAs) y sólo algunos proyectos y publicaciones científicas.

A continuación se presentan los sectores seleccionado en la Zona Chiloé Central (Figura 4).

Los sectores seleccionados en esta zona corresponden a las zonas aledañas de centros de cultivo de salmónidos en los alrededores de determinadas islas por lo que los nombres de los sectores están relacionados a las islas:

Sector Isla Meulín

Sector Isla Caguach – Isla Quenac

Sector Isla Teuquelin

La Figura 4 muestra la distribución espacial de concesiones otorgadas y en trámite para el sector, así como de AMERbs decretadas. Astorga y Silva (2006) describieron para el Mar interior de Chiloé, específicamente para la zona aledaña a las Islas Meulín, Caguach y Teuquelin, según un análisis textural superficial del sedimento, el predominio de arena, limo y arcilla, bajos valores de materia orgánica total fluctuando entre 0 a 2%, y contenidos de carbono orgánico total entre 0 y 2,4%, además de N orgánico entre un 0 a 0,2%. De acuerdo a los proyectos ingresados al SEIA, en el sector cercano a Isla Meulín existe un desarrollo de la acuicultura intensiva de salmónidos, además de cultivos de macroalgas. Según el SEIA, en el sector cercano a Isla Caguach se ha dado el desarrollo de centros de cultivo de salmónidos y mitílidos. En tanto para Isla Teuquelin la salmonicultura es la principal actividad acuícola del sector. A través de un estudio sobre la topografía submarina de los canales de la Patagonia Norte, realizado en la zona por Rodrigo (2006) se observó profundidades < a 75 m en la zona. En la Fig. 5 se observa Carta con profundidades en los sectores de muestreo de I. Teuquelin, que van entre los 20 y 60 metros

Los reportes de macrofauna bentónica en la zona están dados principalmente por el desarrollo de INFAs y CPS derivadas de la actividad acuícola.

En el sector Isla Meulín, las estaciones de muestreo se ubicaron en una transecta paralela a los módulos en el extremo opuesto a la costa debido a que hacia la costa había bajos donde la navegación es peligrosa (Figura 4, S1). Las estaciones se distanciaron entre sí por 260 m. En Isla Caguach –Isla Quenac las 3 estaciones se ubicaron sobre una transecta paralela a los módulos, entre éstos y la costa, y alejadas de los módulos por 140 m. Las estaciones se distancian entre ellas por 230 m (Figura 4, S2). En Isla Teuquelin las tres estaciones se ubicaron sobre una transecta paralela a los módulos, y opuesta a la costa, donde la profundidad era más adecuada, 50 m en lugar de 20 m (Figura 5). La transecta estaba alejada de los módulos por 160 m y las estaciones separadas entre ellas por 200 m (Figura 4, S3).

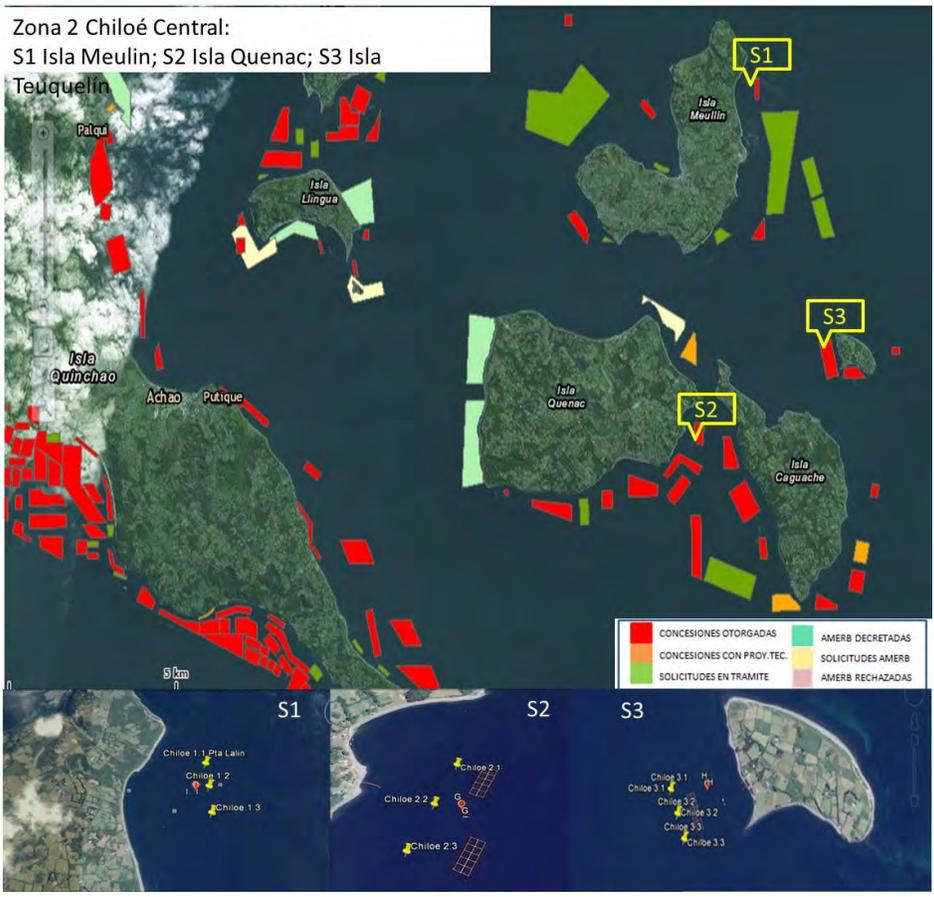


Figura 4. Zona 2 Chiloé Central y los sectores seleccionado (S) así como los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Sector Isla Meulín, S2. Sector Isla Caguach – Isla Quenac, S3. Sector Isla Teuquelin. Las estaciones en cada transecta se diferencian de 1 a 3.

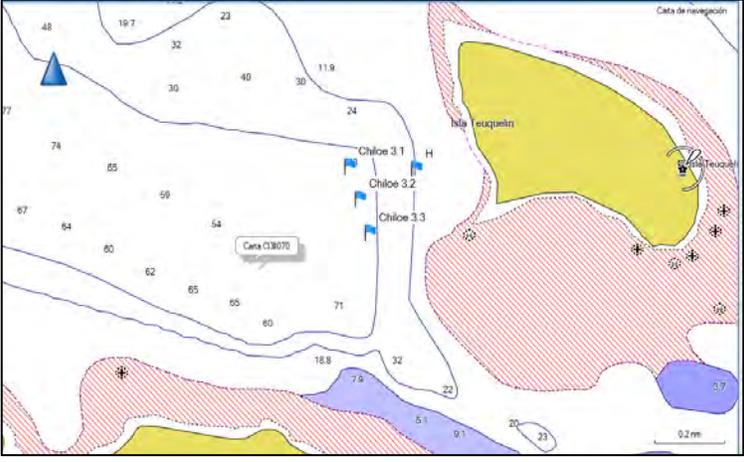


Figura 5. Carta con profundidades en los sectores de muestreo de I. Teuquelin. Zona menos influenciada por la acuicultura Golfo Corcovado (Z3)

Localizado en la Boca del Guafo. Durante el 2016 se registraron 3 concesiones acuícolas para salmonicultura, existen 3 áreas de manejo de recursos bentónicos y una caleta pesquera y no se registran centros de cultivo de choritos. De acuerdo a la carta náutica de la zona, las profundidades de este sector van desde los 28 a 100 metros (Figura 6). De acuerdo a lo indicado por expertos, en la zona no se realiza extracción de recursos debido a las profundidades en que estos se encuentran > 50 m.

De acuerdo Astorga y Silva (2006) en la zona al norte de Isla San Pedro, es posible encontrar principalmente sedimentos blandos de textura tipo arena, limo y arcilla, con porcentajes de materia orgánica total entre un 0 a 2%, porcentajes de carbono orgánico total entre un 0 a 1% y de N orgánico entre un 0 a 0,1%. De acuerdo a los resultados obtenidos por estos autores, estos niveles son menores que en otros sectores del mar interior de Chiloé, específicamente zonas cercanas a Quellón, Castro y Dalcahue. De acuerdo a Rodrigo (2006) en la zona aledaña a Isla San Pedro, es posible encontrar profundidades < 75 m.

Los centros de cultivo en esta zona están ubicados principalmente hacia el Noroeste de la Isla San Pedro, principalmente en el Canal Guamblad (Fuente: www.seia.cl). En la Figura 7 se puede observar que los usos asignados se encuentran en la parte norte de los sectores seleccionados.

La información de macrofauna bentónica registrada para la zona está principalmente dada por los INFAs, y un proyecto de investigación llevado a cabo por Marín (2009). La zona norte a Isla San Pedro ha sido estudiada a través de los cruceros de investigación científica CIMAR, pero información específica a la zona frente a Isla San Pedro, no presenta registros.

La Figura 7 muestra los 3 sectores seleccionados para la Zona 3, menos influenciada. Las transectas que representan los sectores están ubicados relativamente paralelos a la costa, levemente en diagonal, y separados entre sí por 800 metros. El sector 1 está más cerca de la costa (Corcovado Norte) y el 3 más alejado (Corcovado Sur), el sector 2 se denominó Sector Corcovado 2. Las estaciones de cada sector están posicionadas en el sentido de la transecta del sector y separadas unas de otras por 200 metros.

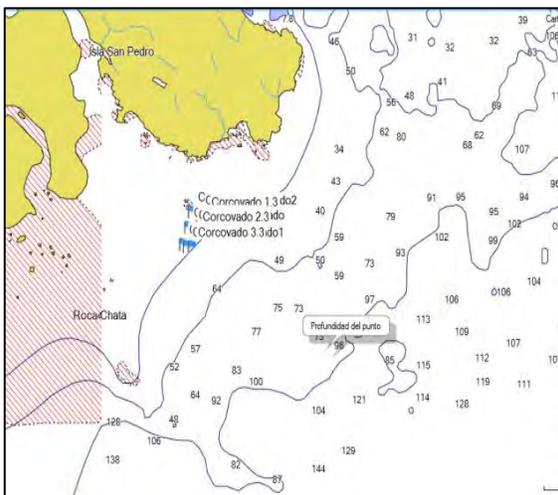


Figura 6. Carta con profundidades en los sectores de muestreo de Golfo Corcovado.

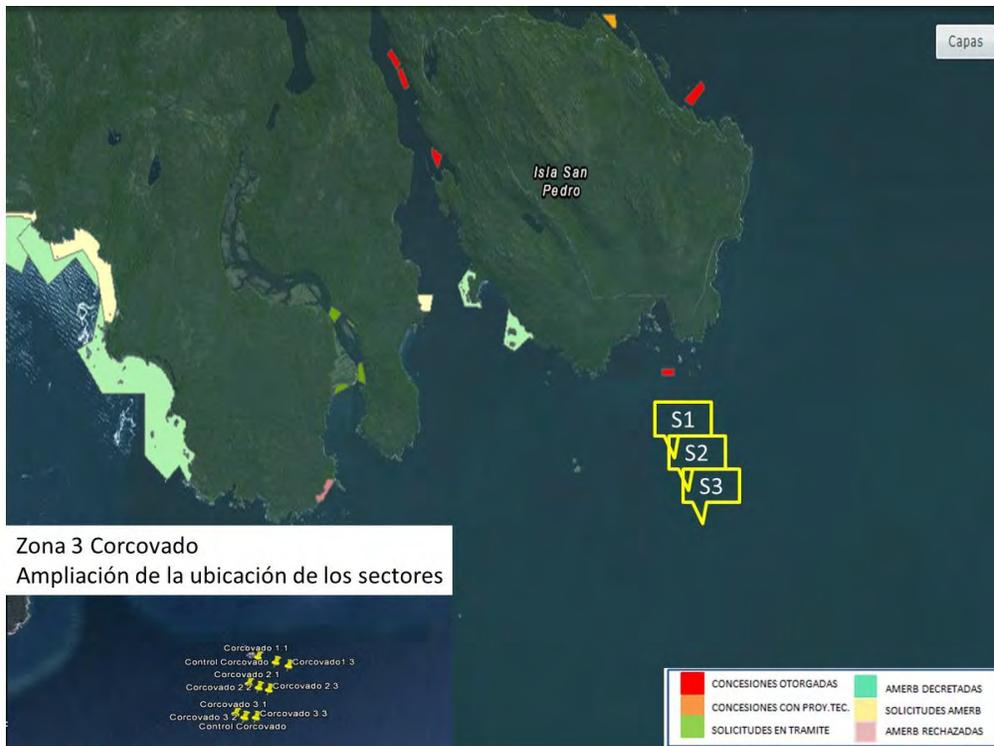


Figura 7. Zona 3 Corcovado frente a San Pedro, los sectores seleccionados (S), y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Los sectores se observan en ampliación en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Corcovado Norte, S2. Corcovado Centro, S3. Corcovado Sur. Las estaciones en cada transecta se diferencian de 1 a 3.

Zona menos influenciada por la acuicultura Bahía Tic Toc (Z4)

En la zona de Bahía Tic Toc y sectores aledaños, se reportaron 7 concesiones de cultivo de salmónidos, sin embargo, de acuerdo al visualizador de mapas de Subpesca no se observan concesiones aledañas a los sectores de muestreo (Figura 8). En la zona las profundidades son menores a los 60 m (Figura 9) y no existe información sobre macrofauna bentónica. La zona presenta lejanía a centros urbanos y en ella, durante su historia no ha habido más de 3 concesiones de salmonicultura activas. Silva (2006) observó en la zona profundidades menores a los 75 metros. Bahía Tic Toc no presenta altos porcentajes de materia orgánica (<5%) (Silva, 2006).

Los tres sectores se diferencian entre ellos por estar distanciados en más de 1 km y se nombraron como S1. Tic Toc Expuesta, S2. Tic Toc Costa y S3. Tic Toc Sur (Figura 8). Para los tres sectores las transectas donde se ubican las estaciones están situadas en dirección Norte-Sur, en forma paralela a la costa. Las estaciones de un sector están separadas entre sí por 200 metros.

Zona 4 Bahía Tic Toc

S1 Corcovado 1; S2 Corcovado 2; S3 Corcovado 3



Figura 8. Zona 4 Bahía Toc Toc Corcovado, los sectores seleccionados (S), y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Tic Toc Expuesta, S2. Tic Toc Costa, S3. Tic Toc Sur. Las estaciones en cada transecta se diferencian por un número de 1 a 3.

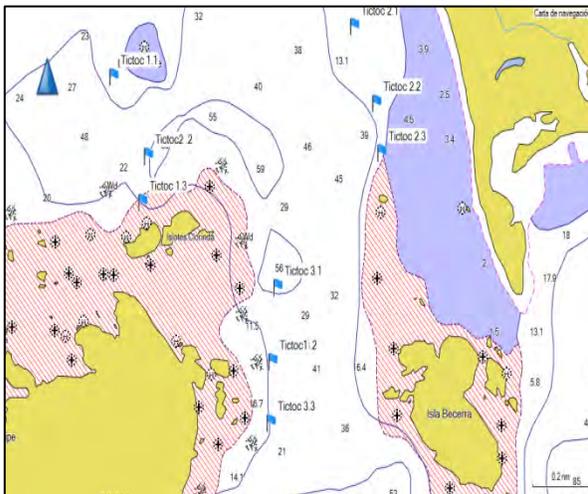


Figura 9. Carta con profundidades en los sectores de muestreo de Bahía Tic Toc

Región de Aysén

La Figura 10 muestra las zonas seleccionadas para la Región de Aysén: Melinka, Melinka Central, ambas influenciadas por la acuicultura y Raúl Marín Balmaceda 1 y Raúl Marín Balmaceda 2, ambas menos influenciadas por la acuicultura.

Cabe señalar que la información disponible para estas zonas es considerablemente menor que para las zonas de la Región de Los Lagos, por tanto, no existen muchos elementos que permitan presentar una caracterización de estas zonas y los sectores seleccionados. La selección realizada está fuertemente influenciada por los criterios de presencia de un centro activo categoría 3 durante el 2015, o en información desde consulta a profesionales sobre la presencia de fondos blandos en los alrededores de centros categoría 3, o de otro tipo. Por esto no se ha podido describir los sectores como se hizo para la mayoría de los sectores de la región de Los Lagos.

Zona influenciada Melinka (Z7)

Los sectores seleccionados inicialmente en la zona Melinka son Canal Lagreze, Isla Betecoi (al norte de la Isla) e Isla Sánchez (oeste de la Isla). La Figura 10 muestra la distribución espacial de las concesiones acuícolas en la zona y asociada a los sectores seleccionados. De estos sectores, Isla Betecoi no cumple el requisito de haber estado operando el año 2015, pero si el 2016. Lamentablemente, no se encontró otro centro que cumpliera con ese requisito, además del requerimiento de fondo blando y profundidad menor o igual a 60 m.

Canal Lagreze (43°54'30"S, 73°15'W) está ubicado en el noreste de Islas Guaitecas. El área posee profundidades de hasta 63 m y presenta una columna de agua estratificada con salinidades de 27 a 33 psu por sobre los 50 m de profundidad (Silva et al., 1995). Las cartas de navegación consultadas no muestran las profundidades en estos canales. En el canal se presentan principalmente centros de cultivo intensivo de salmónidos (Fuente www.seia.cl). La información sobre macrofauna bentónica levantada en la zona corresponde principalmente a la derivada desde INFAs y lo registrado por los cruceros de investigación científica CIMAR durante los años 2001 – 2002, específicamente a lo colectado durante el CIMAR 8 en la Boca del Canal Taumapu (Melinka). Para los otros dos sectores la información es mucho más limitada conociéndose acerca de sus fondos solo a través de las INFAs

En el sector Canal Lagreze la transecta en la que se posicionan las estaciones está ubicada en forma paralela a los bordes del canal a una distancia de 100 m de los módulos. Las estaciones están posicionadas a lo largo de la transecta separadas entre sí por 200 metros (Figura 10, S1). En el sector Norte de Isla Betecoi la transecta en la que se posicionan las estaciones está ubicada en forma paralela a la costa de la Isla a una distancia de 100 m de los módulos. Las estaciones están posicionadas a lo largo de la transecta separadas entre sí por 200 metros. Este sector está separado del sector previo por 800 m (Figura 10, S2). El sector Isla Sánchez la transecta en la que se posicionan las estaciones está ubicada en forma paralela a la costa de la Isla. No se observan las estructuras de cultivo y se asume que el punto N es el punto medio del centro. Basado en ese supuesto las estaciones de muestreo se posicionaron a una distancia de 100 m del punto medio a lo largo de la transecta y separadas entre sí por 200 metros (Fig. 10, S3).

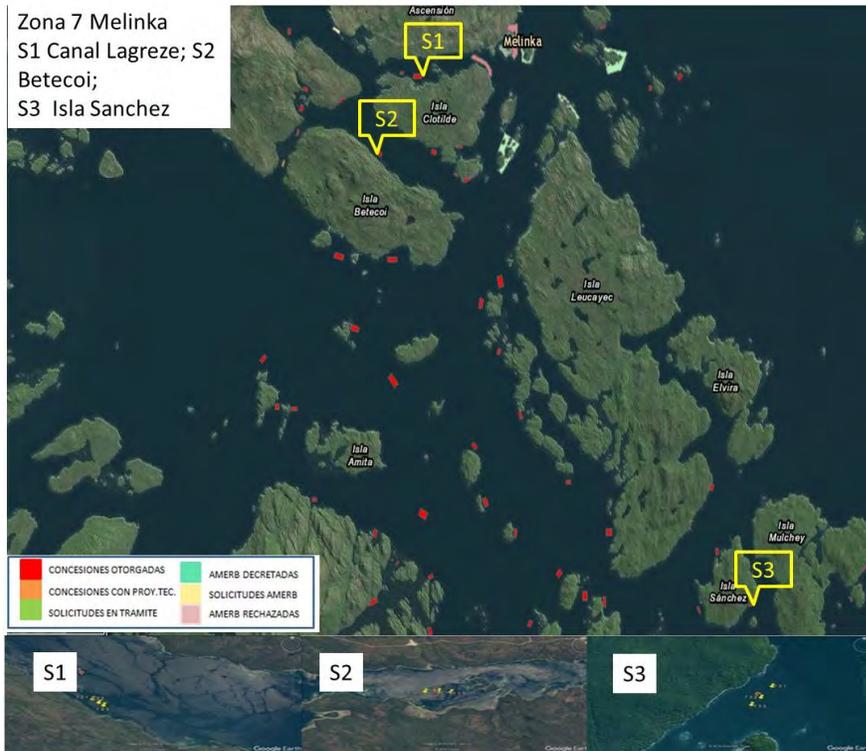


Figura 10. Zona 7 Melinka, los sectores seleccionado (S), y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte inferior de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Canal Lagreze, S2. Isla Betecoi, S3. Isla Sánchez. Las estaciones en cada transecta se diferencian por un número de 1 a 3.

Zona influenciada Melinka Central (Z8)

Los sectores escogidos en esta zona son Isla May e Isla Forsyth. Originalmente se había seleccionado Isla Rojas como tercer sector, sin embargo, durante la primera campaña primavera-verano se constató que en este sector no había fondo blando después de varias inspecciones con cámara submarina y con lanzamientos de la draga. Debido a esto se planteó un reemplazo de este sector por más estaciones de muestreo de en los otros dos sectores al Consejo FIPA para cumplir con mantener las 9 estaciones de muestreo por zona. Esta propuesta fue aceptada por el Consejo. Así, en el sector Isla May se muestrearon 4 estaciones en lugar de 3 y en Isla Forsyth 5 estaciones.

En los dos sectores de esta zona las transectas se ubicaron de manera paralela a la costa. En ellas se posicionaron las estaciones distanciada de los módulos en aproximadamente 100 m. La distancia entre estaciones es de 200 metros (Figura 11, S1 y 11, S2).

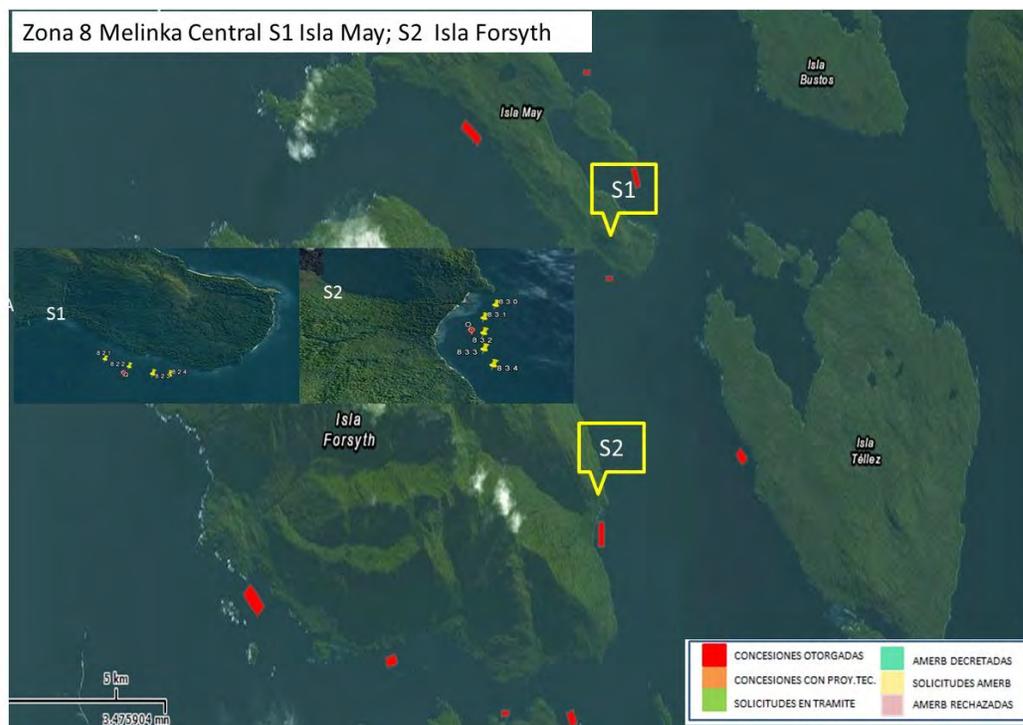


Figura 11. Zona 8 Melinka central, los sectores seleccionados (S), y los principales usos del espacio obtenidos con el visualizador de Subpesca. Cada sector es ampliado en la parte central de la figura para mostrar las estaciones de muestreo en los sectores. S1. Isla May, S2. Sector Isla Forsyth. Las transectas se diferencian por un número de 1 a 4 y 0 a 4, respectivamente.

Zona menos influenciada Raúl Marín Balmaceda 1 (Z5)

La zona presenta lejanía a centros urbanos y en ella existen 3 concesiones de salmonicultura y sólo algunos pequeños cultivos irregulares de mitilidos. La zona presenta además condiciones de profundidades menores a los 75 metros (Silva, 2006). La zona presenta porcentajes de materia orgánica <5% (Silva, 2006). Según el catastro de macrofauna bentónica, en ella no se ha levantado información sobre estos organismos. De acuerdo al visualizador de mapas de Subpesca, aledaños a los sectores se encuentran AMERBs decretadas. Al norte del S1 se encuentran concesiones de acuicultura y la desembocadura del Río Palena (Figura 12).

La Figura 13 muestra las profundidades de lugares cercanos a los puntos de muestreo. Las transectas que representan a cada sector están ubicadas paralelamente a la costa. El sector 1 (S1) se separa del sector 2 (S2) por 2000 metros, y el S2 del sector 3 (S3) por 4000 metros. Las estaciones están posicionadas a lo largo de la transecta y separadas una de otra por 200 metros (Fig 13).

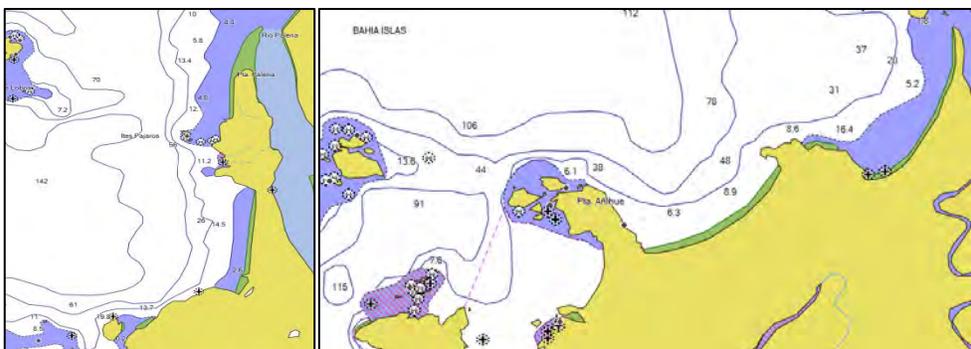


Figura 12. Carta con profundidades en los sectores de muestreo de RMB1 y RMB2.

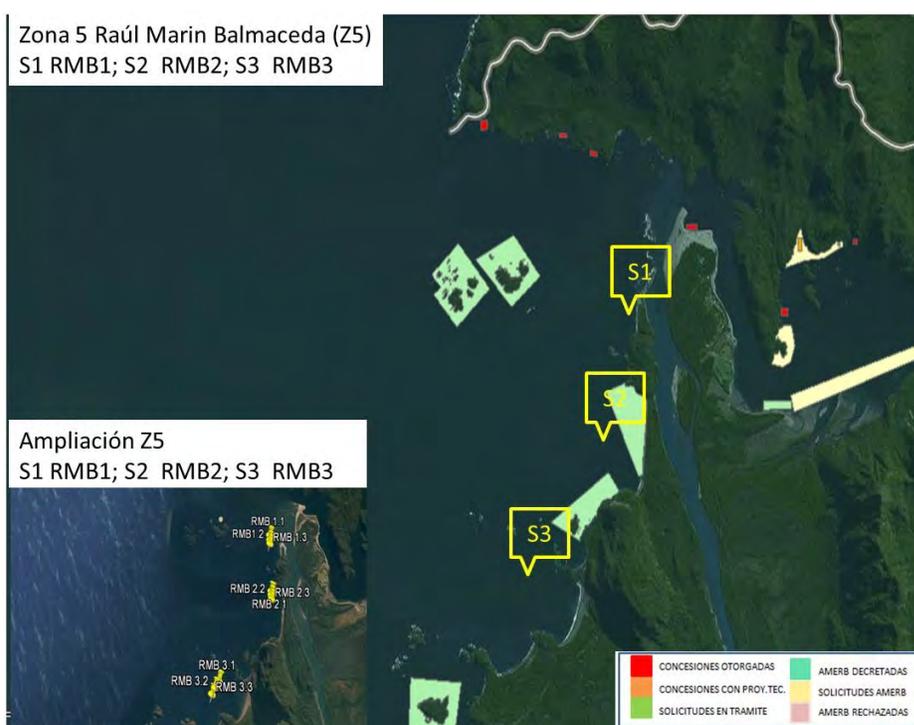


Figura 13. Sectores en la zona Raúl Marín Balmaceda (S1, S2, S3) y las estaciones en cada sector numeradas de 1 a 3. Se presenta una ampliación de los sectores para indicar la posición de las transectas.

Zona menos influenciada Raúl Marín Balmaceda 2 (Z6)

Esta zona reemplaza a Punta Puquitiñ que no pudo ser muestreada en la primera campaña por no presentar fondos blandos como fue indicado previamente. Esta zona fue muestreada posterior a la primera campaña durante 13-16 marzo 2017 para completar el muestreo primavera-verano y constatar si podía ser considerada como segunda zona no influenciada. Los resultados permitieron corroborar esto y en consecuencia se incorporó a la campaña de otoño-invierno. La Figura 14 muestra los sectores según

el visualizador de mapas de Subpesca. No se observan concesiones acuícolas cercanas, solo AMERBs decretadas.

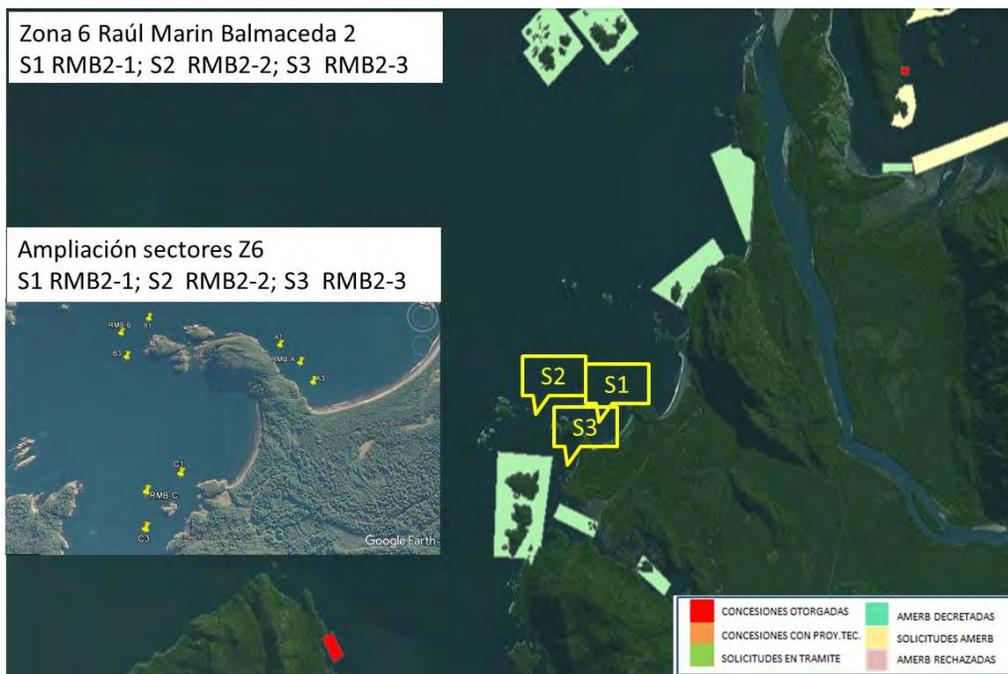


Figura 14. Sectores en la Zona Raúl Marín Balmaceda 2 y las estaciones en cada sector. Se presenta una ampliación de los sectores para mostrar las estaciones de muestreo por cada sector.

ANEXO 2: Metodología Winkler

Determinación de Oxígeno Disuelto:

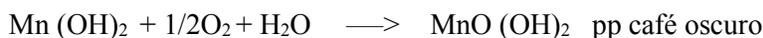
Consiste en convertir el oxígeno disuelto en la muestra de agua de mar en un equivalente químico de manganeso +4, los que posteriormente son convertidos en equivalentes químicos de yodo, para finalmente ser determinado por yodometría. Para esto se hace reaccionar el oxígeno disuelto con hidróxido de manganeso +2 en medio básico, pasando a óxido-hidróxido de manganeso (+4).

Posteriormente se acidifica la muestra y el compuesto formado en presencia de ioduro, libera yodo el que es titulado con tiosulfato de sodio.

Esto puede ser descrito por las siguientes ecuaciones:



$\text{Mn}(\text{OH})_2$ formado reacciona con el oxígeno disuelto para oxidar manganeso (+4) produciendo un precipitado café.

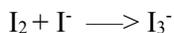
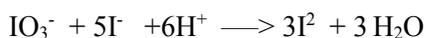


En estas condiciones la muestra puede almacenarse durante 8 a 12 horas en la oscuridad. Posteriormente se determina la cantidad de oxígeno disuelto mediante la acidificación de la solución con ácido sulfúrico llevando la solución a un pH entre valores 2,5 y 1. Esta acidificación disuelve el precipitado liberando iones de MN (+4) que reaccionan con el yoduro presente en los reactivos que se agregaron, liberando yodo, el cual a su vez forma un complejo triyodado debido a la presencia de un exceso de yoduro:



La cantidad de yodo se determina por titulación con una solución valorada de tiosulfato de sodio de concentración 0,03N, usando almidón como indicador.

El tiosulfato es un buen reductor para la yodometría pero tiene la desventaja de no ser un patrón primario, por lo que debe ser estandarizado. El patrón primario utilizado es el yodato de potasio KIO_3 , con este se puede determinar la concentración del tiosulfato utilizado en la determinación de oxígeno. Las reacciones asociadas en esta titulación son las siguientes:



Materiales:

Botellas de vidrio de 250 ml tapa esmerilada

Buretas de 25 y 50 ml

Matraz Erlenmeyer graduados (200 ml)

Pipetas de 1 y 10 ml

Pipetas automáticas de 1 ml

Reactivos:

Solución de cloruro de manganeso (MnCl_2)(Solución A): disolver 60 grs de $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ a 100 ml con agua destilada, en matraz aforado (3M).

Solución de yoduro alcalino (Solución B). Pesar 32 g de NaOH y disolver en 30 l de agua destilada (8M). Disolverlo en pequeñas porciones agitando lentamente y enfriando mediante un baño de agua fría. Pesar 60 g de NaI y disolverlos en pequeñas porciones en 50 ml aua destilada (4M). Una vez preparadas ambas soluciones juntarlas agitando lentamente y llevarlas a 100 ml.

Ácido sulfúrico concentrado (densidad específica 1.84). Agregar muy lentamente y enfriando, 28 ml de H_2SO_4 concentrado a 77 ml de agua destilada, que se encuentra en un vaso de 250 ml puesto en un baño de agua fría. Después de enfriar llevar a un 100 ml en un matraz aforado.

Solución indicadora de almidón-glicerina. Se disuelve 3 g de almidón soluble en agua destilada, agitando y calentando lentamente, y llevar a volumen de 100 ml de una solución glicerina, agua en proporción 1:1.

Solución de tiosulfato de sodio 0,3 N. Pesar 7,44 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y disolver en agua destilada fría que haya sido hervida previamente por lo menos 10 minutos. Aforar a 100ml con agua destilada fría. Agregar algunas gotas de CHCl_3 (cloroformo) y 01 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{CO}_3$ como preservante.

Solución de tiosulfato de sodio 0,03 N. De la solución anterior (0,3N), se toman 10 ml y se aforan 100ml.

Solución estándar de iodato 0,0100N. Secar KIO_3 P.A. em estufa a 170 °C por uma hora. Deje enfriar em um dessecador. Pese exatamente 0,3567 g y afore a 1000 ml com agua destilada.

Colección de las muestras:

Las muestras de agua serán obtenidas con botella go-flow de 10 litros a un metro del fondo. Se deben obtener muestras de 250 ml de agua. Tener cuidado de causar la menor turbulencia posible durante el llenado de las botellas. Para muestreos críticos, 3 volúmenes de agua igual al del contenido de la botella deberá dejarse fluir, de manera que aquella que se contaminó con oxígeno en el llenado sea eliminada. Se tatará el matraz sin dejar atrapadas burbujas en el interior del matraz de muestreo.

Se debe enjuagar el matraz de muestreo de oxígeno disuelto, a lo menos 3 veces con la muestra, evitando formación de burbujas para no alterar la concentración de ella.

Fijación del Oxígeno

El oxígeno disuelto se fijará químicamente por el siguiente procedimiento:

Destapar el matraz cuidadosamente sin provocar burbujas ni derramar muestra.

Introducir 1 ml de Solución A, $MnCl_2$ al fondo de la botella.

Seguido por 1 ml de Solución B, yoduro alcalino por debajo de la superficie.

Tapar la botella teniendo cuidado de no dejar burbujas de aire (deje caer suavemente la tapa en forma inclinada sobre la botella). Agitar invirtiendo varias veces. Dejar el precipitado reposar y agitar nuevamente.

Tapar y agitar suavemente hasta que el precipitado se disuelva. En este punto la muestra se puede mantener entre 24 y 48 horas, conservarla en frío y sin luz.

Titulación por las muestras:

Una cantidad medida, generalmente de 200 ml de la muestra fijada deberá ponerse en un erlenmeyer para ser titulado con la solución de tiosulfato de sodio sobre un fondo blanco hasta que se obtenga un color amarillo pajizo.

Agregar 1-2 ml de la solución indicadora de almidón, seguir la titulación gota a gota hasta que el color azul del indicador desaparezca. El contenido de oxígeno disuelto en la muestra estará dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Oxígeno disuelto (mg/l o ppm)} = \frac{200}{\text{volumen de la muestra titulada}} \times \text{factor de standarización} \times \text{ml de solución de tiosulfato usado}$$

Los valores de oxígeno disuelto pueden ser transformado de mg/l o ppm a ml de gas a 0°C y 760 mm de Hg mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Oxígeno disuelto (cc/l a 0°C y 760 mm de Hg)} = \text{Oxígeno disuelto (mg/l)} \times 0,698$$

Standard Methods for the examination of the water and wastewater. APHA.AWWA.WEF.20th edition. 1998.

Curso OCE QUI 444. Guía de laboratorio de oxígeno disuelto.

ANEXO 3: Registros Transferencia

ANEXO 4: Modificación del convenio de investigación

ANEXO 5. Personal Participante por Actividad

Los cuadros siguientes detallan las funciones, número de horas/mes del equipo de trabajo que participó en el proyecto, incluyendo personal que no fue previsto en la fase de diseño, pero que fue necesario contratar para realizar actividades imprevistas como:

1. Personal de apoyo para el terreno de recuperación de la Zona 6 (Punta Puquítín), reemplazada por el sector de Raúl Marín Balmaceda (RMB2) de la Región de Aysén”, zona que no se pudo muestrear en la campaña primavera – verano 2016, por no contar con fondo blando, según se constató durante la campaña primavera – verano (Noviembre-Diciembre 2017).
2. Personal de apoyo en el tratamiento y manejo de muestras post terreno, para envío de muestras de macrofauna para análisis del grupo de taxónomos.

Al cierre del proyecto y en base al análisis del número de horas promedio según personal y actividades, se puede visualizar que el proyecto original presupuestó un total de 6.650 h. de trabajo, sin embargo dada la contratación de personal adicional, la ejecución de actividades no previstas y la extensión de meses del proyecto, hubo un aumento de 4.800 h. de trabajo, llegando a un total de 11.450 h. incluyendo la revisión y cierre del informe final.

DISTRIBUCIÓN HORAS RECURSO HUMANO, SEGÚN ACTIVIDAD Y MES DE EJECUCIÓN																														
Nº	Actividad	RRHH Asociado	2016			2017												2018												Total H/H
			Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
			Nº de H/H por actividad																							Evaluación Proyecto				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
1	Levantamiento de información sectores seleccionados para muestreo Región Los	Rosa Núñez	40																									40		
		Estrella Hernández	30																										30	
2	Diseño plan de muestreo	Rosa Núñez	40																									40		
		Estrella Hernández	30																									30		
		Sandra Marín	20																									20		
3	Revisión plan de monitoreo con SUBPESCA	Estrella Hernández		20																								20		
		Sandra Marín		20																									20	
4	Elaboración y envío Acta revisión de plan de monitoreo a FIPA	Estrella Hernández		20																								20		
5	Coordinación campaña PV_2016 Región Los Lagos y Aysén	Rosa Núñez		40																								40		
6	Campaña PV_2016, Región Los Lagos y Aysén	Joaquín Lambert		56																								56		
		Camilo Arriagada		56																								56		
		Sandra Madariaga		10																									10	
7	Recuperación zona menos influenciada - RMB2 - [PV 2016]*	Loreto Pino																										8		
		Thamara Matamala																											8	
		Jaime Valencia																											8	
		Juan Pablo Barril																											8	
		Katherinne Espinoza																											10	
8	Coordinación campaña OI_2017, Región Los Lagos y Aysén	Rosa Núñez																										40		
9	Campaña OI_2017 Región Los Lagos y Región de Aysén	Loreto Pino																											128	
		Thamara Matamala																											128	
		Katherinne Espinoza																											128	
		Rodrigo Terrile																											128	
		Sandra Madariaga																											10	
10	Repetición campaña PV_2017 (4 zonas)**	Loreto Pino																											48	
		Thamara Matamala																											48	
		Katherinne Espinoza																											48	
		Patricio Salamanca																											48	
11	Evaluación técnica - económica campaña de muestreos	Estrella Hernández																										40		
12	Procesamiento y análisis de muestras Campañas PV 2016 _ OI 2017 _ PV 2017 [recuperación] Región Los Lagos y Aysén	Loreto Pino			160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	1920	
		Thamara Matamala			160	160	160	160	160	80	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	2160
		Valeria Chavez															160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	1440	
		Astrid Isla															80												80	
		Mariela Guzmán																					160	160	160	160	160	160	640	
		Gabriela Maquehue															160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	480	
		Eulogio Soto				30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	520	
		Javier Sellanes				30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	520	
		Jorge Pérez				30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	520	

PLANILLA DE RECURSOS HUMANOS SEGÚN NOMBRE, FUNCIONES, ACTIVIDADES, N° HRS MENSUALES, N° DE MESES COMPARACIÓN PROPUESTA VS EJECUTADO								
Nombre	Función	Actividades	Comparación					
			Propuesto			Ejecutado		
			Hrs. promedio mes	N° Meses	Total H/H	Hrs. promedio mes	N° Meses	Total H/H
Sandra Marin	Directora de proyecto	Dirección general del proyecto. Responsable del estudio ante la Universidad, FIPA y SUBPESCA Dirige y coordina equipo de trabajo para el desarrollo de informes de avance y finales Participación en taller de difusión a agentes públicos, privados y académicos Apoyo didáctico en taller de transferencia de aplicación del AMBI a agentes públicos relacionados	30	16	480	22,96	23	528
Estrella Hernández	Gestión tecnológica	Dirección alterna del proyecto. Coordinación de actividades de vinculación con agentes externos Seguimiento y monitoreo subcontrato Gestión administrativa - contable del proyecto Responsable de las actividades de difusión y transferencia del proyecto Evaluación técnica - económica campañas muestreo Apoyo en el diseño de informes de avance y final del proyecto	40	16	640	31,96	23	735
Rosa Nuñez	Coordinación de equipos de trabajo para cálculo de AMBI	Responsable de la recopilación de información sobre las actividades que se desarrollan en los lugares de muestreo. Responsable del manejo de planillas de información, para el cálculo de AMBI en las zonas de muestreo. Apoyo didáctico en taller de transferencia de aplicación del AMBI a agentes públicos relacionados Apoyo en el diseño de informes de avance y finales	40	16	640	31,3	23	720
Sandra Madariaga	Asesoría química	Preparación equipo de terreno para metodología winkler Preparación de reactivos para campañas Calibración de microtitulador	20	1	20	10	2	20

Nombre	Función	Actividades	Pesupuestado					
			Original			Real		
			Hrs. promedio mes	N° Meses	Total H/H	Hrs. promedio mes	N° Meses	Total H/H
Claudia Zil	Informática	Actualización de información base de datos de macrofauna bentónica de SUBPESCA Responsable de la migración de datos levantados en el proyecto a los archivos access y SQL server requeridos para la base de datos de macrofauna bentónica de SUBPESCA Responsable de generar el formato presentación resultados del proyecto	60	4	240	30	8	240
Loreto Pino	Profesional de apoyo y analista de macrofauna Encargada de terreno, campaña de repetición primavera - verano 2017	Análisis de muestras de sedimento para obtención de la macrofauna bentónica. Analista de macrofauna (identificación de especies) Generación de planillas de macrofauna e índices biológicos y ecológicos Encargada de terreno, campaña de repetición PV_2017 y terreno recuperación RMB2	120	12	1.440	175,3	12	2.104
Thamara Matamala	Profesional de apoyo y analista de macrofauna	Análisis de muestras de sedimento para obtención de la macrofauna bentónica. Analista de macrofauna (identificación de especies) Generación de planillas de información de parámetros físico-químicos del sedimento Ayudante de terreno, campaña de repetición PV_2017 y terreno recuperación RMB2	120	12	1.440	167,4	14	2.344
Valeria Chavez	Profesional de apoyo y analista de macrofauna	Análisis de muestras de sedimento para obtención de la macrofauna bentónica. Analista de macrofauna (identificación de especies) Generación de planillas de información de parámetros físico-químicos del sedimento	-	-	-	160	9	1.440

ANEXO 6. Imagen archivo Darwin Core de las muestras del FIPA ingresadas en colección de referencia de la Universidad Católica del Norte

Muestras disponibles en sala de colecciones (SCBUCN) (<https://www.gbif.org/dataset/c2d8bc68-8f4d-465e-80b2-734a4bb9d806>)

trayCod	decimalLatitude	decimalLongitude	dateIdentified	scientificName	kingdom	phylum	class	order	family	genus	subgenus	specificEpithet	infraspecificEpithet
1	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Linucula pisum (Sowerby I, 1833)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Nuculida	Nuculidae	Linucula	pisum	
2	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Tindaria striata (King, 1831)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Nuculanida	Tindariidae	Tindaria	striata	
3	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Nassarius coppingeri (Smith, 1881)	Animalia	Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Nassaridae	Nassarius	coppingeri	
4	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Thysira falklandica (Smith, 1885)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Lucinida	Thysiridae	Thysira	falklandica	
5	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Macoploia inornata (Hanley, 1844)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Cardida	Tellinidae	Macoploia	inornata	
6	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Semimytilus algosus (Gould, 1850)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	Semimytilus	algosus	
7	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Eurhomalea exalbida (Dilwyn, 1817)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Venerida	Veneroidae	Eurhomalea	exalbida	
8	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Caecum chilense Stuardo, 1962	Animalia	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Caecidae	Caecum	chilense	
9	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Yoldiella chilensis (Dal, 1908)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Nuculanida	Yoldiidae	Yoldiella	chilensis	
10	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Pareuthria atrata (Smith, 1861)	Animalia	Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Buccinidae	Pareuthria	atrata	
11	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Nassarius gayi (Kiener, 1834)	Animalia	Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Nassaridae	Nassarius	gayi	
12	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Eurhomalea rufa (Lamarck, 1818)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Venerida	Veneridae	Eurhomalea	rufa	
13	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Aulacomya atra (Molina, 1782)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	Aulacomya	atra	
14	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Crepipatella dilatata (Lamarck, 1822)	Animalia	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Calyptraeidae	Crepipatella	dilatata	
15	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Mytilus edulis Linnaeus, 1758	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	Mytilus	edulis	
16	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Choromytilus chorus (Molina, 1782)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	Choromytilus	chorus	
17	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Leptochiton medinae (Plate, 1899)	Animalia	Mollusca	Polyplocophora	Lepidopleurida	Leptochitonidae	Leptochiton	medinae	
18	BBF1C6N4	-41,6998	-72,8332	2018-08-03	Iothia emarginuloides (Philippi, 1868)	Animalia	Mollusca	Gastropoda	Mytilida	Mytilidae	Iothia	emarginuloides	
19	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-16	Choromytilus chorus (Molina, 1782)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	Choromytilus	chorus	
20	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-16	Crepipatella dilatata (Lamarck, 1822)	Animalia	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Calyptraeidae	Crepipatella	dilatata	
21	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-16	Aulacomya atra (Molina, 1782)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	Aulacomya	atra	
22	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-16	Eurhomalea exalbida (Dilwyn, 1817)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Venerida	Veneroidae	Eurhomalea	exalbida	
23	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-17	Mytilus edulis Linnaeus, 1758	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	Mytilus	edulis	
24	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-17	Semimytilus algosus (Gould, 1850)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	Semimytilus	algosus	
25	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-17	Nassarius gayi (Kiener, 1834)	Animalia	Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Nassaridae	Nassarius	gayi	
26	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-17	Nassarius coppingeri (Smith, 1881)	Animalia	Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Nassaridae	Nassarius	coppingeri	
27	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-17	Tawera elliptica (Lamarck, 1818)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Venerida	Veneridae	Tawera	elliptica	
28	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-17	Amephinomya antiqua (King, 1832)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Venerida	Veneridae	Amephinomya	antiqua	
29	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-17	Thysira falklandica (Smith, 1885)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Lucinida	Thysiridae	Thysira	falklandica	
30	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-17	Yoldiella chilensis (Dal, 1908)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Nuculanida	Yoldiidae	Yoldiella	chilensis	
31	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-17	Tindaria striata (King, 1831)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Nuculanida	Tindariidae	Tindaria	striata	
32	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-17	Macoploia inornata (Hanley, 1844)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Cardida	Tellinidae	Macoploia	inornata	
33	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-17	Caecum chilense Stuardo, 1962	Animalia	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Caecidae	Caecum	chilense	
34	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-17	Carditopsis fiabellum (Reeve, 1843)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Carditida	Condylocardidae	Carditopsis	fiabellum	
35	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-17	Solen thuelchus Hanley, 1842	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Adapedonta	Solenidae	Solen	thuelchus	
36	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-20	Eurhomalea rufa (Lamarck, 1818)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Venerida	Veneroidae	Eurhomalea	rufa	
37	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-20	Linucula pisum (Sowerby I, 1833)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Nuculida	Nuculidae	Linucula	pisum	
38	BBF1C6N4	-42,4232	-73,3025	2018-08-20	Tindaria striata (King, 1831)	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Nuculanida	Tindariidae	Tindaria	striata	
39	BBF1C6N4	-43,3878	-73,6522	2018-08-21	Malletia chilensis Desmoulin, 1832	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Nuculanida	Malletidae	Malletia	chilensis	
40	BBF1C6N4	-43,3878	-73,6522	2018-08-21	Solen thuelchus Hanley, 1842	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Adapedonta	Solenidae	Solen	thuelchus	
41	BBF1C6N4	-43,3878	-73,6522	2018-08-21	Nelenton hunei Sant-Ryen, 1957	Animalia	Mollusca	Bivalvia	Venerida	Nelentonidae	Nelenton	hunei	

ANEXO 7. Listado de especies no asignadas grupo ecológico (GE) y asignación sugerida por expertos.

Grupo	Especie	Decisión
Molusco	Aequiyoldia eightsii	IV
Annelida	Amaeana occidentalis	III
Arthropoda	Ampelisca gracilicauda	
Annelida	Amphicorina sp.	II
Arthropoda	Anchistylis notus	
Annelida	Aricidea (Acmira) finitima	II
Annelida	Aricidea (Acmira) strelzovi	II
Annelida	Aricidea (Aedicira) antarctica	IV
Annelida	Aricidea sp.	II
Arthropoda	Atylus villosus	
Molusco	Aulacomya atra	III
Annelida	Boccardia polybranquia	IV
Molusco	Caecum magellanicum	II
Arthropoda	Cancer plebejus	II
Annelida	Caulleriella sp.	III
Annelida	Chaetozone curvata	IV
Annelida	Chaetozone sp1	IV
Annelida	Chaetozone sp2	IV
Annelida	Chaetozone sp3	IV
Annelida	Cirrophorus sp.	
Annelida	Clymenella minor	I
Arthropoda	Copepoda n.d.	
Annelida	Ctenodrilus sp.	
Molusco	Cumella cf. Argentina	II
Molusco	Cyamiocardium denticulatum	II
Arthropoda	Diastylis argentata	II
Arthropoda	Diastylis tongoyensis	II
Annelida	Dodecaceria multifiligera	III
Arthropoda	Drummondia luce	
Arthropoda	Erikus dahli	
Annelida	Eteone sculpta	II
Arthropoda	Eudorella cf. hispida	II
Molusco	Eurhomalea exalbida	I
Molusco	Eurhomalea rufa	I
Annelida	Exogone sp2	II
Arthropoda	Fuegiphoxus sp.	
Arthropoda	Fuegiphoxus uncinatus	
Arthropoda	Haplocheira balssi	
Arthropoda	Harpiniopsis fulgens	I
Annelida	Hesionella sp.	
Molusco	lothia emarginuloides	
Annelida	Kirkegaardia sp1	IV
Annelida	Kirkegaardia sp2	IV

Grupo	Especie	Decisión
Annelida	Leanira quatrefaguesi	II
Annelida	Leocratides sp.	
Annelida	Leodamas sp.	I
Arthropoda	Leptocuma patagonicum	I
Molusco	Leukoma antiqua	I
Annelida	Levinsenia antarctica	III
Arthropoda	Liljeborgia longicornis	
Molusco	Limea pygmaea	I
Molusco	Linucula pisum	IV
Annelida	Lumbrinerides sp1	II
Annelida	Lumbrinerides sp2	II
Arthropoda	Lysianassoidea n.d.	
Molusco	Macoploma inornata	III
Arthropoda	Macrochiridothea aff. Lilianae	II
Arthropoda	Mayerella magellanica	
Annelida	Melinna cristata australis	III
Arthropoda	Melita gayi	
Arthropoda	Metharpinia longirostris	
Arthropoda	Microphoxus cornutus	I
Annelida	Naineris chilensis	I
Arthropoda	Natatolana chilensis	
Annelida	Nephtys magellanica	III
Arthropoda	Notiax brachyophthalmus	
Arthropoda	Oedicerotidae n.d.	
Arthropoda	Ostracoda n.d.	
Arthropoda	Paradexamine pacifica	
Arthropoda	Parafoxiphalus longicarpus	
Annelida	Parexogone sp.	II
Arthropoda	Peltarion spinulosum	
Annelida	Pereurythoe chilensis	
Molusco	Polinices uber	II
Annelida	Polygordius sp.	
Annelida	Prionospio sp.	
Arthropoda	Pseudocorystes sicarius	
Annelida	Schistomeringos chilensis	II
Molusco	Solen thuelchus	II
Arthropoda	Tanaidomorpha n.d.	
Molusco	Tawera elliptica	I
Annelida	Terebellidae ni.	III
Arthropoda	Thaumatelsoninae n.d.	
Arthropoda	Tryphosites chevreuxi	
Arthropoda	Uristes georgianus	I
Arthropoda	Uristes sp.	I
Arthropoda	Urothoe falcata	
Arthropoda	Urothoidae n.d.	
Molusco	Xymenopsis sp.	
Molusco	Yoldiella chilénica	I
Arthropoda	Zeuxo marmoratus	III
Arthropoda	Zeuxo sp.	III

ANEXO 8. Documentación Base de Datos en SQL Server 2008

Documentación Base de Datos Proyecto FIPA 2016-02

“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)”

Actualización Base de Datos Proyecto “ELABORACIÓN DE UN CATASTRO DE
MACROFAUNA BENTÓNICA Y LA APLICACIÓN DE ÍNDICES BIOLÓGICOS PARA LA
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS SUBMAREALES”

Índice

Introducción	1
Diseño Físico.....	1
Diccionario de Datos	7
Lista de Atributos de Tablas	8
Tablas Nuevas en Base de Datos.....	15
Diagrama Físico Completo.....	20

Introducción

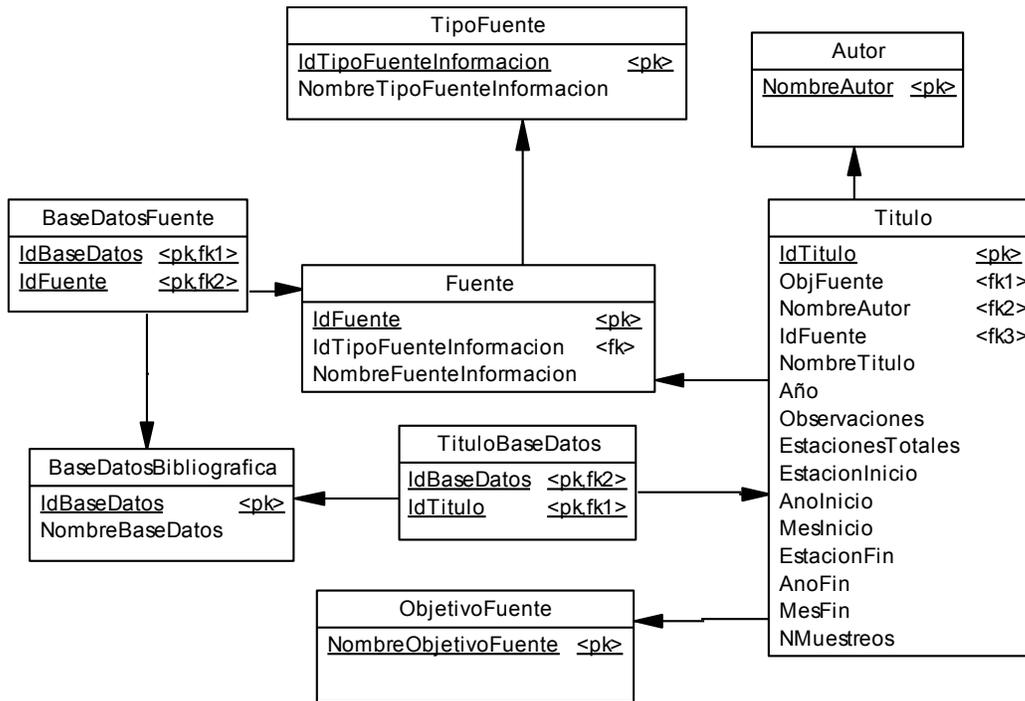
Para proyecto FIPA 2016-02 se consideró la Base de Datos de Proyecto “ELABORACIÓN DE UN CATASTRO DE MACROFAUNA BENTÓNICA Y LA APLICACIÓN DE ÍNDICES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS SUBMAREALES”, la cual se actualizó con datos del proyecto actual y a la que se agregaron tablas nuevas con información específica de análisis de muestras del trabajo de campo realizado. Es así, como el proyecto FIPA 2016-02 se incorpora en esta base de datos como una nueva fuente de información.

De acuerdo con lo anterior, en el presente informe se actualiza el diseño físico y el diccionario de datos de la base de datos que ya fueran presentados y validados en el proyecto que fue entregado el año 2014.

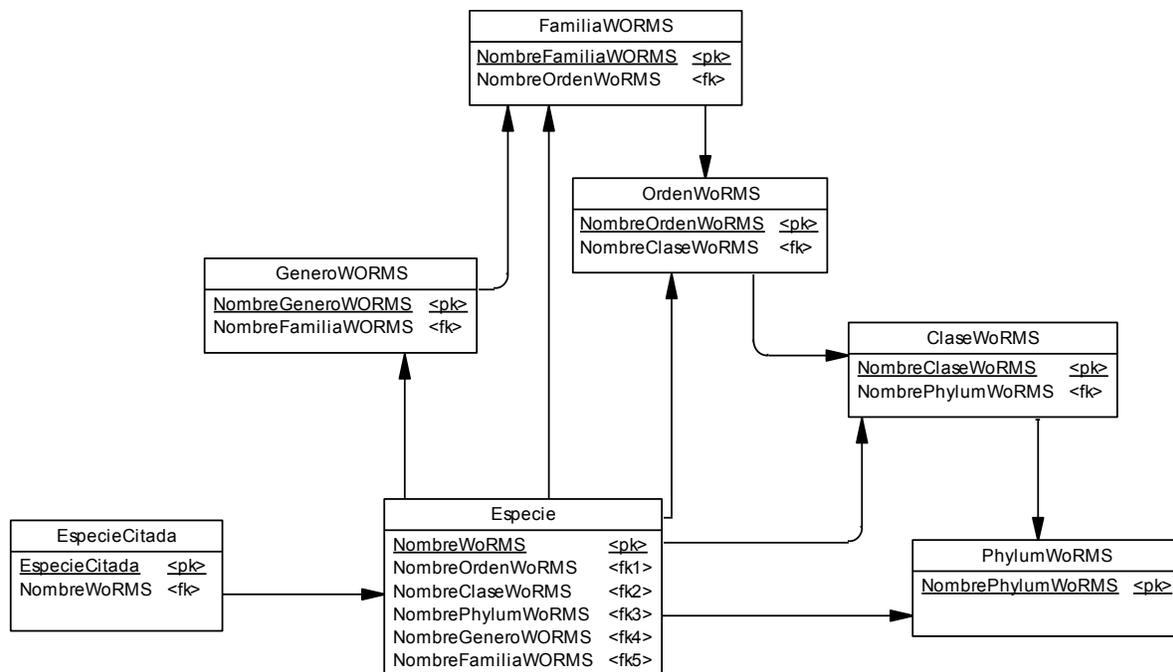
Diseño Físico

En concordancia a mantener el formato de informe ya entregado para el proyecto “ELABORACIÓN DE UN CATASTRO DE MACROFAUNA BENTÓNICA Y LA APLICACIÓN DE ÍNDICES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS SUBMAREALES”, el diseño físico se presenta a través de un diagrama compuesto de 5 secciones. Esto se realiza para efectos de comprensión pues son 41 tablas en total. La descripción de las tablas se muestra en la Tabla 1 del Diccionarios de Datos. En las tablas de estos modelos se muestran las claves foráneas, quienes serán las encargadas de relacionar a las tablas entre sí en la base de datos.

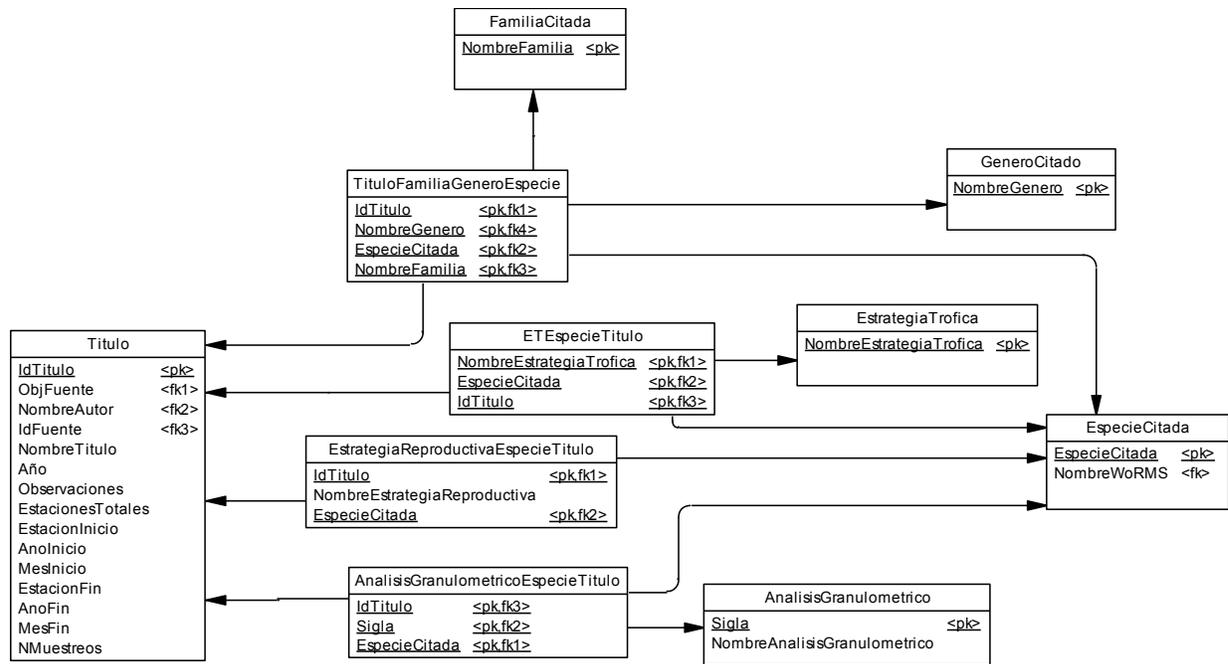
Sección 1: Contiene la información de las bases de datos, fuentes, autores y títulos revisados. Ejemplos de títulos son informes de proyectos científicos, informes técnicos como INFA, publicaciones científicas, entre otros. Esta sección se une al resto del diagrama a través de la entidad Título.



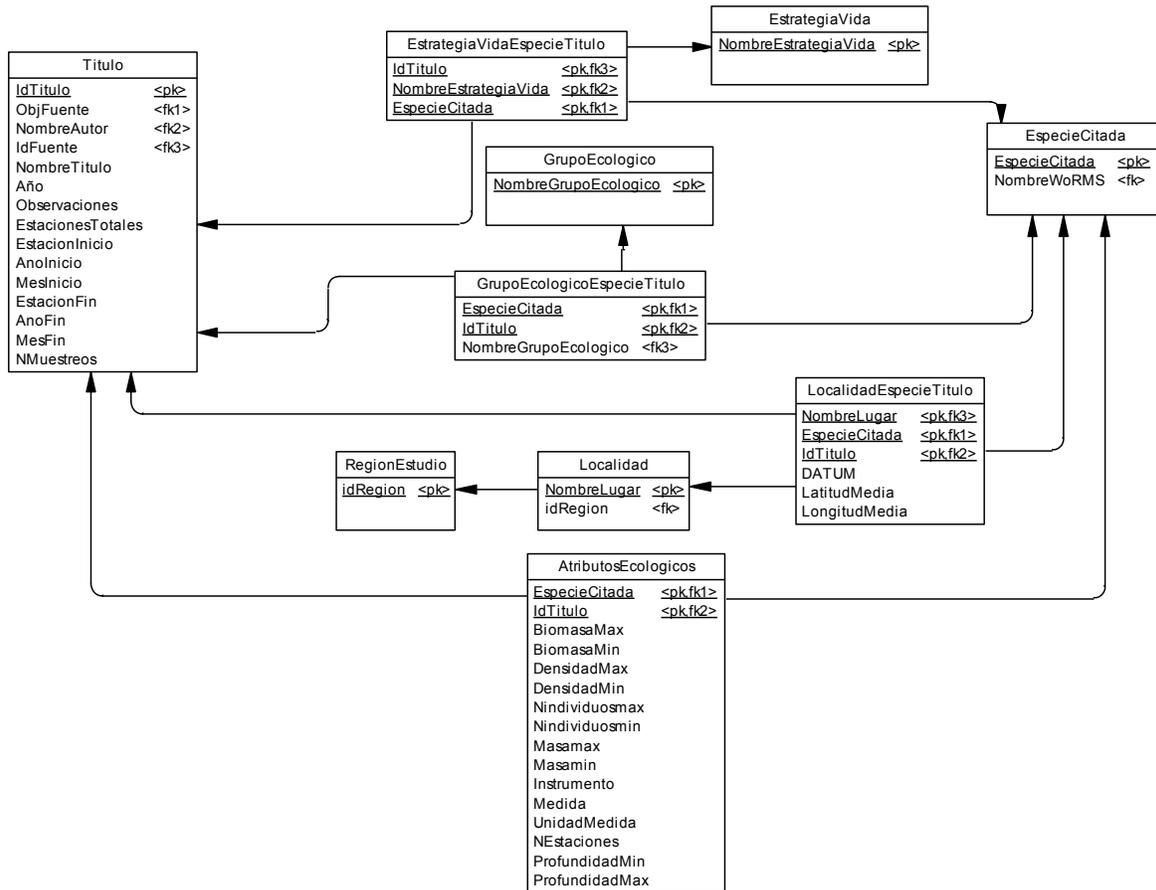
Sección 2: Contiene la clasificación taxonómica de las especies identificadas en WoRMS. Debido a que no todas las especies tienen un género, una familia, un orden o una clase, es que se debió hacer un conjunto de referencias que permitiera almacenar las que no los tienen y las que contienen todos estos datos más el Phylum. Hasta el momento no se presentan datos de especies sin Phylum, por lo que se podría analizar la existencia de la referencia directa que hay entre Especie y PhylumWoRMS. Además, se presenta la relación con sus correspondientes familias, géneros y especies citadas. Esta sección del diagrama se conecta al resto a través de la relación entre entidad EspecieWoRMS y entidad EspecieCitada.



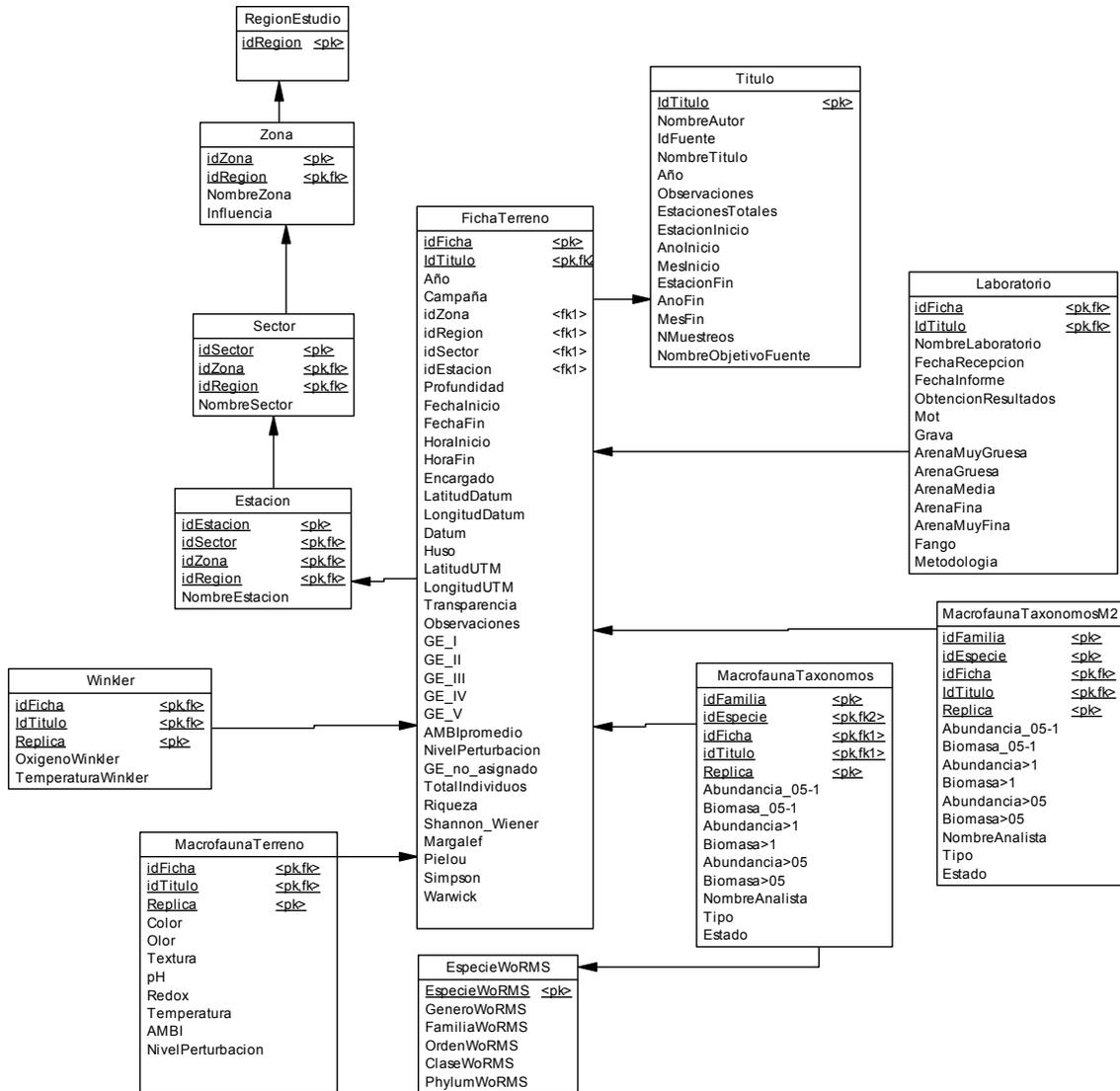
Sección 3: En esta sección se muestran las tablas que mantienen una parte de la información detallada entre Especies Citadas y los Títulos en los que fueron citadas. Cabe destacar que la tabla TituloFamiliaGeneroEspecie contiene las distintas formas en las que fueron citadas las especies, junto a géneros y familias dentro los Títulos. Esta sección se relaciona con el resto del diagrama a través de las tablas Titulo y EspecieCitada.



Sección 4: En esta sección se presentan las tablas que contienen el resto del detalle de las Especies en los Títulos, entre las cuales se encuentra la tabla de Atributos Ecológicos, en la que se mantiene solamente las Especies que tienen algún valor en los atributos que ella presenta. Esta sección, al igual que la anterior, se une al modelo completo a través de las entidades Título y EspecieCitada.



Sección 5: En esta sección se presentan las tablas que contienen la información de los terrenos realizados en el proyecto FIPA 2016-02, el que se conecta al resto del modelo de la Base de Datos Macrofauna a través de las tablas Título, EspecieWoRMS y Región.



Diccionario de Datos

En este apartado se describirán tanto las tablas como los campos de la base de datos que se entrega en este proyecto. En tabla 1 se encuentran la descripción de las Tablas y en sección “Lista de Atributos de Tablas” se encuentra una descripción de los campos de cada una de las tablas de la base de datos.

Tabla 1. Descripción de los nombres de las tablas que se generan en el diagrama físico de la base de datos en orden alfabético.

Nombre de Tablas	Descripción
AnalisisGranulometrico	Tipos de Análisis Granulométricos. Muestra los nombres asignados al tipo de granulometría reportado
AnalisisGranulometricoEspecieTitulo	Análisis Granulométrico por Especies Citadas en cada Título revisado. Muestra el tipo de granulometría del sedimento en el que se reportó la especie citada en el título revisado
AtributosEcologicos	Datos de Atributos Ecológicos que se hayan encontrado de cada Especie Citada en cada Título.
Autor	Autor principal de los Títulos.
BaseDatosFuente	Bases de Datos en las que se encontraron las Fuentes revisadas. Una fuente, por ejemplo, es una revista o un informe.
BaseDatosBibliografica	Bases de Datos disponibles para la búsqueda de Títulos.
ClaseWoRMS	Nombre de las Clases descritas en WoRMS.
EstrategiaReproductivaEspecieTitulo	Estrategia Reproductiva de Especies Citadas en los Títulos. Son identificadas por los Autores.
EspecieCitada	Especies Citadas con el nombre que el Autor le asignó en los Títulos.
EspecieWoRMS	Nombre de las Especies descritas en WoRMS.
EstrategiaTrofica	Tipos de Estrategias Tróficas. Son identificadas por los Autores.
EstrategiaVida	Tipos de Estrategias de Vida. Son identificadas por los Autores.
Estacion	Muestra los nombres asignados a las estaciones trabajadas
EstrategiaTroficaEspecieTitulo	Estrategias Tróficas detectadas en algunas Especies Citadas en los Títulos. Son identificadas por los Autores.
EstrategiaVidaEspecieTitulo	Estrategias de Vida detectadas en algunas Especies Citadas en los Títulos. Son identificadas por los Autores.
FamiliaCitada	Familias Citadas con el nombre que el Autor le asignó en los Títulos.
FamiliaWoRMS	Nombre de las Familias descritas en WoRMS.
FichaTerreno	Identifica cada salida a terreno, señalando fecha, responsable, campaña, entre otros
Fuente	Fuentes desde donde se extrajeron los Titulos revisados.

GrupoEcologico	Tipos de Grupos Ecológicos.
GrupoEcologicoEspecieTitulo	Grupos Ecológicos que los Autores asignaron a las Especies Citadas en los Títulos.
GeneroCitado	Nombre de los Géneros Citados con el nombre que el Autor le asignó en los Títulos.
GeneroWORMS	Nombre de los Géneros descritos en WoRMS.
Laboratorio	Contiene la información de granulometría y %MOT de muestras tomadas en cada terreno
Localidad	Listado de Localidades.
LocalidadEspecieTitulo	Localidades en las que los Autores identificaron a una Especie Citada en un Título.
MacrofaunaTaxonomos	Contiene la abundancia y biomasa para cada Especie identificada en cada réplica aplicada en terreno
MacrofaunaTaxonomosM2	Contiene la abundancia y biomasa por metro cuadrado para cada Especie identificada en cada réplica aplicada en terreno
MacrofaunaTerreno	Identifica datos de la muestra en terreno, como color, textura, entre otros, los que son de cada réplica realizada
ObjetivoFuente	Tipos de Objetivo de los Títulos.
OrdenWoRMS	Nombre del Orden descrito en WoRMS.
PhylumWoRMS	Nombre del Phylum descrito en WoRMS.
RegionEstudio	Regiones de Chile.
Sector	Muestra los nombres asignados a los sectores trabajados
TipoFuente	Tipos de Fuentes de Información. Indica si es publicación científica, INFA, entre otros tipos.
Titulo	Títulos revisados con sus datos más importantes.
TituloBaseDatos	Bases de Datos en las que se puede encontrar un Título.
TituloFamiliaGeneroEspecie	Familias, Géneros y Especies Citadas en los Títulos.
Winkler	Contiene información de Oxígeno y Temperatura con metodología Winkler que fue aplicada en cada réplica
Zona	Muestra los nombres asignados a las zonas trabajadas

Lista de Atributos de Tablas

Cada tabla de la base de datos se compone de un conjunto de campos, en los cuales se consideraron como datos relevantes la descripción del campo, tipo de dato, tamaño y si permite valores nulos o no. Además, se identifica como PK a aquellos campos que son parte de la clave primaria y FK como aquellos campos que son claves foráneas.

Los tipos de datos de los atributos de las tablas se consideraron de acuerdo a los que define el motor de base de datos SQL Server. La lista de tablas se presenta en orden alfabético.

Lista de atributos de *AnalisisGranulometrico*

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
--------	-------------	--------------	--------	---------------

Sigla(PK)	Sigla de Análisis Granulométrico	Varchar	3	No
Nombre Analisis Granulometrico	Nombre de Análisis Granulométrico	Varchar	100	No

Lista de atributos de AnalisisGranulometricoEspecieTitulo

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
idTitulo(PK/FK)	Identificador del Titulo	Integer		No
Sigla(PK/FK)	Sigla de Análisis Granulométrico	Varchar	3	No
EspecieCitada(PK/FK)	Nombre Especie Citada	Varchar	255	No

Lista de atributos de AtributosEcologicos

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
EspecieCitada(PK)	Nombre Especie Citada	Varchar	255	No
IdTitulo(PK/FK)	Identificador del Titulo	Integer		No
BiomasaMax	Biomasa Máxima de la Especie Citada	Decimal	(10,4)	Si
BiomasaMin	Biomasa Mínima de la Especie Citada	Decimal	(10,3)	Si
DensidadMax	Densidad Máxima de la Especie Citada	Decimal	(10,3)	Si
DensidadMin	Densidad Mínima de la Especie Citada	Decimal	(10,3)	Si
Nindividuosmax	Número de Individuos Máximo encontrados de la Especie Citada	Integer		Si
Nindividuosmin	Número de Individuos Mínimo encontrados de la Especie Citada	Integer		Si
Masamax	Masa Máxima de la Especie Citada	Decimal	(18,3)	Si
Masamin	Masa Mínima de la Especie Citada	Decimal	(18,3)	Si
Medida	Medida utilizada para la Especie Citada	Decimal	(6,3)	Si
UnidadMedida	Unidad de Medida para la Especie Citada	Varchar	50	Si
NEstaciones	Número de Estaciones en las que fue encontrada la Especie Citada	Integer		Si
ProfundidadMin	Profundidad Mínima a la que fue encontrada la Especie Citada	Decimal	(8,4)	Si
ProfundidadMax	Profundidad Máxima a la que fue encontrada la Especie Citada	Decimal	(8,4)	Si

Lista de atributos de Autor

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
--------	-------------	--------------	--------	---------------

NombreAutor(PK)	Apellido e Inicial del primer nombre del primer autor del Título o el nombre de la Fuente	Varchar	100	No
------------------------	---	---------	-----	----

Lista de atributos de BaseDatosBibliografica

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
IdBaseDatos(PK)	Identificador de Base de Datos Bibliográfica	Integer		No
NombreBaseDatos	Nombre de Base de Datos Bibliográfica	Varchar	100	No

Lista de atributos de BaseDatosFuente

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
IdBaseDatos(PK/FK)	Identificador de Base de Datos Bibliográfica	Integer		No
IdFuente(PK/FK)	Identificador de Fuente	Integer		No

Lista de atributos de ClaseWoRMS

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
ClaseWoRMS(PK)	Nombre Clase WoRMS	Varchar	100	No
PhylumWoRMS(FK)	Nombre Phylum WoRMS	Varchar	100	Si

Lista de atributos de EstrategiaReproductivaEspecieTitulo

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
IdTitulo(PK/FK)	Identificador de Titulo	Integer		No
NombreEstrategiaReproductiva(FK)	Nombre de Estrategia Reproductiva	Varchar	200	Si
EspecieCitada(PK/FK)	Nombre Especie Citada	Varchar	255	No

Lista de atributos de EspecieCitada

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
EspecieCitada(PK)	Nombre Especie Citada	Varchar	255	No
EspecieWoRMS(FK)	Nombre Identificado para la Especie en WoRMS	Varchar	100	Si
EspecieAcordada	Nombre de Especie definitivo	Varchar	255	Si
GeneroWoRMS	Género WoRMS de Especie WoRMS	Varchar	255	Si
GeneroAcordado	Género definitivo	Varchar	255	Si

Lista de atributos de EspecieWoRMS

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
EspecieWoRMS(PK)	Nombre Especie en WoRMS	Varchar	100	No
GeneroWoRMS(FK)	Nombre Género en WoRMS	Varchar	255	Si

FamiliaWoRMS(FK)	Nombre Familia en WoRMS	Varchar	255	Si
OrdenWoRMS(FK)	Nombre Orden en WoRMS	Varchar	100	Si
ClaseWoRMS(FK)	Nombre Clase en WoRMS	Varchar	100	Si
PhylumWoRMS(FK)	Nombre Phylum en WoRMS	Varchar	100	Si

Lista de atributos de EstrategiaTrofica

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
NombreEstrategiaTrofica(PK)	Nombre Estrategia Trófica	Varchar	100	No

Lista de atributos de EstrategiaVida

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
NombreEstrategiaVida(PK)	Nombre Estrategia de Vida	Varchar	100	No

Lista de atributos de EstrategiaTroficaEspecieTitulo

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
NombreEstrategiaTrofica(PK/FK)	Nombre Estrategia Trófica	Varchar	100	No
EspecieCitada(PK/FK)	Nombre Especie Citada	Varchar	255	No
idTitulo(PK/FK)	Identificador de Titulo	Integer		No
Orden	Número de orden de Estrategia	Integer		Si

Lista de atributos de EstrategiaVidaEspecieTitulo

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
idTitulo(PK/FK)	Identificador de Titulo	Integer		No
NombreEstrategiaVida(PK/FK)	Nombre Estrategia de Vida	Varchar	100	No
EspecieCitada(PK/FK)	Nombre Especie Citada	Varchar	255	No

Lista de atributos de FamiliaCitada

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
Familia(PK)	Nombre Familia Citada	Varchar	100	No

Lista de atributos de FamiliaWoRMS

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
FamiliaWoRMS(PK)	Nombre Familia WoRMS	Varchar	255	No
OrdenWoRMS(FK)	Nombre Orden WoRMS	Varchar	100	

Lista de atributos de Fuente

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
IdFuente(PK)	Identificador Fuente	Integer		No
IdTipoFuenteInformacion(FK)	Identificador Tipo de Fuente de Información	Integer		Si

NombreFuenteInformacion	Nombre Fuente	Varchar	100	Si
-------------------------	---------------	---------	-----	----

Lista de atributos de GrupoEcologico

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
NombreGrupoEcologico(PK)	Nombre de Grupo Ecológico	Varchar	100	No

Lista de atributos de GrupoEcologicoEspecieTitulo

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
EspecieCitada(PK/FK)	Nombre Especie Citada	Varchar	255	No
IdTitulo(PK/FK)	Identificador de Titulo	Integer		No
NombreGrupoEcologico(FK)	Nombre de Grupo Ecológico	Varchar	100	No

Lista de atributos de GeneroAcordado

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
GeneroAcordado(PK)	Nombre Género Acordado	Varchar	255	No

Lista de atributos de GeneroCitado

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
Genero(PK)	Nombre Género Citado	Varchar	100	No

Lista de atributos de GeneroWORMS

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
GeneroWORMS(PK)	Nombre Género WoRMS	Varchar	255	No
FamiliaWORMS(FK)	Nombre Familia WoRMS	Varchar	255	Si

Lista de atributos de Localidad

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
NombreLugar(PK)	Nombre Lugar	Varchar	100	No
idRegion(FK)	Nombre Región	Varchar	4	Si

Lista de atributos de LocalidadEspecieTitulo

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
NombreLugar(PK/FK)	Nombre Lugar	Varchar	255	No
EspecieCitada(PK/FK)	Nombre Especie Citada	Varchar	255	No
IdTitulo(PK/FK)	Identificador de Título	Integer		No
DATUM	DATM	Varchar	30	Si
LatitudReferencia	Latitud Referencia	Varchar	30	Si
LongitudReferencia	Longitud Referencia	Varchar	30	Si

Lista de atributos de ObjetivoFuente

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
NombreObjetivoFuente(PK)	Nombre Objetivo Fuente	Varchar	100	No

Lista de atributos de OrdenWoRMS

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
OrdenWoRMS(PK)	Nombre Orden WoRMS	Varchar	100	No
ClaseWoRMS(FK)	Nombre Clase WoRMS	Varchar	255	Si

Lista de atributos de PhylumWoRMS

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
PhylumWoRMS(PK)	Nombre Phylum WoRMS	Varchar	100	No

Lista de atributos de RegionEstudio

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
NombreRegion(PK)	Nombre Región	Varchar	4	No

Lista de atributos de TipoFuente

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
IdTipoFuenteInformacion(PK)	Identificador de Fuente de Información	Integer		No
NombreTipoFuenteInformacion	Nombre Fuente de Información	Varchar	100	Si

Lista de atributos de Titulo

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
idTitulo(PK)	Identificador de Titulo	Integer		No
NombreAutor(FK)	Nombre Autor	Varchar	100	Si
IdFuente(FK)	Identificador de Fuente	Integer		Si
NombreTitulo	Nombre Titulo	Varchar	255	Si
Año	Año Titulo	Integer		Si
Observaciones	Observaciones al Titulo	ntext		Si
EstacionesTotales	Número de Estaciones Totales del Titulo	Integer		Si
EstacionInicio	Estación del año de Inicio del Estudio	Varchar	10	Si
AñoInicio	Año de Inicio del Estudio	Integer		Si
MesInicio	Mes Inicio del Estudio	Varchar	20	Si
EstacionFin	Estación del año de Fin del Estudio	Varchar	10	Si
AñoFin	Año de Fin del Estudio	Integer		Si
MesFin	Mes Fin del Estudio	Varchar	20	Si
NMuestreos	Número de Muestreos del Estudio	Integer		Si
NombreObjetivoFuente	Nombre Objetivo Fuente	Varchar	100	Si

Lista de atributos de TituloBaseDatos

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
--------	-------------	--------------	--------	---------------

IdBaseDatos(PK/FK)	Identificador de Base de Datos Bibliográfica	Integer		No
IdTitulo(PK/FK)	Identificador de Titulo	Integer		No

Lista de atributos de TituloFamiliaGeneroEspecie

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
idTitulo(PK/FK)	Identificador de Titulo	Integer		No
Genero(PK/FK)	Nombre Género Citado	Varchar	100	No
Especie(PK/FK)	Nombre Especie Citada	Varchar	255	No
Familia(PK/FK)	Nombre Familia Citada	Varchar	100	No
Observaciones	Observaciones a la Especie Citada en el Titulo revisado	ntext		Si

Tablas Nuevas en Base de Datos

Lista de atributos de Estacion

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
idEstacion(PK)	Número correlativo que identifica a un sector	Varchar	50	No
idZona(PK/FK)	Número correlativo que identifica a una zona	Varchar	50	No
idRegion(PK/FK)	Número romano de la región en la que se encuentra una zona	Varchar	4	No
idSector(PK/FK)	Número correlativo que identifica a un sector	Varchar	50	No
nombre_estacion	Nombre de localidad más cercana a centro de cultivo	Varchar	50	Si

Lista de atributos de FichaTerreno

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
IdFicha(PK)	Código de Ficha	Integer		No
idTitulo(PK/FK)	Identificador de Titulo	Integer		No
idEstacion	Número correlativo que identifica a un sector	Varchar	50	No
idZona	Número correlativo que identifica a una zona	Varchar	50	No
idRegion	Número romano de la región en la que se encuentra una zona	Varchar	4	No
idSector	Número correlativo que identifica a un sector	Varchar	50	No
Año	Año en que fue recolectada la muestra de Terreno	Integer		Si
Campaña	Corresponde a Otoño Invierno o Primavera Verano de los años en los que fueron realizados los Terrenos	Varchar	12	Si
FechaInicio	Fecha de partida de Terreno	Datetime		Si
FechaFin	Fecha de fin de Terreno	Datetime		Si
HorInicio	Hora de partida de Terreno	Time	7	Si
HoraFin	Hora de fin de Terreno	Time	7	Si
Encargado	Nombre del Encargado del Terreno	Varchar	50	Si
Profundidad	Distancia entre superficie de la columna de agua y el sistema bentónico	Decimal	(6,3)	Si
LatitudDatum	Coordenada geográfica "y" de punto de muestro	Varchar	50	Si
LongitudDatum	Coordenada geográfica "x" de punto de muestro	Varchar	50	Si
Datum	Sistema de referencia de coordenadas geográficas	Varchar	50	Si
Huso		Varchar	50	Si

LatitudUTM	Zona UTM de las coordenadas de los puntos de muestreo	Decimal	(12,6)	Si
LongitudUTM	Coordenada UTM "y" de punto de muestro	Decimal	(14,6)	Si
Transparencia	Coordenada UTM "x" de punto de muestro	Decimal	(3,1)	Si
Observaciones	Profundidad de lectura del disco Secchi	Varchar	255	Si
GE_I	Anotaciones en el Terreno	Decimal	(4,1)	Si
GE_II	% de individuos pertenecientes al grupo ecológico I	Decimal	(4,1)	Si
GE_III	% de individuos pertenecientes al grupo ecológico II	Decimal	(4,1)	Si
GE_IV	% de individuos pertenecientes al grupo ecológico III	Decimal	(4,1)	Si
GE_V	% de individuos pertenecientes al grupo ecológico IV	Decimal	(4,1)	Si
AMBIpromedio	% de individuos pertenecientes al grupo ecológico V	Decimal	(4,3)	Si
NivelPerturbacion	AMBI calculado en base a las tres réplicas de cada estación	Varchar	50	Si
GE_no_asignado	Interpretación del AMBI promedio	Decimal	(3,1)	Si
TotalIndividuos	% de individuos de la muestra que quedaron sin asignar grupo ecológico	Integer		Si
NúmeroEspecies	Abundancia de todas las especies	Integer		Si
ShannonWiener	Número de especies de la muestra (riqueza)	Decimal	(3,2)	Si
Margalef	Indicador ecológico comunitario de diversidad	Decimal	(3,2)	Si
Pielou	Indicador ecológico comunitario de riqueza	Decimal	(3,2)	Si
Simpson	Indicador ecológico comunitario de equitabilidad	Decimal	(3,2)	Si
Warwick	Indicador ecológico comunitario de dominancia Estadístico descriptivo de curvas ABC	Decimal	(3,2)	Si

Lista de atributos de Laboratorio

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
idFicha(PK/FK)	Código de Ficha	Integer		No
idTitulo(PK/FK)	Identificador de Titulo	Integer		No
nombre_laboratorio	Nombre de laboratorio	Varchar	50	Si

FechaRecepcion	donde se analizan las muestras	Datetime		Si
FechaInforme	Fecha en que se reciben las muestras	Datetime		Si
ObtencionResultados	Fecha en que se envía las muestras	Datetime		Si
Mot	Fecha en que se obtuvieron resultados de las muestras	Decimal	(5,3)	Si
Grava	% materia orgánica total del sedimento	Decimal	(5,3)	Si
ArenaMuyGruesa	% de tamaño de partícula en sedimento que corresponde a 2 mm	Decimal	(5,3)	Si
ArenaGruesa	% de tamaño de partícula en sedimento que corresponde a 1 mm	Decimal	(5,3)	Si
ArenaMedia	% de tamaño de partícula en sedimento que corresponde a 0.5 mm	Decimal	(5,3)	Si
ArenaFina	% de tamaño de partícula en sedimento que corresponde a 0.25 mm	Decimal	(5,3)	Si
ArenaMuyFina	% de tamaño de partícula en sedimento que corresponde a 0.125 mm	Decimal	(5,3)	Si
Fango	% de tamaño de partícula en sedimento que corresponde a 0.063 mm	Decimal	(5,3)	Si
Metodología	% de fango en sedimento Metodología para realizar clasificación de sedimento	Varchar	255	Si

Lista de atributos de MacrofaunaTaxonomos (Macrofauna_taxonomosm2 es igual a esta tabla en definición. Solamente los campos decimales tienen configuración distinta con (9,5))

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
idFicha(PK/FK)	Código de Ficha	Integer		No
idTitulo(PK/FK)	Identificador de Titulo	Integer		No
idEspecie(PK/FK)	Nombre Especie en WoRMS o Aceptada	Varchar	100	No
idFamilia(PK)	Nombre Familia	Varchar	255	No
Replica(PK)	Número de réplica	Integer		No
Abundancia_05-1	Cantidad de individuos en la fracción de la muestra de 0,5 a 1 mm	Integer		Si
Biomasa_05-1	Peso de la fracción de la muestra de 0,5 a 1 mm en miligramos	Decimal	(8,5)	Si
Abundancia>1	Cantidad de individuos en la fracción de la muestra mayor a 1 mm	Integer		Si
Biomasa>1	Peso de la fracción de la muestra mayor a 1 mm en miligramos	Decimal	(8,5)	Si

Abundancia>05	Suma de abundancia_05-1 y abundancia>1	Calculado: abundancia_05-1+		Si
Biomasa>05	Suma de biomasa_05-1 y biomasa>1	Calculado: biomasa_05-1+		Si
NombreAnalista	Dr. Javier Sellanes (moluscos) Dr. Jorge Pérez (crustáceos) Dr. Eulogio Soto (anélidos) Si la especie pertenece a crustáceos, anélidos o moluscos	Varchar	50	Si
Tipo	Si hay duda o no en la identificación de la Especie	Varchar	80	Si
Estado		Varchar	50	Si

Lista de atributos de MacrofaunaTerreno

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
idFicha(PK/FK)	Código de Ficha	Integer		No
idTitulo(PK/FK)	Identificador de Titulo	Integer		No
Replica(PK)	Número de réplica	Integer		No
Color	Color del sedimento (amarillo pálido, gris, café o negro)	Varchar	50	Si
Olor	Olor de sedimento (sin olor, leve/sin olor moderado, fuerte o muy fuerte)	Varchar	50	Si
Textura	Textura (grava, arena, fango o arena/fango)	Varchar	50	Si
pH	pH del sedimento	Decimal	(4,3)	Si
Redox	Disponibilidad de oxígeno en el sedimento	Decimal	(8,5)	Si
T	Temperatura del sedimento en °C	Decimal	(3,1)	Si
AMBI	AMBI de réplica	Decimal (8,5)	(8,5)	Si
NivelPerturbacion	Interpretación de AMBI en réplica	Varchar	100	Si

Lista de atributos de Sector

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
idSector(PK)	Número correlativo que identifica a un sector	Varchar	50	No
idZona(PK/FK)	Número correlativo que identifica a una zona	Varchar	50	No
idRegion(PK/FK)	Número romano de la región en la que se encuentra una zona	Varchar	4	No
NombreSector	Nombre de localidad más cercana a centro de cultivo	Varchar	50	Si

Lista de atributos de Winkler

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
idFicha(PK/FK)	Código de Ficha	Integer		No
idTitulo(PK/FK)	Identificador de Título	Integer		No
Replica(PK)	Número de réplica	Integer		No
OxigenoWinkler	Concentración de oxígeno a 1 mt del fondo en miligramos por ml	Decimal	(6,4)	Si
TemperaturaWinkler	Temperatura °C	Decimal	(4,2)	Si

Lista de atributos de Zona

Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Tamaño	Permite Nulos
idRegion(PK/FK)	Número romano de la región en la que se encuentra una zona	Varchar	4	No
idZona(PK)	Número correlativo que identifica a una zona	Varchar	50	No
NombreZona	Nombres reconocidos de lugares que agrupan a sectores analizados	Varchar	50	Si
Influencia	Clasificación de influencia de la acuicultura en la zona	Integer		Si

Diagrama Físico Completo

