

INFORME FINAL

PROYECTO - FIP 2014-57

“Prospección y evaluación de la condición de bancos naturales de mitílidos en la zona sur-austral de Chile”

PROPONENTE:



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Puerto Montt, 7 de Noviembre de 2016

EQUIPO PROFESIONAL

NOMBRE	TÍTULO	FUNCIÓN
Carlos Molinet Flores	Biólogo Marino, Dr. Ciencias	Jefe de Proyecto, análisis de datos, modelamiento.
Manuel Díaz Gómez	Ingeniero Naval	Recolección de muestras de campo, coordinación recolección de muestras, planificación de muestreo, análisis de datos.
Patricio Díaz Gómez	Biólogo Marino, Dr en Oceanografía	Elaboración y manejo base de datos, recopilación bibliográfica.
Thamara Matamala	Biólogo Marino	Recolección de muestras y actualización base de datos
Loreto Pino	Biólogo Marino	Procesamiento video-transectos
Katherine Espinoza	Ingeniero en Acuicultura	Recolección de muestras. Procesamiento de muestras y video-transectos
María Olga Millanao	Técnico en Producción Acuícola	Procesamiento video-transectos
Marcela Astorga	Dr. En Ciencias	Análisis características genéticas de las poblaciones de mitílidos.
Patricia Ruiz	Biólogo Marino, MSc en Pesquerías	Asesor en análisis Ojiva de madurez
Leny Cares	Biólogo Marino	Coordinación y ejecución actividades de difusión.
Jaime Valencia	Ingeniero en Ejecución en Maderas	Apoyo para recolección de muestras en Raúl Marín Balmaceda
Camilo Almonacid	Buzo Mariscador	Apoyo para recolección de muestras en campañas de muestreo
Nelson Muñoz	Buzo Mariscador	Buzo para apoyo en recolección de muestras.
Myriam Castillo	Contador Auditor	Administración del proyecto

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento constituye el Pre-informe final del proyecto FIP 2014-57, **“Prospección y evaluación de la condición de bancos naturales de mitílidos en la zona sur-austral de Chile”**. De acuerdo a Decreto Exento N° 964 del 23 de diciembre de 2014, corresponde informar acerca de todos los resultados del proyecto.

En el objetivo 1 se detalla la información de bancos naturales de mitílidos disponible, la cual se desplegó en un sistema de información geográfico (ArcGis) que se adjunta. Principalmente, se obtuvo antecedentes de tres fuentes de información: i) Información de desembarques de bancos referenciales del Programa de Seguimiento Bentónico que realiza el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), ii) Información proveniente de evaluaciones directas a bancos naturales en régimen de AMERB e iii) Información de evaluaciones directas y/o descripciones de bancos de mitílidos en las regiones de Los Lagos y Aysén en la forma de reportes. Este objetivo concluye con una discusión y análisis de la información recolectada.

En el objetivo 2 se despliegan los resultados correspondientes a la evaluación de tres zonas en las que se registra bancos de choritos ya sea actuales o históricos. La zona del Fiordo Reloncaví, que fue dividida en 4 subzonas o subpoblaciones, mostró una heterogénea distribución de tamaños, densidad y abundancia de choritos, la que además varió entre la costa norte y la costa sur. La subpoblación hacia la boca del fiordo Reloncaví mostró los mejores indicadores de abundancia, densidad y distribución de tamaños, mientras que hacia la cabecera del fiordo se observaron valores más bajos de estos indicadores. En estero Piti-Palena la densidad y abundancia fueron homogéneas en los dos bancos estudiados, aunque con valores muy por debajo de promedios históricos. Finalmente en Yaldad fue posible ubicar un pequeño banco de choritos en la marisma, cuyos registros parecen ser los primeros, ya que no fue posible encontrar literatura sobre este banco.

En el objetivo 3 se presenta información sobre las variables ambientales en los bancos de fiordo Reloncaví y Estero Piti-Palena, además de información reproductiva y de experimentos de reclutamiento. La talla media de primera madurez para los choritos es de 36 mm y aparentemente los machos maduran antes que las hembras. El periodo de máxima madurez se observó en los meses de diciembre de 2014 y enero de 2015. El índice gonádico

estuvo bien correlacionado con los estados de madurez para cada rango de talla, aunque se observó diferencias en los periodos de madurez para algunas tallas.

Con los experimentos de reclutamiento fue posible verificar el reclutamiento de mitílidos (cholgás y choritos) en las 4 zonas del fiordo Reloncaví, con mayor cobertura de choritos < 2 cm hacia la boca de fiordo. Sin embargo, la metodología aplicada debe ser mejorada si se pretende implementar para un plan de monitoreo. En estero Piti-Palena no se observó reclutamiento, lo que más allá de los registros de los videos fue evidente ya que los sistemas instalados permanecieron “limpios” durante toda la temporada.

En el objetivo 4 se discute el estado de los bancos explorados y se incluye una revisión sobre genética poblacional requerida en los términos técnicos de referencia. Respecto al estado de los bancos se concluye que los bancos de chorito del fiordo Reloncaví han mantenido una disminución de su abundancia y densidad, observandose heterogeneidad entre zonas y ambas costas. En el estero Piti-Palena la situación de los bancos está muy deteriorada con densidades entre 10 y 20 ind./m² lo que se reflejó en malas captaciones de choritos en colectores instalados y la nula presencia de reclutas en los experimentos que se realizaron en el contexto del objetivo 3.

En el objetivo 4 se concluye que se debe mejorar la aproximación al manejo de estos bancos, ya que la información obtenida en este proyecto indica que no es muy evidente para los usuarios la vinculación entre la captación de semillas en los bancos naturales y el estado de los mismos bancos, pese que muchos de ellos están bajo el régimen AMERB.

Finalmente, en el objetivo 5 se propone que para el monitoreo de los bancos de choritos asociados a la captación de semillas se debe integrar la información proveniente de los seguimientos de las AMERBs, además de incluir el seguimiento de bancos en áreas sin AMERBs, cuando estas sean de interés. Para concretar esto y recoger las características propias de los bancos de mitílidos se sugiere revisar los procedimientos para la recolección de muestras para poder construir mejores indicadores del estado de conservación de los bancos y proponer acciones para mejorar su estado de conservación cuando los indicadores lo sugieran.

INDICE GENERAL

1. ANTECEDENTES.....	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo general	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
3. DESARROLLO DEL PROYECTO	16
3.1. Objetivo 1.....	16
3.1.1. Antecedentes.....	16
3.1.2. Metodología de trabajo.....	16
a. Revisión bibliográfica.....	16
b. Elaboración de base de datos	17
c. Georreferenciación de bancos	17
3.1.3. Resultados.....	18
3.1.4. Análisis y discusión.....	23
3.1.5. Conclusiones	26
3.1.6. Tablas	28
3.1.7. Figuras.....	46
3.2. Objetivo 2.....	60
3.2.1. Antecedentes.....	60
3.2.2. Metodología de trabajo.....	60
a. Consideraciones preliminares: Obtención de permisos	60
b. Área de estudio	61
c. Diseño de muestreo.....	62
d. Caracterización de poblaciones de <i>M. chilensis</i> y comunidad asociada:	63
e. Estimación del sustrato artificial disponible en el Fiordo Reloncaví	65
f. Análisis de datos	65
3.2.3. Resultados.....	66
a. Superficie de los bancos	66
b. Parámetros de modelos geoestadísticos	68
c. Densidad y abundancia de choritos	69
d. Distribución de tamaños y relación longitud - peso.....	70
e. Disponibilidad de sustrato artificial en Fiordo Reloncaví.....	71
f. Análisis estadísticos no-paramétricos	71
3.2.4. Discusión.....	72
3.2.5. Conclusiones	75
3.2.6. Tablas	77
3.2.7. Figuras.....	81
3.3. Objetivo 3.....	97
3.3.1. Antecedentes.....	97
3.3.2. Metodología	98
a. Área y periodo de estudio	98
b. Variables ambientales.....	98
c. Índice gonádico	99
d. Talla de la primera madurez.....	99
e. Reclutamiento.....	100
3.3.3. Resultados.....	101

a. Características hidrográficas	101
b. Variaciones en la concentración de clorofila <i>a</i> y seston	102
c. Índice gonádico	103
d. Talla a primera madurez	104
e. Reclutamiento.....	105
3.3.4. Discusión.....	106
3.3.5. Conclusiones	108
3.3.6. Tablas	109
3.3.7. Figuras.....	110
3.4. Objetivo 4.....	126
3.4.1. Antecedentes	126
3.4.2. Metodología	126
a. Evaluar el estado de los bancos	126
b. Análisis de calidad genética de las poblaciones de <i>Mytilus</i>	127
3.4.3. Resultados.....	127
a. Evaluar el estado de los bancos	127
b. Análisis de calidad genética de las poblaciones de <i>Mytilus</i>	130
3.4.4. Discusión.....	134
3.4.5. Conclusiones	137
3.4.6. Tablas	139
3.5. Objetivo 5.....	146
3.5.1. Antecedentes	146
3.5.4. Metodología para la implementación de un plan de Monitoreo	147
a. Área de estudio	147
b. Frecuencia de muestreo.....	147
c. Identificación y fundamentación de indicadores	147
3.5.4. Discusión.....	151
3.5.4. Conclusiones	152
3.6. Actividades de difusión y transferencia de resultados	153
3.6.1 Presentación en Congreso de Ciencias del Mar	153
3.6.2 Presentación de resultados a pescadores y usuarios en Cochamó	153
3.6.3 Presentación en Congreso de Mitilicultura	153
3.6.4 Presentación a Subpesca e IFOP	153
4. PLAN DE ACTIVIDADES.....	155
4.1. Carta Gantt	155
5. EQUIPO PROFESIONAL.....	157
6. DEDICACION AL PROYECTO DEL EQUIPO PROFESIONAL.....	158
7. LITERATURA CITADA.....	159
8. ANEXOS.....	166

INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS

Tabla 1.1. Literatura sobre distribución y caracterización espacial de poblaciones de mitílidos en el sur de Chile, parámetros del ciclo reproductivo, crecimiento, mortalidad natural y estructura de talla poblacional.	28
Tabla 1.2. Procedencias de pesca reportadas por el Seguimiento Bentónico de IFOP, donde se registró viajes de pesca para los recursos chorito, cholga y choro zapato en las regiones de Aysén y de Los Lagos. El número en cada recurso representa la frecuencia de muestreo entre 2002 y 2013.	30
Tabla 1.3. Desembarque muestreado (toneladas) de <i>M. chilensis</i> en procedencias de pesca reportadas en el Seguimiento Bentónico de IFOP entre 2002 y 2013 en la región de Los Lagos.	33
Tabla 1.4. Desembarque muestreado (toneladas) de <i>A. atra</i> en procedencias de pesca reportadas en el Seguimiento Bentónico de IFOP entre 2002 y 2013 en la región de Los Lagos.	35
Tabla 1.5. Desembarque muestreado (toneladas) de <i>Ch. chorus</i> en procedencias de pesca reportadas en el Seguimiento Bentónico de IFOP entre 2002 y 2013 en la región de Los Lagos.	38
Tabla 1.6. Desembarque muestreado (toneladas) de <i>M. chilensis</i> en procedencias de pesca reportadas en el Seguimiento Bentónico de IFOP entre 2002 y 2013 en la región de Aysén.	41
Tabla 1.7. Desembarque muestreado (toneladas) de <i>A. atra</i> en procedencias de pesca reportadas en el Seguimiento Bentónico de IFOP entre 2002 y 2013 en la región de Aysén.	41
Tabla 1.8. Desembarque muestreado (toneladas) de <i>Ch. chorus</i> en procedencias de pesca reportadas en el Seguimiento Bentónico de IFOP entre 2002 y 2013 en la región de Aysén.	41
Tabla 1.9. Areas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs) pata mitílidos en las regiones X y XI.	42
Tabla 1.10. Detalle de AMERBs y sus especies de mitílidos en la X y XI regiones.	42
Tabla 1.11. Densidad de choritos en AMERBs del fiordo Reloncaví asociadas a las zonas de muestreo del mismo fiordo definidas en objetivo 2. Destacado en negrita los ESBA's.	45
Figura 1.1. Evolución de la productividad total anual de mitílidos cultivados en Chile entre 1990 y 2011. A) <i>Mytilus chilensis</i> , B) <i>Aulacomya ater</i> y <i>Choromytilus chorus</i> . Fuente: Sernapesca.	46
Figura 1.2. Evolución del desembarque total (anual) de mitílidos registrado en bancos naturales entre 1998 y 2014 a nivel nacional, X y XI regiones. A) <i>Mytilus chilensis</i> , B) <i>Aulacomya ater</i> y <i>Choromytilus chorus</i> . Fuente: Sernapesca.	47
Figura 1.3. Desembarques muestreados de los recursos cholga, chorito y choro zapato a tgraves del Programa de Seguimiento Bentónico del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) entre los años 2002 y 2013 en la X y XI regiones.	48
Figura 1.4. Desembarques muestreados de los recursos cholga, chorito y choro zapato por el programa de Seguimiento Bentónico del Instituto de Fomento Pesquero entre los años 1996 y 2005 en la X y XI regiones. Obtenido del proyecto FIP 2005-51.	49

Figura 1.5. Distribución general de AMERBs para los recursos chorito (izquierda), cholga y choro zapato (derecha).....	50
Figura 1.6. Detalle de la biomasa estimada por evaluaciones directas de bancos con chorito en AMERBs.....	51
Figura 1.7. Detalle de la biomasa estimada por evaluaciones directas de bancos con cholga en AMERBs.....	52
Figura 1.8. Detalle de la biomasa estimada por evaluaciones directas de bancos con choro zapato en AMERBs.....	53
Figura 1.9. Densidad media estimada por evaluaciones directas de bancos con chorito en AMERBs de la X y XI regiones. Punto negro señala la única AMERB con chorito en la región de Aysén.....	54
Figura 1.10. Densidad media estimada por evaluaciones directas de bancos con choro zapato en AMERBs de la X región.....	55
Figura 1.11. Densidad media estimada por evaluaciones directas de bancos con cholga en AMERBs de la X y XI regiones.....	56
Figura 1.12. Distribución de bancos de chorito (destacado en azul) en la región de Aysén (tomado de Soto et al. (1999). Proyecto FIP 97-41).....	57
Figura 1.13. Distribución de bancos de cholga (destacado en verde) en la región de Aysén (tomado de Soto et al. (1999). Proyecto FIP 97-41).....	58
Figura 1.14. Densidad de choritos liso y con colpa en Fiordo Reloncaví obtenida en muestreos reportados por Lizama (2003) y Molinet et al. (2014).....	59
Tabla 2.1. Características generales de cada uno de los bancos o secciones de bancos muestreados durante el presente proyecto.....	77
Tabla 2.2. Parámetros de los modelos geoestadísticos ajustados para cada banco o sección de banco de choritos. AIC es el valor del criterio de información de Akaike.....	78
Tabla 2.3. Densidad y abundancia estimada de choritos (<i>M. chilensis</i>) en las zonas estuadiadas.....	79
Tabla 2.4. Sustrato artificial estimado para fijación de semillas de chorito (directo e indirecto) en el fiordo Reloncaví.....	80
Tabla 2.5. Densidad media de choritos y número de colectores estimados por zona en el fiordo Reloncaví.....	80
Figura 2.1. Área de estudio mostrando las tres zonas de estudio (rectángulos): i) Fiordo Reloncaví, bahía Yaldad (rectángulo blanco) y Estero Piti-Palena. En B: 1, 2, 3, 4, representan las zonas Boca, Marimelli, Puelo y Cochamó, respectivamente, definidas por Daneri et al. (2009). En C 1, corresponde al banco de Ensenada Las Islas, 2 corresponde a Brao del Pillán. La plazeta es una planicie que se ubica en la desembocadura del río Rodríguez.....	81
Figura 2.2. A) Diseño de muestreo para la evaluación directa de bancos de <i>Mytilus</i> spp. Se muestra la transecta en forma de zig-zag (líneas en trazos), entre el intermareal y aproximadamente 15 m desde la línea de más alta marea. B) Detalle del diseño para el registro de video-transectos.....	82
Figura 2.3. Estaciones de muestreo donde se llevaron a cabo las propospecciones con video-transectos y/o cuadrantes: A) fiordo Reloncaví; B) fiordo Piti-Palena; C) bahía Yaldad.....	83
Figura 2.4. Distribución de densidad promedio de <i>M. chilensis</i> en el fiordo Reloncaví. Polígonos sobrepuestos en el borde costero indican AMERBs decretadas.....	84

Figura 2.5. Distribución y densidades de <i>M. chilensis</i> en el sector La Plazeta, desembocadura del río Rodríguez, estero Piti-Palena.	85
Figura 2.6. Distribución de densidad promedio de <i>M. chilensis</i> en Ensenada Las Islas, Estero Piti-Palena.	86
Figura 2.7. Perfil batimétrico de la distribución de <i>M. chilensis</i> en A) la costa norte del fiordo Reloncaví, B) la costa sur del fiordo Reloncaví y C) la costa rocosa de Ensenada las Islas en Estero Piti-Palena.....	87
Figura 2.8. Area estimada del banco natural de Yaldad ubicado en la marisma de la bahía Yaldad.....	88
Figura 2.9. Distribución de tamaños de choritos en las 4 zonas identificadas por Daneri et el. (2009) en el Fiordo Reloncaví. n corresponde al tamaño de la muestra.....	89
Figura 2.10. Relación longitud-peso y parámetros del modelo no lineal ajustado para choritos recolectados en el intermareal y en el submareal del fiordo Reloncaví.	90
Figura 2.11. Distribución de tamaños y relación longitud peso para choritos recolectados en el banco de Ensenada Las Islas en Estero Piti-Palena.	91
Figura 2.12. Distribución de tamaños y relación longitud peso para choritos recolectados en el banco de Plazeta en Estero Piti-Palena.	92
Figura 2.13. Distribución de tamaños y relación longitud peso para choritos recolectados en el banco de Yaldad.....	93
Figura 2.14. Uso del Fiordo Reloncaví para actividades de acuicultura. Fiordo Reloncaví, mostrando los límites de las 4 zonas (línea cortada) definidas por Daneri et al. (2009). Líneas negras en la costa del fiordo indican los centros de captación de semilla de choritos. Triangulos transparentes muestran los centros de cultivo de salmónidos.	94
Figura 2.15. Representación gráfica del escalamiento multidimensional no métrico, nMDS (panel izquierdo) y del análisis de similaridad, ANOSIM (panel derecho) realizado para comparar la abundancia y diversidad de especies entre: AB) Fiordo Reloncaví (REL) y fiordo Pitipalena (RMB); BC) Zonas al interior del fiordo Reloncaví (Boca, Marimeli, Puelo, y Cochamo); EF) Zonas al interior del fiordo Pitipalena (Ensenada y Laja).....	95
Foto 2.1. Fotografías del banco natural ubicado en la bahía de Yaldad.	96
Tabla 3.1. Resultados modelo logístico para la estimación de talla media de madurez de <i>M. chilensis</i> desde muestras recolectadas en el Fiordo Reloncaví.....	109
Figura 3.1. A) Area de estudio mostrando las dos zonas de estudio (rectángulos) donde se llevaron a cabo seguimientos mensuales de variables biológicas y ambientales; B) Fiordo Reloncaví mostrando las cuatro estaciones de muestreo: (1:Alerce, 2:Los Baños, 3:Relonhue 4:Rollizo); C) Fiordo Piti-palena mostrando las dos estaciones de muestreo (1:Ensenada, 2:Laja).	110
Figura 3.2. Esquema grafico de los colectores artificiales instalados en los fiordos Reloncaví y Piti-Palena.	111
Figura 3.3. AB) Evolución temporal del caudal medio diario registrado en el río Puelo durante 2015. Evolución temporal de la temperatura y salinidad de la columna de agua entre enero y diciembre de 2015 en cuatro estaciones del fiordo Reloncaví: CD) Alerce, EF) Baños, GH) Relonhue, IJ) Rollizo. La línea punteada (roja) en los paneles superiores muestra el caudal medio anual ($690 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$).	112
Figura 3.4. AB) Evolución temporal del caudal medio diario registrado en el río Palena durante 2015. Evolución temporal de la temperatura y salinidad de la columna de agua entre enero y julio de 2015 en dos estaciones del fiordo Pitipalena: CD) Ensenada, EF)	

Laja. La línea punteada (roja) en los paneles superiores muestra el caudal medio anual ($800 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$).	113
Figura 3.5. Evolución temporal de la concentración promedio de clorofila <i>a</i> (panel izquierdo), seston total (panel central) y seston organico (panel derecho) registrado entre enero y noviembre de 2015 en cuatro estaciones del fiordo Reloncaví: A-C) Rollizo; D-F) Relonhue; G-I) Los Baños; J-L) Alerce. Las barras de error muestran la desviación estándar.	114
Figura 3.6. Evolución temporal de la concentración promedio de clorofila <i>a</i> (panel izquierdo), seston total (panel central) y seston organico (panel derecho) registrado entre enero y diciembre de 2015 en dos estaciones del fiordo Pitipalena: A-C) Ensenada; D-F) Laja. Las barras de error muestran la desviación estándar.	115
Figura 3.7. Índice gonadosómico (IG) promedio en <i>Mytilus chilensis</i> registrado mensualmente entre diciembre de 2014 y noviembre de 2015 en dos estratos (intermareal y submareal) y cuatro sectores (Rollizo, Relonhué, Los Baños y Alerce) del fiordo Reloncaví. Barras de error muestran la desviación estándar. <i>Panel izquierdo:</i> IC en base a peso húmedo. <i>Panel izquierdo:</i> IC en base a peso seco.	116
Figura 3.8. Índice gonadosómico (IG) promedio en <i>Mytilus chilensis</i> registrado mensualmente entre enero y diciembre de 2015 en dos estratos (intermareal y submareal) y dos sectores (Ensenada y Laja) del fiordo Pitipalena. Barras de error muestran la desviación estándar. <i>Panel izquierdo:</i> IC en base a peso húmedo. <i>Panel izquierdo:</i> IC en base a peso seco.	117
Figura 3.9. Relación porcentual del estado de madurez gonadal en individuos machos y hembras de <i>Mytilus chilensis</i> separados por rangos de talla, registrado entre diciembre de 2014 y abril de 2015 en la estación Alerce del del fiordo Reloncaví.	118
Figura 3.10. Relación porcentual del estado de madurez gonadal en individuos hembras de <i>Mytilus chilensis</i> separados por rangos de talla, registrado entre diciembre de 2014 y abril de 2015 en la estación Alerce del del fiordo Reloncaví.	119
Figura 3.11. Relación porcentual del estado de madurez gonadal en individuos machos de <i>Mytilus chilensis</i> separados por rangos de talla, registrado entre diciembre de 2014 y abril de 2015 en la estación Alerce del del fiordo Reloncaví.	120
Figura 3.12. Evolución temporal del índice gonádico promedio por clases de tallas registrada entre diciembre de 2014 y abril de 2015 en la estación Alerce. Las barras de error muestran el error estándar.	121
Figura 3.13. Ojiva de madurez para choritos <i>M. chilensis</i> recolectados en el fiordo Reloncaví. A) Ojiva para hembras; B) Ojiva para machos; C) Ojiva compuesta para ambos sexos.	122
Figura 3.14. Presencia de semillas en malla registrada entre diciembre de 2014 y noviembre de 2015 en cuatro estaciones del fiordo Reloncaví: a) Boca; b) Marimelli, c) Relonhe y d) Rollizo.	123
Figura 3.15. Presencia de semillas en roca registrada entre diciembre de 2014 y noviembre de 2015 en cuatro estaciones del fiordo Reloncaví: a) Boca; b) Marimelli, c) Relonhe y d) Rollizo.	124
Figura 3.16. Cobertura de semillas en malla registrada entre diciembre de 2014 y noviembre de 2015 en cuatro estaciones del fiordo Reloncaví: a) Boca; b) Marimelli, c) Relonhe y d) Rollizo.	125
Tabla 4.1. Resumen de localidades y tipos de marcadores utilizados en los diferentes trabajos realizado en genética de <i>Mytilus chilensis</i> .	139

Tabla 4.2. Indicadores de variabilidad genética de la especie <i>M. chilensis</i> en base a trabajos realizados por diferentes autores utilizando marcadores de secuenciación de DNA.	140
Tabla 4.3. Indicadores de variabilidad genética de la especie <i>M. chilensis</i> en base a trabajos realizados por diferentes autores utilizando microsatélites y alozimas.	141
Tabla 4.4. Valores de diversidad genética separados por localidad de la costa chilena, basado en datos de secuenciación de DNA en <i>M. chilensis</i> .	142
Tabla 4.5. Valores de diversidad genética separados por localidad en la costa chilena, basado en los datos de alozimas, para <i>M. chilensis</i> .	142
Tabla 4.6. Comparación de estimadores de variabilidad genética entre las especies descritas del grupo <i>Mytilus</i> en base a marcadores de secuenciación de DNA. (HS: hemisferio sur; HN: Hemisferio norte).	143
Tabla 4.7. Estimadores promedio por especie del género <i>Mytilus</i> para los datos recopilados de secuenciación de DNA.	144
Tabla 4.8. Comparación de estimadores de variabilidad genética entre las especies descritas del grupo <i>Mytilus</i> en base a microsatélites. (HS: hemisferio sur; HN: Hemisferio norte).	144
Tabla 4.9. Estimadores promedio por especie del género <i>Mytilus</i> para datos de microsatélites.	145

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Acta reunion de Coordinación	166
Anexo II: Actividades de Difusión	167
Anexo III: Presentación y discusión de resultados (ppt)	174

1. ANTECEDENTES

El chorito *Mytilus chilensis* (Hupe, 1854) es un bivalvo que forma densos bancos sobre fondos duros y fangosos hasta una profundidad de 10 m, aunque de manera excepcional se ha observado hasta 25 m de profundidad (Lorenzen et al. 1979, Zagal et al. 2001).

Esta especie tiene sexos separados y posee un ciclo de vida complejo que alterna una fase larval planctónica y una fase adulta bentónica (Chaparro & Winter 1983, Toro et al. 2006). Esto da lugar a poblaciones adultas espacialmente estructuradas en subpoblaciones localizadas de acuerdo a la distribución del tipo de hábitat e interconectadas a través de dispersión larval (Roughgarden et al. 1985, Hanski & Gilpin 1991, Widdows 1991, Orensanz et al. 1998). La dinámica de estas subpoblaciones puede ser observada a través de su contracción y expansión, que son mediadas mayoritariamente por la advección de larvas y la disponibilidad de hábitat. Estas subpoblaciones pueden persistir, extinguirse y resurgir en periodos de tiempo que incluyen más de una generación y cuyos cambios pueden ser lentos y ruidosos (Caddy 1989, Hunt & Scheibling 2001, Orensanz et al. 2006).

Su distribución geográfica comprende toda la costa chilena y parte de la costa Argentina, dominando comunidades litorales en fiordos y canales del sur de Chile, donde existen marcadas variaciones de salinidad (Lorenzen et al. 1979, Viviani 1979). Estas variaciones en la salinidad dan paso a un sistema estratificado (Pickard 1971, Silva et al. 1995, Valle-Levinson et al. 2007), donde es esperable que gradientes verticales de salinidad determinen la estructura espacial de las poblaciones de *M. chilensis*. Lo anterior, a través de un efecto sobre la fase planctónica, donde la haloclina funciona como barrera química o física para aquellas larvas que intentan migrar a través de estos gradientes (Young 1995, Lougee et al. 2002, Gallager et al. 2004), o afectando la sobrevivencia de reclutas y adultos en un ambiente relativamente variable.

La industria mitilicultora chilena representa la segunda actividad de acuicultura nacional, con una producción anual de más de 200.000 toneladas de *M. chilensis*. La mayor parte de la cosecha se produce en los fiordos del norte de la Patagonia chilena (lat. 41.5 ° S). Sumado a esto, el 99% de las semillas de *M. chilensis* se obtienen de reclutamiento desde sistemas naturales utilizando sustratos artificiales. Durante los años 80 y 90 los reclutamientos (captaciones) de semillas se concentraron en el mar interior de Chiloé (Buzeta et al. 1988, Leiva et al. 2007). Coincidente con el crecimiento de la mitilicultura

disminuyeron los reclutamientos artificiales en áreas de captación tradicionales (Avendaño et al. 2011), las que fueron reemplazadas por otras áreas de reclutamiento localizadas en los fiordos de la región de Los Lagos a partir de la década del 90's (Leiva et al. 2007). Entre 2000-2010, en torno al 60% del reclutamiento de semillas se concentró en el Estuario y Seno Reloncaví, debido principalmente a la disminución sistemática de los reclutamientos en sustratos artificiales de las zonas históricas de la isla de Chiloé. Sin embargo, esta disminución en el reclutamiento no fue priorizada como una necesidad de investigación hasta que el fiordo Reloncaví presentó una disminución significativa en el reclutamiento en sustratos artificiales entre los años 2009 y 2012.

En la región de los Lagos existen poco más de 500 centros de cultivo, de los cuales una gran proporción tiene registrada la captación natural de semillas entre sus actividades. No obstante, en el sector mitilicultor se reconoce que existen 5 grandes zonas de captación de semillas que proveen a los centros de engorda: Ilque-Huelmo, Quillaipe, Hornopirén-Pichicolo, Putemun y Estuario Reloncaví y seno Reloncaví. Entre el año 2005 a 2010 alrededor del 60% de la semilla para la mitilicultura en la región de los Lagos se produjo en el sistema Seno Reloncaví-Fiordo Reloncaví, estimándose más de un millón de colectores anuales. Desde 2014 los resultados de los reclutamientos en sustratos artificiales han mejorado en el Fiordo Reloncaví, aunque la disminución previa alertó a los productores chilenos quienes declararon disminuciones de 40% de la captación.

Aunque en la región de Aysén existen potenciales áreas de captación y engorda de mitílidos, estas presentan restricciones derivadas de la recurrencia de Floraciones Algales Nocivas (FANs), las que han disminuido en frecuencia desde 2010. Una de estas es el Fiordo Piti-Palena en el límite norte de la región Aysén (Molinet & Gavilán 1994, Molinet et al. 2000), conocido como Estero Piti-Palena. En 2012 por Res. Ex. N° 2826 de 19/10/2012 del Ministerio de Economía Fomento y Turismo fue declarada área NO FAN de *Alexandrium catenella* (principal responsable de las intoxicaciones por veneno paralizante de los mariscos – VPM), lo que incentivó el reinicio de actividades de captación de semillas en esa zona.

Las fallas en el reclutamiento de *M. chilensis* sobre sustrato artificial incorporaron nuevos escenarios de incertidumbre para la mitilicultura chilena, reconociendo que es clave conocer la relación entre el reclutamiento en sustrato natural, la producción en engorda y

los bancos naturales. Un primer paso es conocer el estado en el que se encuentran actualmente los bancos naturales de *Mytilus* spp., asociados a las principales zonas de reclutamiento en sustrato artificial (captación de semillas) con el objetivo de contar con información base y actualizada respecto de sus indicadores poblacionales (abundancias, densidades, cobertura, estructura de tallas, entre otros). Esta debería ser la base para proponer un programa de monitoreo de bancos además de proponer medidas de manejo para la sostenibilidad de la actividad de captación de semillas para la industria mitilicultora como para la pesca.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Identificar y caracterizar el estado de bancos naturales de choritos (*Mytilus spp.*), asociados a la obtención de semillas desde el medio natural para la mitilicultura en la X y XI regiones, y proponer un programa de seguimiento para bancos naturales de la especie.

2.2. Objetivos específicos

- 1) Recopilar y analizar información histórica respecto a la ubicación y el estado de bancos naturales de mitílidos para la X y XI.
- 2) Identificar y delimitar espacialmente bancos naturales y estimar su abundancia en número y biomasa, de las distintas poblaciones de *Mytilus* spp en áreas con captación histórica de semillas.
- 3) Identificar y caracterizar parámetros poblacionales y reproductivos en bancos naturales de *Mytilus* spp identificados previamente.
- 4) Evaluar el estado general de los bancos naturales identificados y caracterizados considerando su abundancia, cobertura, densidad y comunidad asociada.
- 5) Diseñar y proponer un plan de monitoreo y seguimiento de bancos naturales incluyendo indicadores poblacionales, basado en la información recopilada y considerando su importancia dentro de las actividades de captación de semillas y engorda.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. Objetivo 1

Recopilar y analizar información histórica respecto a la ubicación y el estado de bancos naturales de mitílidos para la X y XI.

3.1.1. Antecedentes

La información disponible acerca de la caracterización de bancos de mitílidos en Chile es muy limitada. Más allá de la distribución espacial general reportada por Viviani (1979), los reportes sobre bancos naturales caracterizados espacialmente son escasos. Entre estos registros, destacan los trabajos de Molinet and Gavilán (1994) y Soto et al. (1999) en la Región de Aysén, quienes caracterizaron la abundancia y distribución de tamaños de choritos (*Mytilus chilensis*) en el Estero Piti-Palena y Canal Puyuhuapi, respectivamente. En la Región de los Lagos, Lizama (2003) identificó y caracterizó bancos de mitílidos en el Fiordo Reloncaví, mientras Leiva et al. (2007), caracterizaron parcialmente bancos de chorito en Cochamó, Metri, Pichicolo y Yaldad. Una fuente apropiada de información las constituyen las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs), ya que estas son áreas donde pescadores artesanales declaran la existencia de bancos naturales y sobre los que se realizan evaluaciones directas.

3.1.2. Metodología de trabajo

a. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión de la literatura disponible, enfocándose en los tópicos de distribución y caracterización espacial de poblaciones de mitílidos en el sur de Chile, parámetros del ciclo reproductivo, crecimiento, mortalidad natural y estructura de talla poblacional. Para la recopilación de antecedentes bibliográficos se consultó diversas fuentes especializadas en ciencias marinas, tales como ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts), Oceanic Abstracts, Science Direct, Scopus, Springer link y Scholar Google.

Paralelamente se realizaron consultas vía web a los catálogos en línea de bibliotecas especializadas en ciencias del mar, disponibles en las diferentes universidades del país, como la biblioteca del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) Valparaíso y la base de Fondo de Investigación Pesquera (FIP).

b. Elaboración de base de datos

Con la información recopilada, provenientes de bases de datos de IFOP, de la Subsecretaría de Pesca y otras fuentes se elaboró una planilla para su despliegue en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Esta planilla incluye un listado de todos los bancos naturales de mitílidos identificados en la X y XI regiones, la ubicación geográfica de cada uno de ellos, tipo de especies identificadas, registros de explotación, abundancia, densidad, cobertura y estimaciones de biomasa, en los casos en que esta información estuvo disponible.

c. Georreferenciación de bancos

La información recopilada y tabulada fue desplegada en un sistema de información geográfica, considerando el sistema de coordenadas, la escala de representación y el uso de la cartografía digital disponible. La información recopilada con registro de coordenadas se digitalizó y normalizó (referido al sistema de coordenadas y Datum) para ser consultada por localización geográfica, fuente u otro atributo. La información sin coordenadas geográficas no fue georreferenciada y solo se presenta como bancos referenciales.

Para que la información sea homologable se requiere de aspectos técnicos comunes. Por este motivo, se definió la aplicación de un protocolo de levantamiento y así evitar datos de mala calidad, o que no cumpla con los requerimientos de las bases de datos ya existentes. Además, este tipo de protocolos permite evitar la duplicación de coordenadas, que pueden originarse debido a que un banco natural de mitílidos puede tener más de una coordenada proveniente de distintas fuentes de información. Lo anterior, requiere que la revisión de datos sea automática o bien manual, para luego normalizar las coordenadas y dar paso a la espacialización de las bases de datos a través del Sistema de Información Geográfica (SIG). La normalización de las fuentes de coordenadas de los bancos naturales de mitílidos se realizó cuando se observaron: i) diferencia de proyección, ii) diferencia de DATUM, iii)

duplicación de coordenadas por banco natural, iv) sospecha sobre la calidad de la misma (en el origen y levantamiento) y v) sospecha de errores de localización.

Finalmente la tabla de datos validada fue georreferenciada en un SIG utilizando el software ArcMap 9.3 de ArcGis y almacenado con formato shape (*.shp) con sistema de coordenadas UTM y datum WSG84.

3.1.3. Resultados

a. Revisión Bibliográfica

La literatura relativa a mitílidos es abundante en el contexto mundial. Sin embargo, la literatura sobre mitílidos chilenos es escasa y referida a bancos naturales es más bien rara (Tabla 1.1), con la excepción de lo reportado en AMERBs.

Los principales mitílidos chilenos corresponden a chorito (*Mytilus chilensis*, Hupe 1854), cholga (*Aulacomya atra*, Molina 1782) y choro zapato (*Choromytilus chorus*, Molina 1782). Actualmente, la mitilicultura en Chile es la segunda actividad acuícola en importancia, en la que el cultivo de *M. chilensis* da cuenta de más del 90% de la producción, concentrada en un 99% en la región de Los Lagos. En esta zona, alrededor del 99% de la producción de mitílidos, corresponde al cultivo de *M. chilensis*, cuya producción sobrepasó las 280,000 toneladas durante 2011 (Sernapesca 2011), posicionando a Chile entre los líderes a nivel mundial en el cultivo de choritos. Mientras el cultivo de *A. atra* y *C. chorus*, es aún incipiente, con volúmenes de producción en torno a 1,000 – 2,000 toneladas por año (Fig. 3.1). Respecto a los desembarques totales de mitílidos desde bancos naturales (pesca artesanal), más del 95% del total nacional se lleva a cabo en la X región (Fig. 3.2). En el caso de *M. chilensis* los desembarques totales anuales no han superado las 8,000 toneladas por año en los últimos 17 años, observándose una drástica disminución de las capturas a partir del año 2001, con excepción del 2007 donde se registró un desembarque total de 7,800 t. La situación es similar para la especie *A. atra*, cuyos desembarques totales desde bancos naturales se mantienen en torno a las 4,000 toneladas por año, con ciertas variaciones anuales, aunque sin una tendencia clara. Finalmente, en el caso de *C. chorus*, a pesar de que los desembarques no superan 600 toneladas a nivel nacional, se ha observado una tendencia al aumento durante los últimos cinco años en las regiones X y XI (Fig. 3.2).

Las tres especies de mitílidos mencionados previamente forman densos bancos en fondos duros y blandos hasta 25 m de profundidad (Lorenzen et al. 1979, Viviani 1979), con interacciones ecológicas que no han sido profundamente estudiadas en Chile.

Recientemente, Molinet et al. (2015) en un estudio llevado a cabo en el Estuario Reloncaví, una de las principales zonas de captación de semillas que sustentan el cultivo de la X región, sugirieron que las variaciones de salinidad y mareales, en conjunto con interacciones biológicas, serían los factores claves que explican los patrones de distribución espacial de *M. chilensis* en esta zona.

La distribución geográfica de estos mitílidos incluye toda la costa de Chile y Argentina, aunque las densidades más altas se encuentran en las zonas costeras con marcadas variaciones en la salinidad (Lorenzen et al. 1979, Molinet et al. 2015).

Considerando el objetivo general de este proyecto, el foco de la descripción está centrada principalmente en *M. chilensis*, aunque considerando que al menos *A. atra* es un componente de su comunidad asociada, fue incorporada en el análisis y discusión en la medida de la posible.

Mytilus chilensis, al igual que las otras dos especies de mitílidos (*A. atra* y *Ch. chorus*), tiene sexos separados y sus huevos son fecundados en la columna de agua. El tamaño de los huevos es de aproximadamente 70 micras y se producen alrededor de 8×10^6 huevos / hembra (Widdows 1987). En Yaldad (Chiloé) se ha observado hasta 10.9×10^6 huevos / hembra, y el desove ocurre en la primavera y el verano (Chaparro & Winter 1983). *M. chilensis*—al igual que *A. atra* y *Ch. chorus*—tiene un ciclo de vida complejo que alterna una fase de desarrollo temprana planctotónica con una fase de desarrollo adulta bentónica. Las larvas son frecuentes en el plancton durante primavera y verano (Buzeta et al. 1988), por lo que su diferenciación desde huevo hasta 300 μm es compleja (Ramorino & Campos 1983).

Información acerca de estadios planctónicos, alimentación larval, asentamiento y reclutamiento ha sido publicada por varios autores (Navarro & Winter 1982, Chaparro & Winter 1983, Buzeta et al. 1988, Leiva et al. 2007, Avendaño et al. 2011). Una importante contribución fue hecha por Ramorino and Campos (1983), que publicó una descripción detallada de la morfología de los estadios larvales de varias especies de bivalvos y que constituye un texto obligado para identificación de larvas.

Información específica sobre bancos naturales de mitílidos para la zona de estudio es muy limitada, registrándose principalmente 3 fuentes de información: i) El seguimiento Bentónicos de IFOP, que permite identificar áreas de pesca de manera referencial (obtenida de viajes de pesca), ii) Las AMERBs que cuentan con evaluaciones directas de bancos naturales y iii) Reportes específicos sobre bancos naturales. Entre estos últimos se recolectó información sobre abundancia y distribución de tamaños de choritos y cholgas en Guaitecas, Estero Piti-Palena y Canal Puyuhuapi (Molinet & Gavilán 1994, Soto et al. 1999, Molinet et al. 2008). En la Región de los Lagos, Lizama (2003) identificó y caracterizó bancos de mitílidos en el Fiordo Reloncaví, mientras Leiva et al. (2007), caracterizaron parcialmente bancos de chorito en Cochamó, Metri, Pichicolo y Yaldad. Finalmente, Molinet et al. (2015) caracterizaron la distribución espacial de choritos en el Fiordo Reloncaví, una de las principales zonas de captación de semillas de chorito que sustentan gran parte de la industria mitilicultura en aguas interiores de la X región.

Estudios de crecimiento de los moluscos bivalvos de la región de Los Lagos son también escasos, a pesar de la importancia económica que representa. Se destaca la variación de crecimiento entre zonas y tipo de ambiente, es decir crecimiento en banco natural versus crecimiento en sistema suspendido.

En *M. chilensis* el crecimiento hasta 5 cm en banco natural varía entre 36 meses a 48 meses (Molinet & Gavilán 1994, Clasing et al. 1998). Mientras que en los 80's en sistema suspendido se alcanzaba 55 mm en un periodo de 14 a 17 meses en la bahía de Yaldad (Chaparro & Winter 1983, Winter 1984), zona que representa uno de los primeros y más importantes semilleros en los comienzos de la mitilicultura intensiva en Chiloé (Buzeta et al. 1988). En 2011, Marambio et al. (2012) observó un periodo de 13 meses para un crecimiento de 25 mm en un centro de cultivo de Rilán.

Choromytilus chorus muestra un crecimiento acelerado el primer año en sistema suspendido, alcanzando 60 mm, luego su crecimiento se desacelera tardando 2 años en llegar a 10 mm (Lorenzen et al. 1979, Aracena 1983).

b. Georreferenciación de bancos

Información proveniente del seguimiento bentónico: Se identificaron un total de 109 procedencias pesca (bancos referenciales) en la región de Los Lagos y 9 en la región de

Aysén, desde los que se reportó desembarque de mitílidos entre 2002 y 2013 (Tabla 1.2). En 16 de las 109 procedencias se registraron las tres especies principales de mitílidos, en 23 de 109 procedencias se registró cholga y chorito, mientras que la asociación con choro zapato se registró en 20 procedencias (Tabla 1.2). Los desembarques muestreados por recurso se muestran en la figura 1.3 y se detallan en tablas 1.3 a 1.8. En estas se observa que los registros de desembarque provienen principalmente del mar interior de Chiloé. En el caso del chorito, su desembarque se divide entre Chiloé insular y Chiloé continental (hacia los fiordos), con desembarques máximos reportados de 30 tons. El recurso cholga presenta desembarques de hasta 1000 tons hacia la zona de Dalcahue, mientras que el recurso choro zapato se concentran principalmente entre Calbuco y Dalcahue con desembarques máximos muestreados de alrededor de 40 tons (Fig. 1.3).

En la región de Aysén llama la atención que no exista desembarque muestreado de mitílidos en el Estero Piti-Palena, ya que esta ha sido la única zona sin prohibición de extracción de mariscos en esa región, debido a que fue declarada área libre de floraciones algales nocivas (FAN) de *Alexandrium catenella* en 2012 (Subpesca 2012, Inf. Tec. N°1267/2012). Se estima que esto debe ser un efecto de la cobertura del muestreo de IFOP. El proyecto FIP 2005-51 también reporta procedencias de pesca de mitílidos entre los años 1996 y 2005, las que se detallan en figura 1.4. En esta figura se puede observar un mayor número de bancos referenciales en la XI región lo que puede ser explicado por una menor frecuencia de mareas rojas en la década de 1990s en la región de Aysén.

Información proveniente de AMERBs: Entre las regiones de Los Lagos y Aysén se identificaron 253 AMERBs cuya especie objetivo fue el recurso cholga (60%), chorito (34%) o choro zapato (6%) (Tabla 1.9), aunque en algunos casos dos o más especies pertenecen a la misma área (Tabla 1.10). Se destaca que 93% de las AMERBs para mitílidos están en la región de Los Lagos y sólo 7% se ubica en la región de Aysén (Fig. 1.5).

Las AMERBs para chorito se concentran principalmente en los fiordos de la zona norte de la región de Los Lagos y un caso en la región de Aysén, con mayor biomasa reportada en el fiordo y seno Reloncaví, con información disponible entre 2007 y 2011 (Fig. 1.6). Áreas de manejo para cholga se ubican en los fiordos de ambas regiones. La biomasa estimada para

este recurso mostró el mismo patrón de distribución que lo observado en choritos, aunque con biomasa 1 orden de magnitud mayores, con información disponible hasta 2011 (Fig. 1.7). La biomasa para choro zapato sólo fue registrada para dos zonas con valores entre 1.000 y 13.000 tons (Fig. 1.8).

Las densidades de choritos en AMERBs en la región de Los Lagos se registraron en un rango de entre 50 y 500 individuos/m² (Fig. 1.9), con un valor extremo de alrededor de 4.000 ind/m² en Puerto Bonito, sector A. Estos valores son considerados muy altos, ya que lo que se informa es densidad media. AMERBs con choro zapato mostraron densidades medias de entre 0.5 y 700 ind/m² (Fig. 1.10). Para el recurso cholga, las densidades medias por área variaron entre menos de 1 ind/m² y alrededor de 800 ind/m², con mayores promedios en la región de Los Lagos, respecto de la región de Aysen (Fig. 1.11 A y B).

Información de bancos específicos:

Región de Aysén, Estero Piti-Palena: En el año 1994 se caracterizó la abundancia y estructura de tamaños de choritos tanto en brazo del Pillán como en Ensenada Las Islas. En anexo digital se entrega el PDF “Pillan_1994”, donde se muestra el plano con la distribución de estaciones muestreadas, la densidad y estructura de tamaños de la población de choritos. El banco de choritos de la zona ocupaba prácticamente toda la franja rocosa, con densidades entre 20 y 500 ind/m² (promedio = 220 ind/m²) y una distribución de tamaños que incluía individuos de hasta 120 mm (Molinet & Gavilán 1994). La realización de un ESBA en 2005, específicamente en el sector Pillán resultó en una densidad media de alrededor de 80 ind/m², mientras que un nuevo ESBA realizado en 2014 resultó en densidades de alrededor de 3 ind/m² (Henriquez et al. 2014).

Región de Aysén, Proyecto FIP 97-41: Soto et al. (1999) identificaron bancos de *M. chilensis* y *A. atra* a lo largo de la costa de los fiordos de la región de Aysén. Estos autores demarcaron extensas líneas de costa desde Raúl Marín Balmaceda y que incluyeron los canales Jacaf y Puyuhuapi y los fiordos Aysén y Quitralko. Estos sectores estarían cubiertos por un angosto cinturón de choritos (Fig. 1.12). La distribución del recurso cholga coincidió con la distribución de choritos en las zonas antes mencionadas, aunque su

distribución también consideró bancos hacia Islas Guaitecas y el Archipiélagos de los Chonos (Fig. 1.13).

Región de Los Lagos, Fiordo Reloncaví: En la región de Los Lagos, Lizama (2003) reportó densidades y abundancia de mitílidos en 22 estaciones del Fiordo Reloncaví, con lo cual realizó una estimación de biomasa. Uno de los elementos importantes y novedosos del trabajo de Lizama fue destacar la presencia de choritos lisos (choritos sin cubierta de epibiontes) en el submareal y choritos con “colpa” (cubiertos de cirripedios) en el intermareal y describir la abundancia de cada grupo a lo largo del fiordo. Este autor encontró mayor abundancia de chorito liso con densidades de hasta 2400 ind/m², mientras que choritos con epibiontes sólo alcanzaron alrededor de 1600 ind/m² (Fig. 1.14). Molinet et al. (2015) visitaron en 2013, 13 de las 22 estaciones descritas por Lizama (2003) considerando la existencia de estos dos “tipos” de chorito y reportaron que choritos lisos fueron escasos, mientras que choritos con colpa fueron más abundantes que lo reportado por Lizama (Fig. 1.14).

3.1.4. Análisis y discusión

Mytilus chilensis es más abundante en estrechos “cinturones” entre el intermareal y submareal de fiordos, en un hábitat caracterizado por la presencia de un fuerte gradiente de salinidad. A la vez también es abundante en la desembocadura de cursos de agua dulce donde forma extensas cubiertas como es el caso de Yaldad, considerado como uno de los principales semilleros durante la década del '80 en el inicio de la mitilicultura en Chiloé. En el intermareal, *M. chilensis* puede soportar variaciones de temperatura ambiental entre 0 y 30 °C, mientras en la columna de agua la temperatura varía entre 12 y 26 °C (Buschbaum et al. 2009). En tal sentido el gradiente de salinidad debe jugar un rol importante en la estructura de la comunidad de los fiordos y para *M. chilensis*. De esta forma, los bancos de *M. chilensis* estarían confinados a un estrecho hábitat que limita con restricciones físico-químicas (gradiente salino y desecación, entre otros) hacia la parte superior y con restricciones dadas por la competencia y depredación hacia la parte inferior de su distribución. Este hábitat que ocupa *M. chilensis* es un ambiente con alta frecuencia de perturbaciones, ya que además de la variación mareal se ve afectado por variaciones de

salinidad asociadas a las descargas de los afluentes (Buschbaum et al. 2009, Molinet et al. 2015). Lo anterior configura un escenario de hábitat más bien limitado para los bancos naturales de *M. chilensis*, lo que contrasta con su éxito de reclutamiento y su crecimiento en sustratos artificiales sobre sistemas suspendidos (Buzeta et al. 1988).

Bajo el cinturón de choritos observados en los fiordos patagónicos se observa un cinturón de cholga, especie que parece competir por el mismo tipo de sustrato que *M. chilensis*. Aunque Lorenzen et al. (1979) describen a *A. atra* como eurioica, lo observado por Molinet et al. (2015) sugiere que su distribución está limitada hacia la superficie probablemente por efecto de la baja salinidad. Esta situación se repetiría para especies de Equinodermata (estrellas de mar y erizos principalmente). Aunque poco considerada en la mayor parte de los estudios de bancos naturales de *M. chilensis*, la estructura de su comunidad asociada en sistemas rocosos y sus interacciones han sido descritas y discutidas en la literatura científica (Connell 1961, Paine 1974, Reusch & Chapman 1997, Hunt & Scheibling 2001) y sugieren la presencia de competencia intra e interespecifica entre organismos que se adhieren al sustrato y depredación por ejemplo por organismos del grupo Equinodermata. Lamentablemente en Chile la ecología del intermareal en fiordos y canales ha sido escasamente descrita (Viviani 1979), lo que contrasta con la importancia productiva y el uso que ha alcanzado este sistema en las últimas tres décadas.

La presencia de *M. chilensis* Limpio (sin epibiontes) y Cubierto (con epibiontes) sugiere la existencia de un gradiente en la franja que ocupa *M. chilensis* en el fiordo Reloncaví, donde aquellos individuos en el intermareal (Cubiertos) han mostrado mejor índice de condición e índice gonádico (Molinet et al. 2015). Las variaciones en la distribución espacial del *M. chilensis* y *A. atra* en los fiordos patagónicos parece presentar un patrón claramente estratificado que debe ser considerado para el entendimiento de su dinámica poblacional. De esta forma, los hábitat que ocupa el chorito *M. chilensis* corresponden a una zona de transición entre sistemas marinos y agua dulce por lo que presentan fuertes variaciones ambientales, las que pueden ser amplificadas por cambios globales y perturbaciones antropogénicas locales. Estos cambios pueden estar configurando escenarios de mayor variabilidad en el éxito reproductivo de *M. chilensis* lo que se puede traducir en variaciones en las captaciones naturales de semillas. Por lo anterior deben definirse metodologías apropiadas para el monitoreo de las poblaciones de este recurso, así como tratar de

establecer una relación stock recluta que permita entender el impacto de la variación de los stocks parentales sobre el reclutamiento natural y artificial de este recurso. Lo anterior, además plantea una serie de interrogantes, respecto a la rol ecológico que cumplen los bancos naturales de *M. chilensis* en este sistema, como por ejemplo: ¿Cuál es el rol de choritos lisos y choritos cubiertos?, ¿Es posible que el gradiente ambiental entre el submareal e intermareal configure un escenario de hábitat fuente y sumidero (*sensu* Pulliam 1988) para *M. chilensis*?, ¿Están amenazados los hábitats que ocupan los bancos de chorito en Chile?.

Por otro lado, la escasez de chorito liso y las menores densidades de chorito cubierto encontradas por Molinet et al. (2015) comparado con lo observado por Lizama (2003), sugieren disminución de la abundancia de *M. chilensis* en el fiordo Reloncaví. Similar situación a lo observado en el Estero Piti-Palena entre los años 1994, 2005 y 2014.

Esto podría estar asociado a una etapa de contracción de estos bancos (*sensu* Orensanz & Jamieson 1998, Orensanz et al. 2005), más visible en el gradiente vertical. Hunt and Scheibling (2001) describieron aspectos de la expansión y contracción de bancos de mitílidos que indican que estos pueden recuperarse en relativamente poco tiempo. La dinámica de contracción/expansión de los bancos de mitílidos parece una buena herramienta para el monitoreo de estas poblaciones espacialmente estructuradas, lo que de acuerdo a nuestros resultados debe incluir un diseño que considere técnicas de análisis geoestadístico (Roa-Ureta & Nickitscheck 2007) que permita caracterizar el patrón de distribución espacial de esta especie e identificar tendencias de la población en mediano largo plazo.

Las causas de las disminuciones en la abundancia de choritos en áreas específicas no están claras, aunque a la inestabilidad del ambiente (y consecuentes fallas naturales en reclutamiento) se pueden acoplar: i) la exportación de colectores y por tanto remoción de un número indeterminado de reclutas anualmente desde cada sistema de fiordos (Leiva et al. 2007), ii) la explotación de los bancos naturales (sin información específica), iii) depredación, iv) cambios en las condiciones ambientales locales (ej. mayor aporte de agua dulce), entre otros.

La distribución espacial de *M. chilensis* al menos en el fiordo Reloncaví y estero Piti-Palena sugiere el efecto de al menos cuatro elementos que en conjunto pueden estar

afectando sus poblaciones: i) la variabilidad anual de la salinidad (por efecto de la variabilidad de precipitaciones y escurrimiento de hielo) que parecen limitar su distribución hacia el intermareal superior, ii) la competencia con *A. ater* por el intermareal inferior, iii) el desprendimiento de mitílidos producido por la cosecha, ya sea para consumo o para encordar semillas y iv) la depredación por la incursión de estrellas de mar. Por otro lado, el estatus de los bancos de mitílidos en la desembocaduras de ríos (ejemplo en Yaldad y Putemun) son desconocidos, así como también se desconoce la relación existente entre estos bancos naturales y la captación local de semillas.

Aunque las AMERBs parecen ser una unidad apropiada para el seguimiento de la dinámica de las poblaciones naturales de mitílidos, la información disponible es fragmentada (con seguimientos más bien esporádicos). En algunos casos las biomásas medias parecen muy altas, lo que sugiere necesario al menos una estandarización de metodologías de evaluación directa y estimación para este recurso.

Finalmente, se destaca la descripción de extensos bancos de chorito en el Canal Puyuhuapi (Soto et al. 1999), lo que debería ser considerado para futuros estudios de evaluación de bancos, con el objetivo de evaluar si la constricción de los bancos y la disminución significativa de las densidades de indivisuos por unidad de superficie observada en el fiordo Reloncaví (Molinet et al. 2015) y el fiordo Pitipalena (Henriquez et al. 2014), responden a procesos locales o bien son parte de procesos de mayor escala con efectos detectables a nivel regional.

3.1.5. Conclusiones

Aulacomya atra es la especie que presentan mayor desembarque proveniente de bancos naturales, principalmente en la región de Los lagos, mientras que *M. chilensis* es la especie más cultivada.

Un total de 95% de los desembarques de mitílidos se realizan en la región de Los Lagos, los que han disminuido significativamente y se mantienen en alrededor de 4,000 tons (que representa alrededor del 2% de la producción total de choritos).

Pese a su importancia para la captación de semillas, la información sobre bancos naturales es más bien fragmentaria. Los parámetros biológicos que permitan conocer su dinámica poblacional están incompletamente descritos lo que dificulta la comprensión sobre el estado actual de los bancos naturales.

Las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs) han surgido como herramienta para que la pesca artesanal maneje sus bancos naturales y a la vez realice la actividad de captación natural de semillas, lo que les ha permitido tener acceso a esta importante actividad económica.

La información disponible para las áreas de manejo indica que de 34 áreas declaradas disponibles para AMERBs sólo 15 tienen ESBA y Seguimientos, cuyos resultados indican densidades variables y en algunos casos valores iguales a 0 (Tabla 1. 11) . La disminución de la densidad observada en los ESBA y Seguimientos es aproximadamente coincidente con lo observado en este trabajo (ver objetivo 2). Esto sugiere la necesidad de al menos i) estandarizar las metodologías de evaluación directa para este tipo de bancos, ii) evaluar la factibilidad de entregar nuevas áreas.

Finalmente, se destaca la descripción de extensos bancos de chorito en el Canal Puyuhuapi (Soto et al. 1999), lo que debería ser considerado para futuros estudios de evaluación de bancos, con el objetivo de evaluar si la constricción de los bancos y la disminución significativa de las densidades de individuos por unidad de superficie observada en el fiordo Reloncaví (Lizama 2003, Molinet et al. 2015) y el fiordo Pitipalena (Henriquez et al. 2014), responden a procesos locales o bien son parte de procesos de mayor escala con efectos detectables a nivel regional.

3.1.6. Tablas

Tabla 1.1. Literatura sobre distribución y caracterización espacial de poblaciones de mitílidos en el sur de Chile, parámetros del ciclo reproductivo, crecimiento, mortalidad natural y estructura de talla poblacional.

Año	Tópico	Tipo de Publicación	Detalles de la publicación
1979	Distribución de Poblaciones de Mitílidos en el Sur de Chile y distribución de tamaños	Publicación ISI	Viviani, C. (1979). "Ecogeografía del Litoral Chileno." <i>Studies on Neotropical Fauna and Environment</i> 14: 65-123.
1994		Reporte	Molinet C, Gavilán M (1994) Diseño y Aplicación de una Plan de manejo Comunitario de bancos naturales de Chorito, Cholga y Almeja y Fomento a la Acuicultura en el Estero Piti-Palena. Proyecto. FOSIS 11030400104. Universidad de Los Lagos, Sede Coyhaique, Coyhaique.
1999		Reporte FIP	Soto D, Molinet C, Jara F (1999) Herramientas metodológicas para definir los usos de áreas con bancos naturales en XI región. Informe Final Proyecto FIP 97-41. Universidad Austral de Chile, Puerto Montt.
2003		Reporte	Lizama O (2003) Catastro de bancos naturales de mitílidos en el estuario Reloncaví. Cochamó.
2007		Reporte FIP	Molinet C, Matamala M, Arevalo A, H. F, Niklitschek E, Rosales S, Codjambassis J, Henríquez J, Almanza V, González M (2007) Validación de la metodología de evaluación de bancos naturales de recursos hidrobiológicos y praderas de algas. Proyecto FIP 1997-41. Universidad Austral de Chile, Puerto Montt
2007		Reporte FIP	Leiva, G., C. Santibañez, et al. (2007). Definición de criterios biológicos, ambientales, sanitarios y operativos para la instalación de colectores de moluscos bivalvos en la X región. FIP 2005-18. http://www.fip.cl/resultadosProyectos.aspx?sub=Nw&an=MjAwNQ&rec=&tit= , Litoral Austral: 161.
1996-2013		Reporte	Barahona, N., A. Olgún, et al. (2013). Asesoría Integral para la Toma de Decisiones en Pesca y Acuicultura, 2012. Actividad 2: Seguimiento Pesquerías Bentónicas en sectores de libre acceso. Valparaíso, Instituto de Fomento Pesquero: 463.
2014		Reporte	C. Molinet, M. Díaz, C. Arriagada, Leny Cares, Marcela Astorga, Sandra Marín. Exploración de bancos de mitílidos en Fiordo Reloncaví. Programa de Investigación Pesquera, Instituto de Acuicultura,

Año	Tópico	Tipo de Publicación	Detalles de la publicación
			Universidad Austral de Chile. Fondecyt 1130716.
1983	Parámetros reproductivos y crecimiento	Publicación	Chaparro OR, Winter JE. 1983. Efectos de una pobre oferta alimentaria en <i>Mytilus chilensis</i> sobre el crecimiento, reproducción y standing stock en la miticultura de Yaldad (Chiloé, Sur de Chile). Acuicultura ALd (ed). Proc V Simposio de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Asociación Latinoamericana de Acuicultura.
1983		Publicación	Navarro J (1983) Oferta alimenticia natural y su efecto sobre los procesos fisiológicos del bivalvo <i>Mytilus chilensis</i> en la bahía de Yaldad, Chiloé (sur de Chile) . In: Memorias Asociación Latinoamericana de Acuicultura, Book 5. Universidad Austral de Chile, Valdivia.
1983		Publicación ISI	Ramorino, L. and B. Campos (1983). " Larvas y post larvas de <i>Mytilidae</i> de Chile (MOLLUSCA: BIVALVIA) ." Revista de Biología Marina 19(2): 143-192.
1988		Reporte	Buzeta, R., J. E. Winter, et al. (1988). Desarrollo de la Maricultura en Chiloé, Chile . Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID-Canada). Valdivia, Universidad Austral de Chile.
2012		Publicación ISI	Lagos L, Uriarte I, Yany G (2012) Evaluación del potencial reproductivo del chorito (<i>Mytilus chilensis</i>) de dos poblaciones naturales sometidas a diferentes temperaturas de acondicionamiento . Lat Am J Aquat Res 40:389-397.
2011		Publicación ISI	Avendaño M, Cantillán M, Le Penne C, Varela C, Garcías C (2011) Distribución temporal de larvas de <i>Mytilus chilensis</i> (Hupé, 1954) (Mollusca: Mytilidae), en el mar interior de Chiloé, sur de Chile . Lat Am J Aquat Res 39:416-426.
2011		Publicación ISI	Oyarzún PA, Toro JE, Jaramillo R, Guíñez R, Briones C, Astorga M (2011) Ciclo gonadal del chorito <i>Mytilus chilensis</i> (Bivalvia: Mytilidae) en dos localidades del sur de Chile . Lat Am J Aquat Res 39:512-525.
2003		Reporte	Rojas VA (2003) Estudio histológico del ciclo gamético y estimación de fecundidad potencial de <i>Mytilus chilensis</i> (Hupe, 1854), en un banco natural del estuario del río Tornagaleones (Isla del Rey, Valdivia). Médico Veterinario, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

Tabla 1.2. Procedencias de pesca reportadas por el Seguimiento Bentónico de IFOP, donde se registró viajes de pesca para los recursos chorito, cholga y choro zapato en las regiones de Aysén y de Los Lagos. El número en cada recurso representa la frecuencia de muestreo entre 2002 y 2013.

Región	Ubicación sector	Cholga	Chorito	Choro Zapato	Total
X	Caicaen	11	2	15	28
X	Isla Chidhuapi	14	2	12	28
X	Islas Butachauques	18		9	27
X	Isla Guar	16	1	8	25
X	Isla Puluqui	10	4	9	23
X	Punta Perhue	18		5	23
X	Los Toros	16	5	1	22
X	Isla Tabon	15		6	21
X	Puerto Bonito	14	6		20
X	Queullin	16		4	20
X	Rulo	6	2	11	19
X	Canal Dalcahue	10		7	17
X	Huelmo	8		7	15
X	Quenu	8		6	14
X	San Agustin	4	1	9	14
X	Curaco De Velez	7		6	13
X	Ayacara	8	2	1	11
X	Estero Chauquiar	1	1	9	11
X	Punta Máchil	2	1	8	11
X	San Ramón	2	1	8	11
X	Chope	2	1	7	10
X	Isla Chulin	8		2	10
X	Hueque	8		1	9
X	Rosario		2	7	9
X	Comau	4	3	1	8
X	Costa Pollollo	7	1		8
X	Punta Quiquel	7		1	8
X	Aulin	6	1		7
X	Faro Corvio	7			7
X	Pichicolo	5	1	1	7
X	Rio Pudeto		6	1	7
X	Achao	3		3	6
X	Isla Llanquihue	4		2	6
X	Isla Quehui	3		3	6
X	Llancahue	4	1	1	6
X	Tautil	1		5	6

Región	Ubicación sector	Cholga	Chorito	Choro Zapato	Total
X	Estero Huito		1	4	5
X	Isla Cailin	1	4		5
X	Isla Chelin	2		3	5
X	Isla Lin	4		1	5
X	Isla Meulin	4		1	5
X	Punta Chumilden	5			5
X	Rolecha	5			5
X	Colaco	2		2	4
X	Ensenada Detico	2		2	4
X	Estero Compu	2		2	4
X	Estero Paildad			4	4
X	Guailaihue	4			4
X	Islas Chauques	3	1		4
X	Punta Cheguian	1		3	4
X	Acui	1		2	3
X	Bahia Pumalin	3			3
X	Barra Chiguao	2	1		3
X	Chonchi			3	3
X	Helvecia	2		1	3
X	Isla Linguar	1		2	3
X	Isla Talcan	1		2	3
X	Punta Palqui	2		1	3
X	Punta Paula	1	1	1	3
X	Punta Tenaun	3			3
X	Quilun	1		2	3
X	Aitui	1		1	2
X	Auchemo	1	1		2
X	Canal San Antonio	1		1	2
X	Isla Chaullin	1		1	2
X	Isla Mechuque	1		1	2
X	Isla Quenac	2			2
X	Lagartija	1		1	2
X	Oqueldan		2		2
X	Puerto Carmen		2		2
X	Puerto Quemchi	2			2
X	Rilan			2	2
X	San José de Tranqui			2	2
X	Sotomo		1	1	2
XI	Canal Puqutin			2	2
X	Ahoni			1	1
X	Ahui		1		1
X	Apiao	1			1

Región	Ubicación sector	Cholga	Chorito	Choro Zapato	Total
X	Calen			1	1
X	Caleta Pureo			1	1
X	Chauco			1	1
X	Chayahue	1			1
X	Chulao	1			1
X	Contao	1			1
X	Estero Yaldad		1		1
X	Estuario de Reloncavi		1		1
X	Farellones Caicura	1			1
X	Hornopiren	1			1
X	Huellehue			1	1
X	Huyar	1			1
X	Ilque			1	1
X	Isla Alao	1			1
X	Isla Aulen	1			1
X	Isla Caicaboy	1			1
X	Isla Cheniao	1			1
X	Isla Cochino		1		1
X	Isla Maillen			1	1
X	Isla Tac	1			1
X	Lincai		1		1
X	Lliguiman	1			1
X	Punta Almanao	1			1
X	Punta Bruja	1			1
X	Punta Chechil			1	1
X	Punta Condor			1	1
X	Punta Guatral			1	1
X	Quellon		1		1
X	Quellon Viejo		1		1
X	Rio Quenuir			1	1
X	San Jose			1	1
XI	Canal Jacaf	1			1
XI	Canal Manzano			1	1
XI	Canal Yelcho		1		1
XI	Corcovado	1			1
XI	Isla Coldita		1		1
XI	Isla Laitec			1	1
XI	Isla San Pedro	1			1
XI	Islas Bajas		1		1
XI	Melinka		1		1

Tabla 1.3. Desembarque muestreado (toneladas) de *M. chilensis* en procedencias de pesca reportadas en el Seguimiento Bentónico de IFOP entre 2002 y 2013 en la región de Los Lagos.

Procedencia de Pesca	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013	Total Muestreado
Comau					59	52	19					130
Rio Pudeto			2	24	0		1	1		6		51
Isla Cailin			10					1	35	2		47
Puerto Bonito		2	5	3	27	4	5					45
Los Toros	5			9	2	3	4					33
Quellon Viejo			27									27
Islas Chauques	21											21
Aulin						14						14
Ayacara		4				8						12
Auchemo	11											11
Lincai	9											9
Llancahue		8										8
Puerto Carmen			4						2			7
Estuario de Reloncavi	6											6
Sotomo		6										6
Barra Chiguao			5									5
Estero Yaldad			3									3
Oqueldan			0						2			3
Caicaen		1	1									2
Estero Huito				2								2
Punta Máchil			2									2
San Ramón		2										2
Chope		2										2
San Agustín		2										2
Quellon			2									2
Isla Puluqui		0	0	0	0							1

Procedencia de Pesca	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013	Total Muestreado
Estero Chauquiar			1									1
Isla Chidhuapi		0	1									1
Rosario						0	0					1
Pichicolo		0										0
Punta Paula			0									0
Isla Guar	0											0
Ahui				1								1
Isla Cochino			0									0
Total Desembarque Muestreado	47	35	72	39	97	82	38	1	39	7	0	458
Total Procedencias	6	14	17	7	7	7	6	3	4	3	2	36

Tabla 1.4. Desembarque muestreado (toneladas) de *A. atra* en procedencias de pesca reportadas en el Seguimiento Bentónico de IFOP entre 2002 y 2013 en la región de Los Lagos.

Procedencia de pesca	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Isla Alao			0									
Quilun										0		
Lagartija			0									
Tautil						0						
Contao			0									
Isla Cailin					0							
Estero Compu							0	1				
Estero Chauquiar											0	
Helvecia									0	0		
Punta Almanao	1											
Isla Linguar			1									
Punta Máchil					0		1					
Canal San Antonio								2				
Lliguiman	1											
San Ramón					1	0						
Chope		1					0					
Isla Talcan			2									
Barra Chiguao	1				0							
Apiao						2						
Punta Bruja											2	
Huyar												2
Isla Meulin				1		0	1					
Isla Mechuque							3					
Punta Tenaun		0	0			3						
Chayahue	3											

San Agustin	3		1					0			0	
Acui											4	
Isla Lin			1			2		1				1
Punta Paula							4					
Achao						1					2	2
Isla Llanquihue	2						1	1			2	
Isla Cheniao			4									
Colaco			3					2				
Punta Palqui			1						4			
Islas Chauques	1	2					3					
Punta Cheguian								6				
Rulo				0	1		4	0		0		1
Puerto Quemchi		5		1								
Auchemo	6											
Faro Corvio				1		3	2	0		0	1	0
Hornopiren					10							
Costa Pollollo	3	0	4		3	1				1		
Farellones Caicura		12										
Punta Quiquel			0		1	1		0	0	9		1
Chulao	14											
Bahia Pumalin				3	2	10						
Isla Caicaboy										17		
Isla Puluqui		0	1		1	1	7	3	5		0	0
Huelmo	2	1	0			4	2	7	2	3		
Isla Quenac			2		3							
Ensenada Detico											25	0
Guailaihue	12		5	7	4							
Quenu				0	10	10	9	0	1			
Llancahue	19			8	4					5		
Isla Aulen	40											
Pichicolo	5	8		15	17							5

Comau					12	13	19	6				
Isla Quehui						36			12		8	
Rolecha	8	8	7	33	2							
Isla Tabon	4	14	0	7	7	2	13	4	1	2	5	2
Caicaen		0	7	1	8	3	12	3	3			
Isla Chelin						12	51					
Isla Chulin		5	2	44	9	12				8		
Isla Chidhuapi	5	5	1	10	1	5	5	13	0	0		0
Aulin	30	20	6	7	36	43						
Punta Perhue		1	1	0	2	25	34	74	12	0	2	5
Punta Chumilden			125	13	22					39		16
Islas Butachauques	26	9	50	35	61	37	1	4		0	4	
Hueque	19	38	4	20	142	17	1	7				
Ayacara	7	45	216	5	35	65	2			10		
Queullin	5	21	45	5	88	66	49	19	46	45	76	13
Isla Guar	2	94	37	17	26	2	67	25	54	68	80	18
Curaco De Velez				0	8	95	25	1	2			557
Canal Dalcahue		0	15	42	2	15	53	4	116	22		967
Los Toros	27	45	52	361	669	23	69	138	81	72	25	30
Puerto Bonito	70	89	852	612	272	92	44	8	6	26	53	15
Total muestra	951	1,143	1,451	1,283	1,523	903	535	326	345	329	314	1,635
Total procedencias	26	24	33	26	33	32	28	26	17	21	17	19

Tabla 1.5. Desembarque muestreado (toneladas) de *Ch. chorus* en procedencias de pesca reportadas en el Seguimiento Bentónico de IFOP entre 2002 y 2013 en la región de Los Lagos.

Procedencia de Pesca	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Caicaen		1	12	6	38	63	1	59	66	7	7	
Rulo	0	2	8	5	58	112	6	16		0		0
Curaco De Velez							9	33	48	59	9	2
Canal Dalcahue				0			6	52	8	12	14	0
Islas Butachauques					0			14	27	5	15	38
Isla Puluqui	9	9	17	3	24	18	5	6				
Rosario	0	1	1	0	4	6	2					
Quenu			2	0	52	1	0	0				
Isla Chidhuapi		2	4	2	2	13	3	9	0			
Estero Paildad								4		1	0	36
Chonchi								7		17	2	
Punta Máchil		2	6	1	17	5	3	1				0
Achao						2	28			1		
Estero Chauquiar	0	1	3	1	1	1	3	2				
Isla Guar			0	1	3	4	1		3	1		2
San Agustin	2	1	1	1	2	2		1		1		
Chope		1	3		1	1	3	1	1			
Punta Cheguian						0	6	3				
San Ramón		1	2	0	2	3	0		0			1
Isla Talcan							2	7				
Hueque						8						
Isla Quehui								7			0	
Estero Huito				0	3	3	1					
Estero Compu								5				1
Rilan							3	2				
Isla Tabon	1	1	1	1	1		2					
Tautil			0	0	2	0		1				

Procedencia de Pesca	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Huelmo		0	0	0	0		1	1				1
Comau					4							
Isla Mechuque							3					
Punta Paula										3		
Llancahue					3							
Pichicolo									3			
Isla Chelin								1		1	0	
Acui								2				1
Isla Meulin								2				
Isla Chulin								1	1			
Los Toros							2					
Colaco								0			1	
Queullin	0					0	0	1				
Calen								2				
Chauco												1
Isla Linguar							1	0				
Punta Perhue	0		0			0				0		1
Ensenada Detico										1		0
Isla Llanquihue				0							1	
Quilun											0	1
San José de Tranqui											0	0
Punta Palqui								1				
Helvecia							0					
Rio Pudeto							0					
Punta Guatral							0					
San Jose			0									
Punta Quiquel								0				
Ayacara				0								
Ahoni								0				
Caleta Pureo											0	

Procedencia de Pesca	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ilque							0					
Isla Maillen						0						
Canal San Antonio								0				
Punta Condor		0										
Isla Lin											0	
Punta Chechil			0									
Aitui											0	
Huellelhue		0										
Rio Quenuir	1											
Lagartija			1									
Isla Chaullin								1				
Sotomo									0			
Total general	13	22	59	22	234	295	247	25	156	17	59	85
Total procedencias	9	14	19	18	19	20	28	34	11	14	15	16

Tabla 1.6. Desembarque muestreado (toneladas) de *M. chilensis* en procedencias de reportadas en el Seguimiento Bentónico de IFOP entre 2002 y 2013 en la región de Aysén.

Etiquetas de fila	2002	2011	Total general
Islas Bajas		1	1
Melinka	10		10

Tabla 1.7. Desembarque muestreado (toneladas) de *A. atra* en procedencias de pesca reportadas en el Seguimiento Bentónico de IFOP entre 2002 y 2013 en la región de Aysén.

Etiquetas de fila	2002	2011	Total general
Canal Jacaf	9		9
Corcovado	3		3
Isla San Pedro		3000	3000

Tabla 1.8. Desembarque muestreado (toneladas) de *Ch. chorus* en procedencias de reportadas en el Seguimiento Bentónico de IFOP entre 2002 y 2013 en la región de Aysén.

Etiquetas de fila	2002	2010	2011	Total general
Canal Manzano	41			41
Canal Puquitin		2280	1440	3720
Isla Laitec			880	880

Tabla 1.9. Areas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs) pata mitílicos en las regiones X y XI.

Región	Cholga	Chorito	Choro Zapato
X	134	86	14
XI	18	1	
Total	152	87	14

Tabla 1.10. Detalle de AMERBs y sus especies de mitílicos en la X y XI regiones.

Región	Nombre AMERB	Cholga	Chorito	Choro Zapato
X	Mañihueico Sector C		1	
X	Alto Lamecura			
X	Aulen	3	2	
X	Bahía Chincui	1		1
X	Bahia Sotomo Sector A	2	2	
X	Bahia Sotomo Sector B	2	2	
X	Baltazar	1		
X	Brazos del Pillán	1	1	
X	Caleta Ayacara Sector C	1		
X	Caleta La Arena	3	3	
X	Caleta Pinihuil Sector A			2
X	Canal Dalcahue sector B			1
X	Chepu Sector A		1	6
X	Cholgo Sector A		2	
X	Cholgo Sector C	1	1	
X	Cululir Sector A	2	2	
X	Cululir Sector B	2	2	
X	Duhatao Sector B			
X	Este Puntilla Pichicolu	2	2	
X	Estero Rolecha Sector A	1		
X	Estero Rolecha Sector B	1		
X	Huequi Sector A	1		
X	Huequi Sector B	1		
X	Huequi Sector C	1		
X	Isla Butachauques Sector A	2		
X	Isla Butachauques Sector C	2		
X	Isla Lagartija	1		

Región	Nombre AMERB	Cholga	Chorito	Choro Zapato
X	Isla Llanichid Sector A	1		
X	Isla Llanichid Sector B	1		
X	Isla Llanichid Sector C	1	1	
X	Isla Maillen	1		1
X	Isla Quenu Sector B	3		1
X	Isla Quenu Sector C	1	1	1
X	Isla Queullin Sector Sur	1		
X	Isla Toro Sector B	2	2	
X	Islote Poe	2	2	
X	La Poza	1		
X	Lleguiman Sector A	1		
X	Lleguiman Sector B	1		
X	Mañihueico Sector A	2	2	
X	Mañihueico Sector B	2	2	
X	Mañihueico Sector C	3		
X	Marimelli Sector A	3	3	
X	Marimelli Sector B	2	2	
X	Montiel	4		
X	Norte Punta Calle	2	2	
X	Peninsula Rollizo	3	3	
X	Pichicolu Sector A	3	2	
X	Pichicolu Sector B	2		
X	Pocoihuen Sector B	3	3	
X	Pocoihuen Sector C	3	3	
X	Pocoihuen Sector D	3	3	
X	Puerto Bonito Sector A	2	2	
X	Puerto Bonito Sector B	2	2	
X	Puerto Bonito Sector C	1		
X	Punta Cementerio	4		
X	Punta Chulao	1	1	
X	Punta Concura	1		
X	Punta Metri Punta Lenca	3	2	
X	Punta Puchegui	1		1
X	Punta Quillaipe Sector A	2	1	
X	Punta Quillaipe Sector B	3		
X	Punta Relonhue	3	3	
X	Punta Surgidero		1	
X	Puntilla Pichicolu	3	1	

Región	Nombre AMERB	Cholga	Chorito	Choro Zapato
X	Puntilla Quillón Sector A	3	1	
X	Puntilla Quillón Sector B	1	1	
X	Queten Sector A	1	1	
X	Queten Sector B	2	2	
X	Quiacas Sector B			
X	Quiacas Sector D	2	1	
X	Quiacas Sector E	2	1	
X	Relonhue	3	3	
X	San Pedro del Manzano		3	
X	Surweste Isla Maillen	3		
X	Tentelhue Sector A	2		
X	Tentelhue Sector B	2		
X	Weste Isla Pelada Sector A	2	2	
X	Weste Isla Pelada Sector B	2	2	
X	Yates Sector B	1	1	
X	Yates Sector C	1	1	
XI	Canal Yacaf Sector A	1		
XI	Castillo Sector A	1		
XI	Grupo Gala Sector A	2		
XI	Grupo Gala Sector B	3		
XI	Grupo Gala Sector C	1		
XI	Isla Manzano		3	
XI	Islas Huichas Sector B	1		
XI	Islas Huichas Sector C	1		
XI	Islas Huichas Sector M	1		
XI	Islas Huichas Sector N	1		
XI	Meninea Sector A	1		
XI	Puerto Aguirre sector B	1		
XI	Puerto Aguirre Sector C	1		
XI	Puerto Gala Sector C	1		
XI	Islote Roca Blanca	1		

Tabla 1.11. Densidad de choritos en AMERBs del fiordo Reloncaví asociadas a las zonas de muestreo del mismo fiordo definidas en objetivo 2. Destacado en negrita los ESBA.

Zona	AMERB	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Marimelli N	Bahia Sotomo Sector A		396.8	56.9		55.5		50.8	83.0	
Marimelli N	Bahia Sotomo Sector B		379.1	360.5		309.1				
Puelo S	Cascajal A								1790.0	
Cozamó S	Cululir Sector A			434.3	168.2	201.8		51.7		0.0
Cozamó S	Cululir Sector B			223.7	256.0		380.4	41.4		0.0
Marimelli N	Marimelli Sector A		1.9		367.2	49.9		83.8		135.8
Marimelli N	Marimelli Sector B		1.9			22.7	139.9	123.5		120.1
Cozamó N	Peninsula Rollizo	160.5		155.4		146.2		20.4		109.8
Puelo N	Pocoihuen Sector B		83.6		136.7	96.7		99.3		91.8
Puelo N	Pocoihuen Sector C		67.1		255.5	115.8		166.9		109.7
Puelo N	Pocoihuen Sector D		78.1		313.9	148.4		186.0		336.0
Cozamó S	Punta Relonhue		280.1	311.2		329.6		250.2		308.3
Cozamó S	Relonhue		442.5	351.7		363.7		526.5		254.4
Marimelli S	Yates Sector B				253.4					
Marimelli S	Yates Sector C				334.3					

3.1.7. Figuras

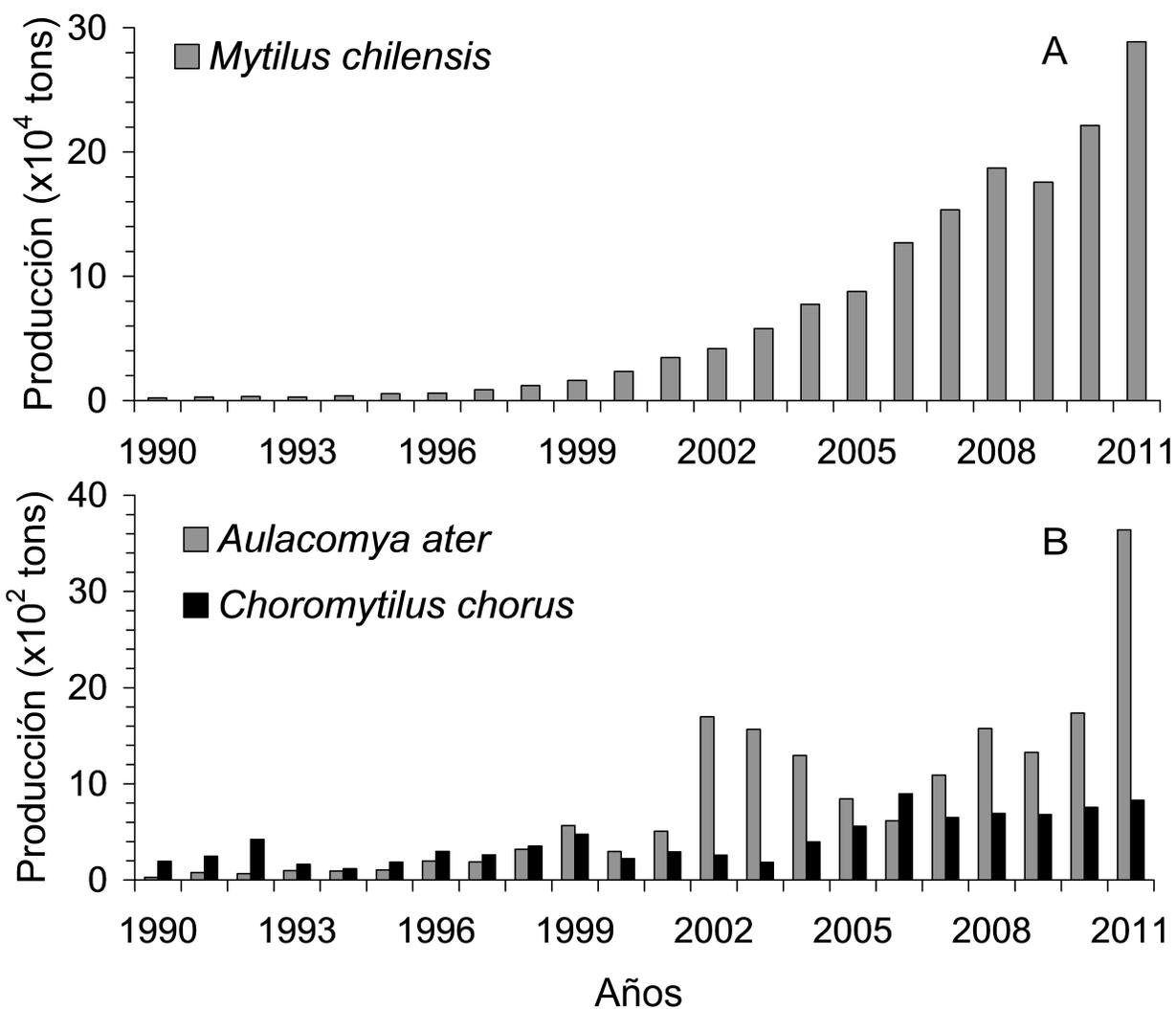


Figura 1.1. Evolución de la productividad total anual de mitilidos cultivados en Chile entre 1990 y 2011. A) *Mytilus chilensis*, B) *Aulacomya ater* y *Choromytilus chorus*. Fuente: Sernapesca.

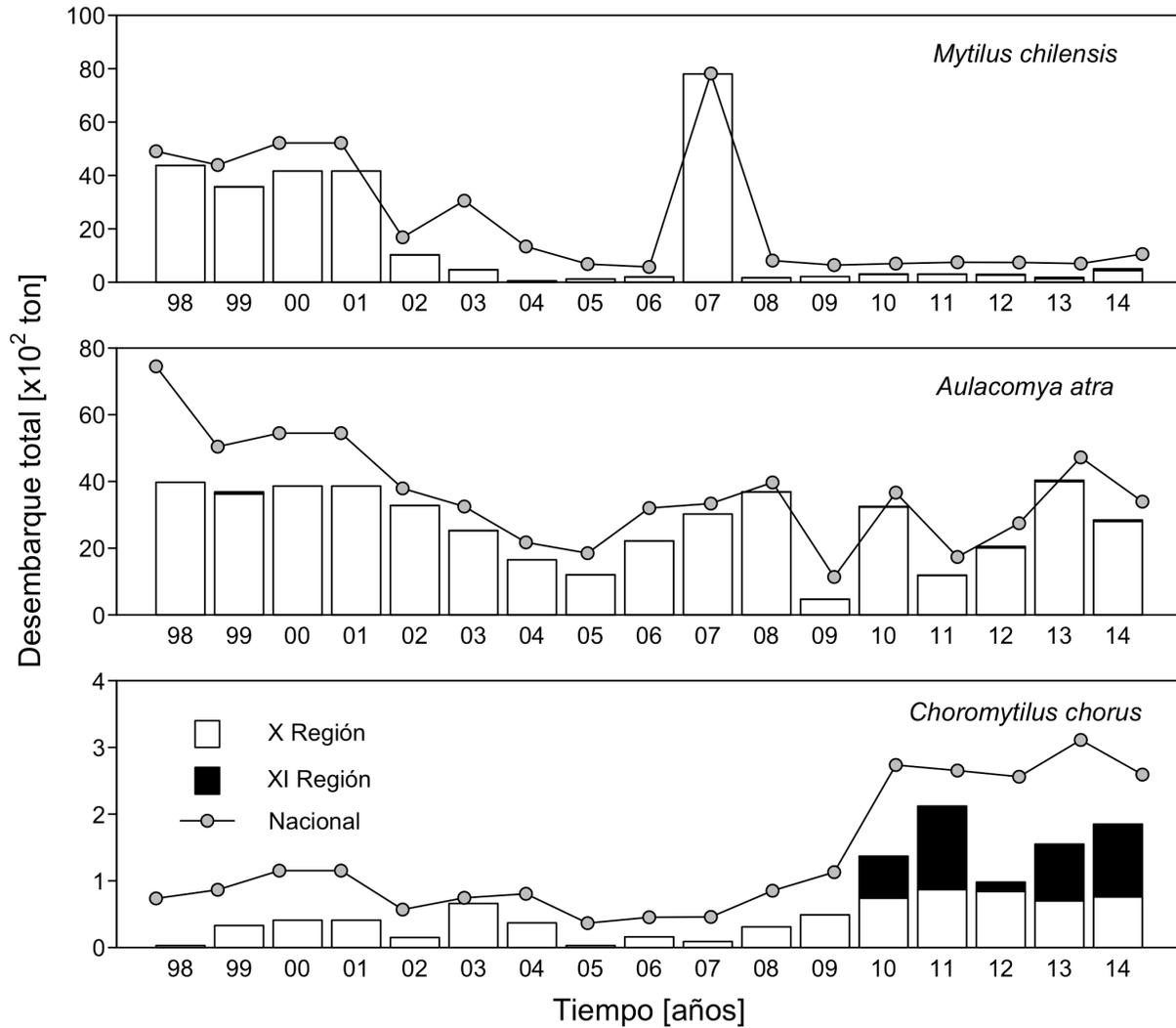


Figura 1.2. Evolución del desembarque total (anual) de mitílidos registrado en bancos naturales entre 1998 y 2014 a nivel nacional, X y XI regiones. A) *Mytilus chilensis*, B) *Aulacomya ater* y *Choromytilus chorus*. Fuente: Sernapesca.

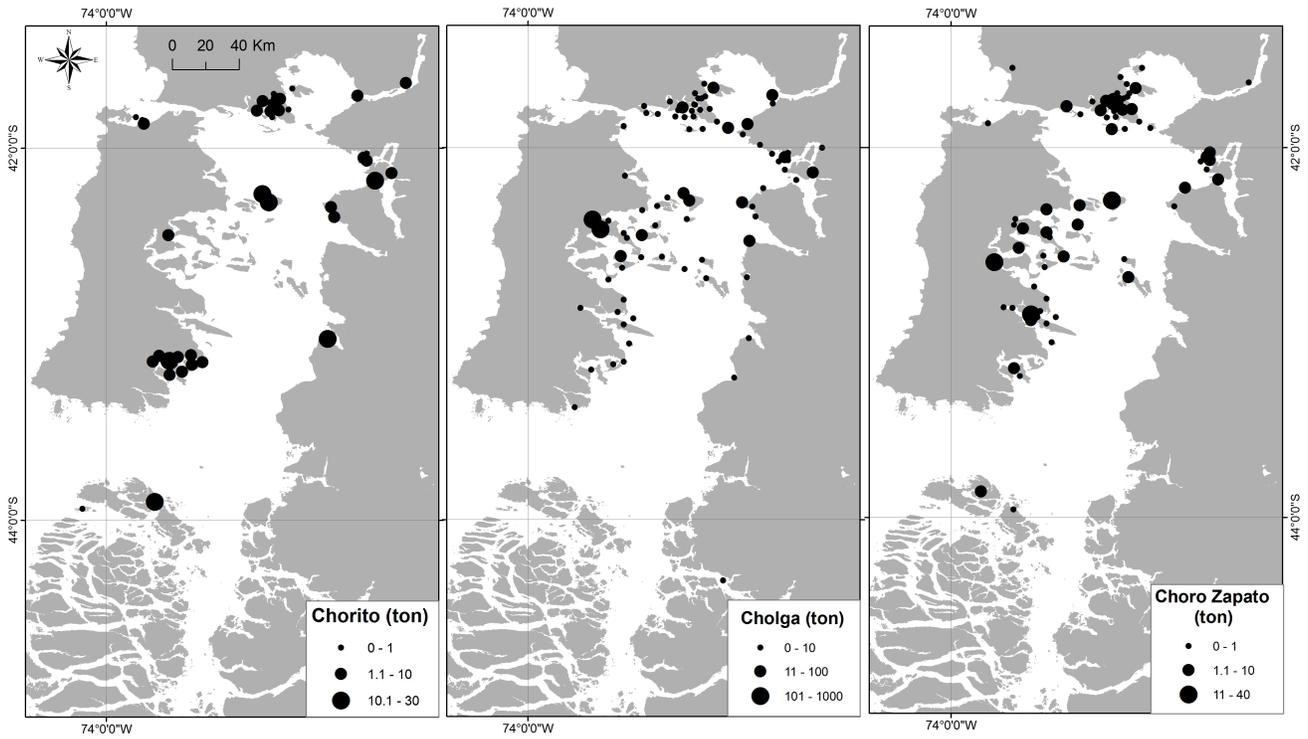


Figura 1.3. Desembarques muestreados de los recursos cholga, chorito y choro zapato a tgraves del Programa de Seguimiento Bentónico del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) entre los años 2002 y 2013 en la X y XI regiones.

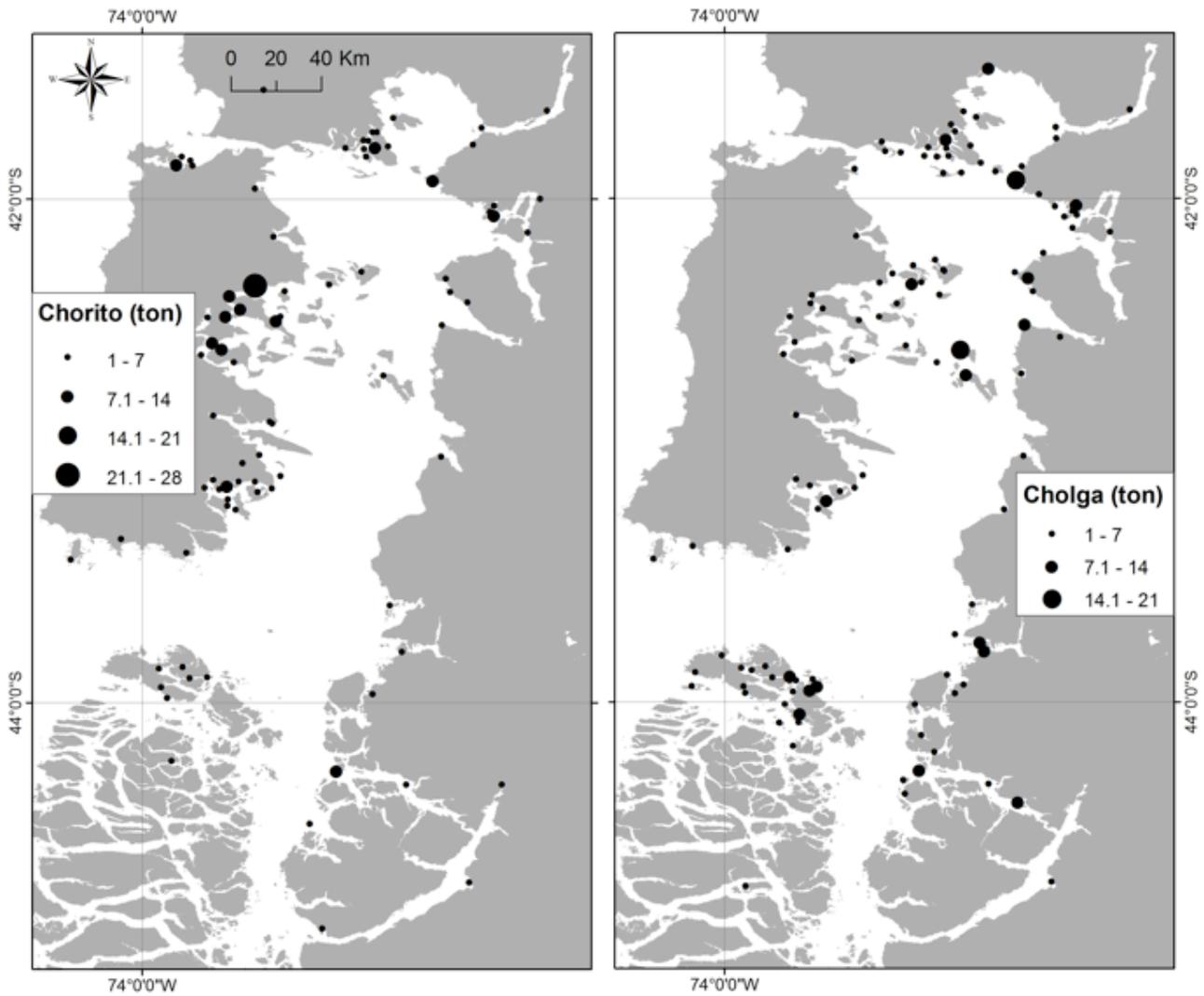


Figura 1.4. Desembarques muestreados de los recursos cholga, chorito y choro zapato por el programa de Seguimiento Bentónico del Instituto de Fomento Pesquero entre los años 1996 y 2005 en la X y XI regiones. Obtenido del proyecto FIP 2005-51.

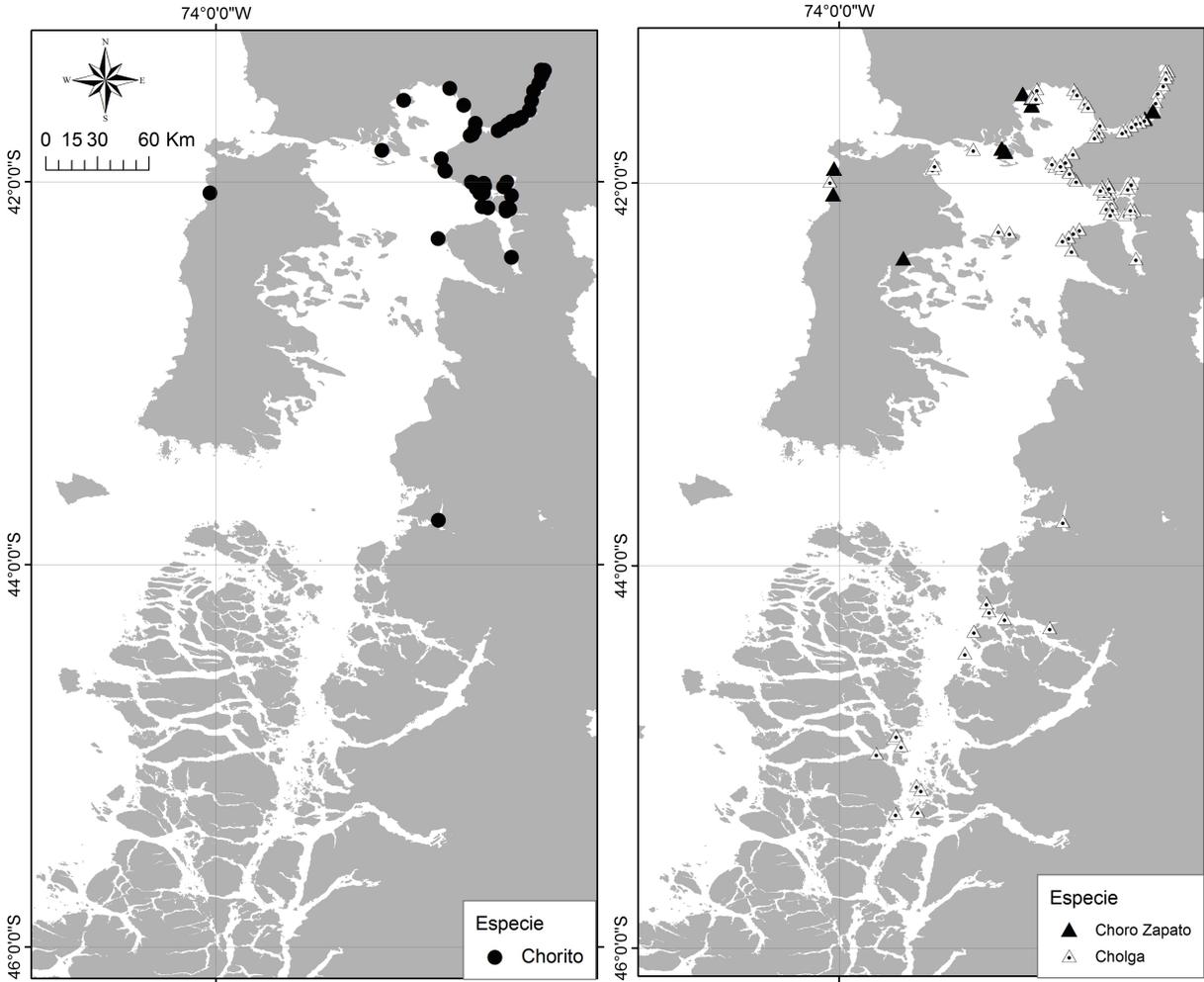


Figura 1.5. Distribución general de AMERBs para los recursos chorito (izquierda), cholga y choro zapato (derecha).

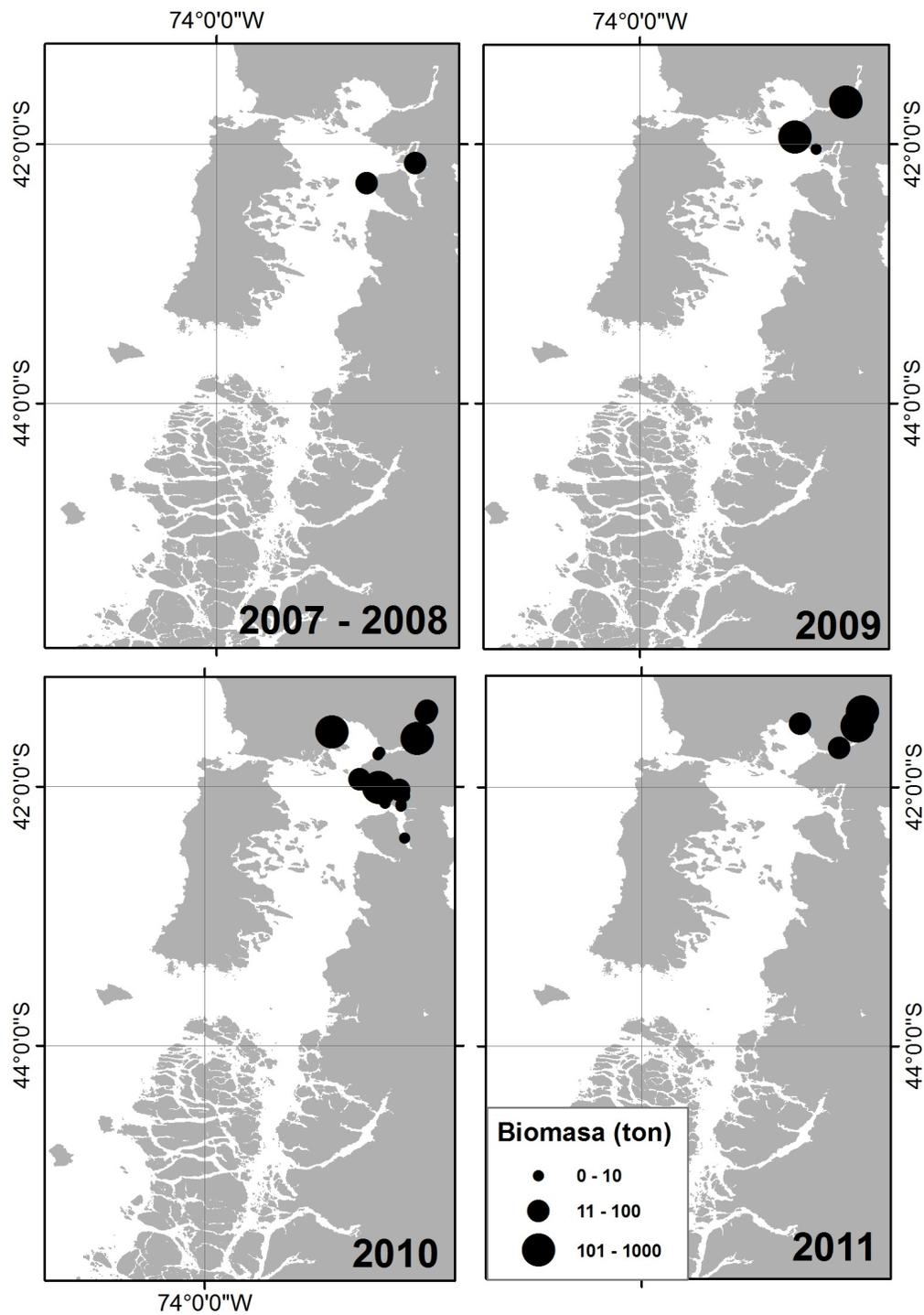


Figura 1.6. Detalle de la biomasa estimada por evaluaciones directas de bancos con chorito en AMERBs.

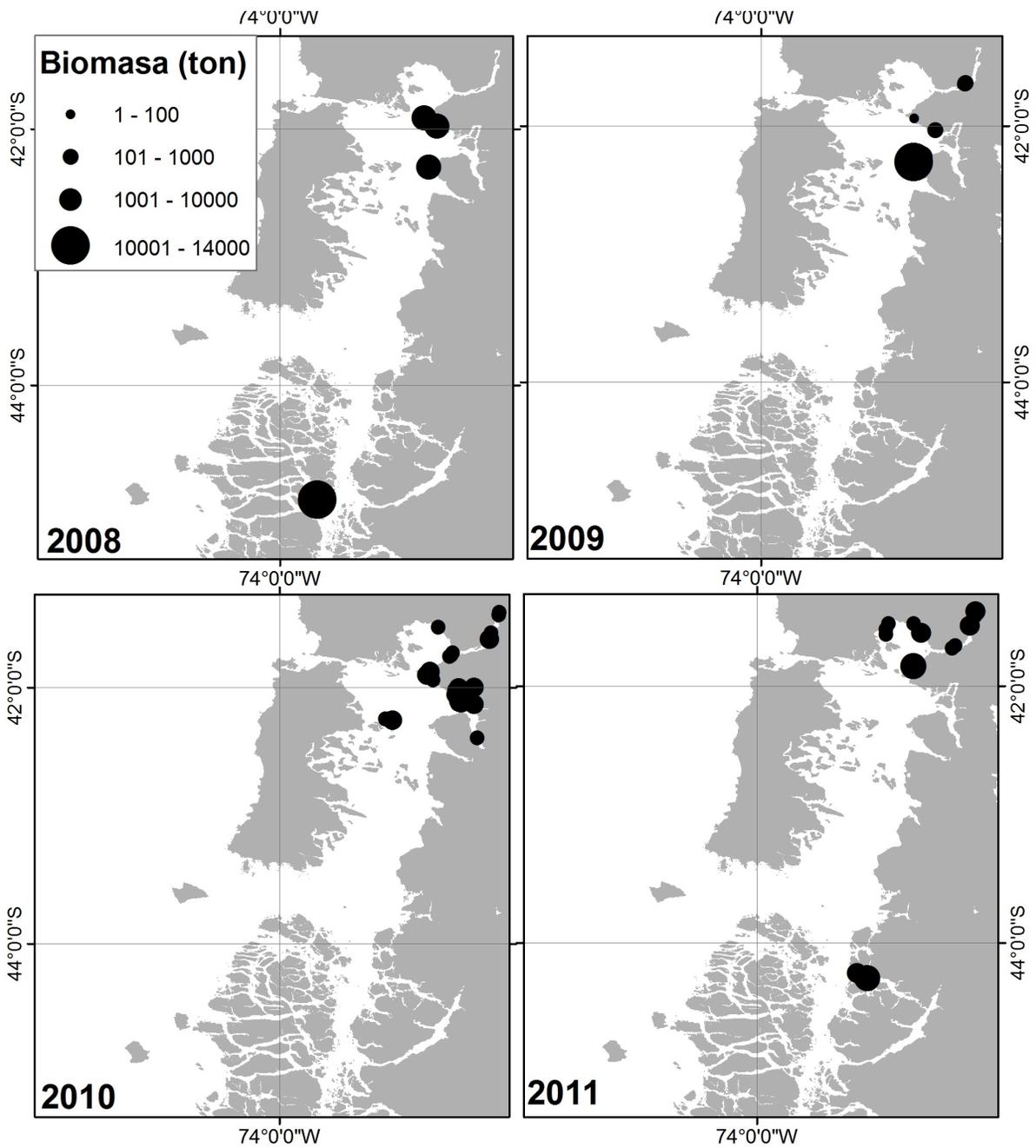


Figura 1.7. Detalle de la biomasa estimada por evaluaciones directas de bancos con cholga en AMERBs.

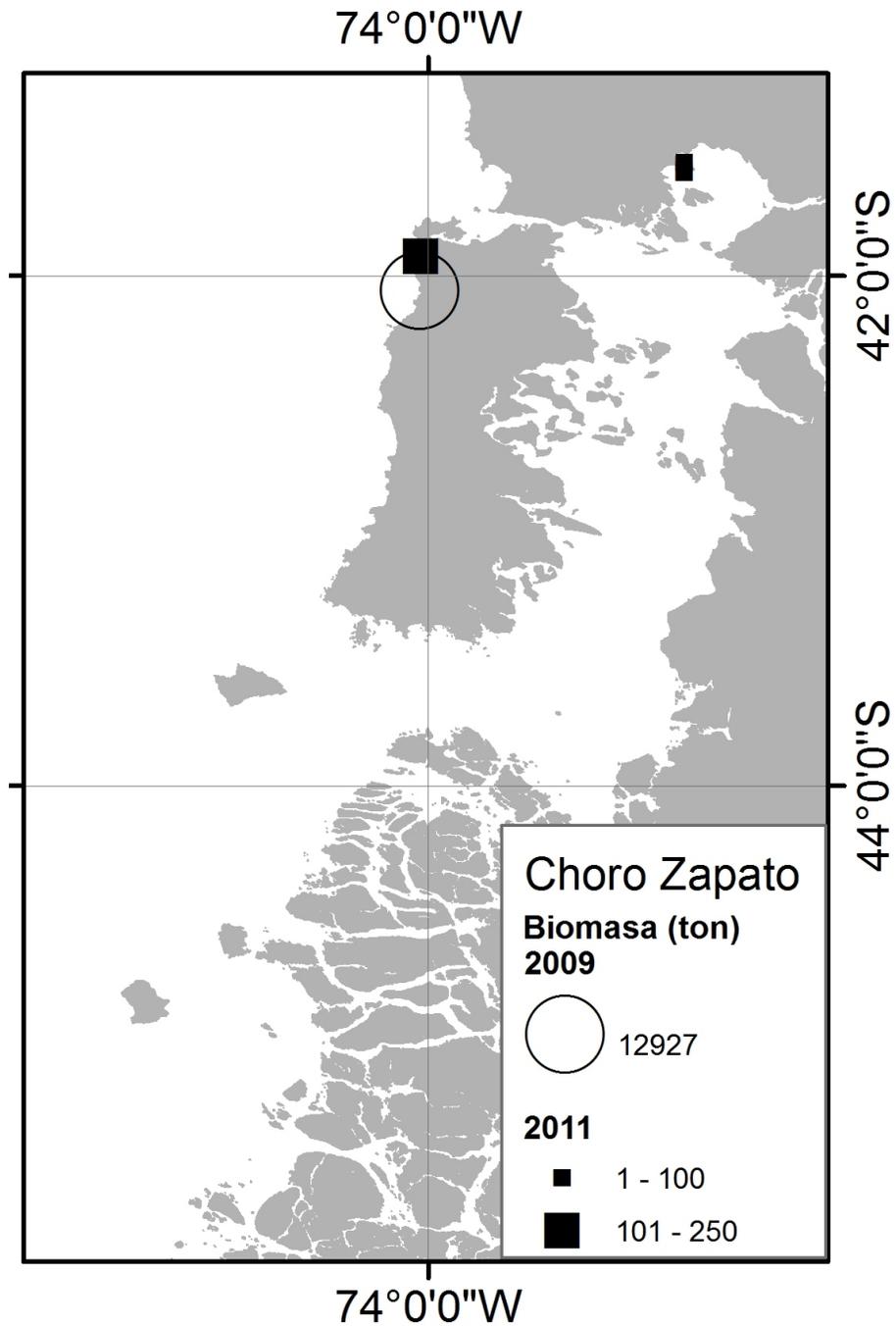


Figura 1.8. Detalle de la biomasa estimada por evaluaciones directas de bancos con choro zapato en AMERBs.

AMERBs, *Mytilus chilensis*, Los Lagos

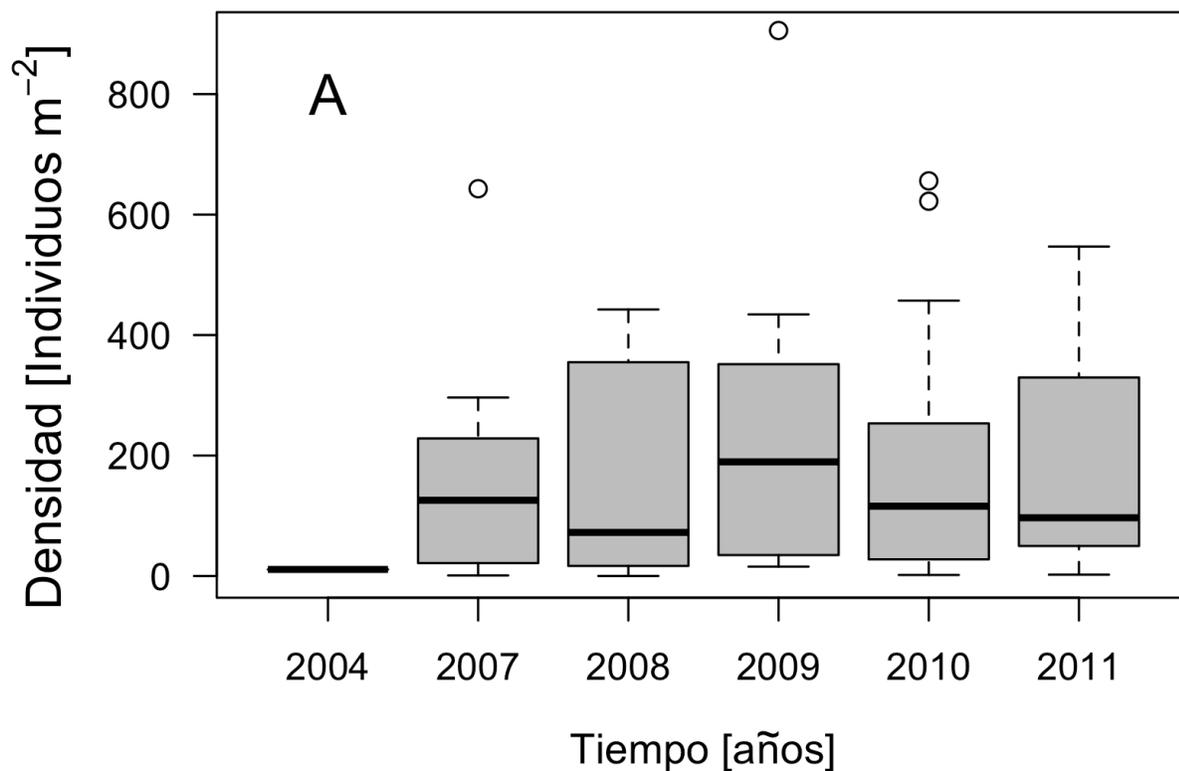


Figura 1.9. Densidad media estimada por evaluaciones directas de bancos con chorito en AMERBs de la X y XI regiones. Punto negro señala la única AMERB con chorito en la región de Aysén.

AMERBs, *Choromytilus chorus*, Los Lagos

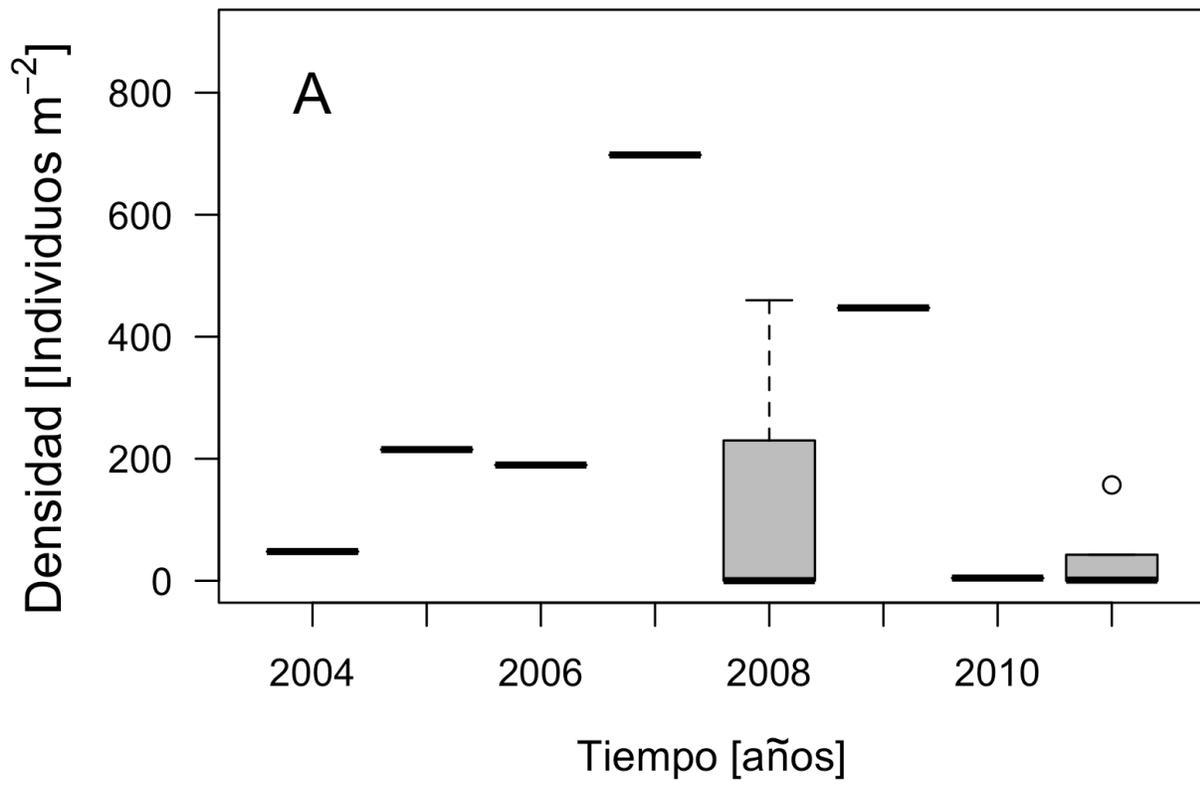


Figura 1.10. Densidad media estimada por evaluaciones directas de bancos con choro zapato en AMERBs de la X región.

AMERBs, *Aulacomya atra*, Los Lagos y Aysen

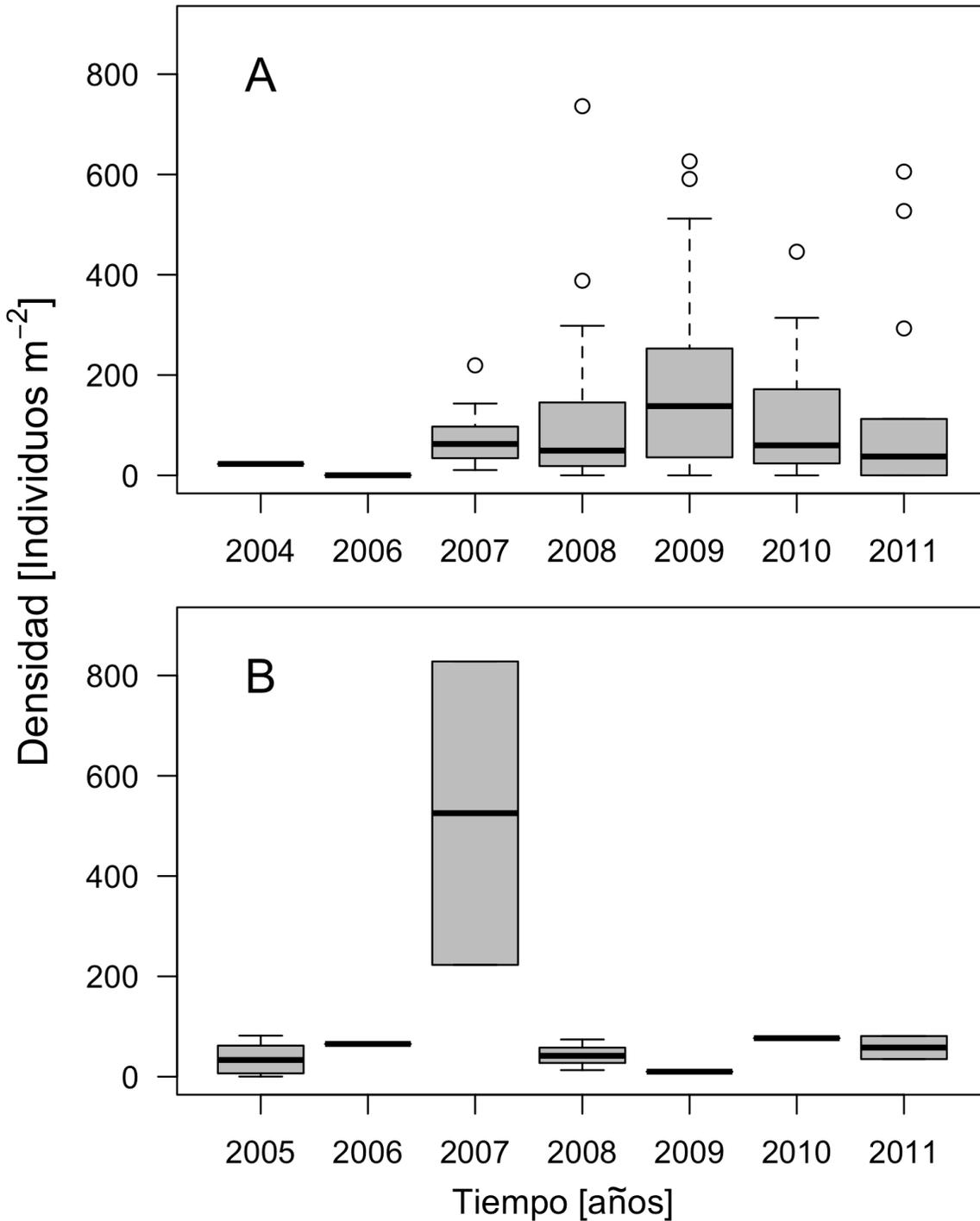


Figura 1.11. Densidad media estimada por evaluaciones directas de bancos con cholga en AMERBs de la X y XI regiones.

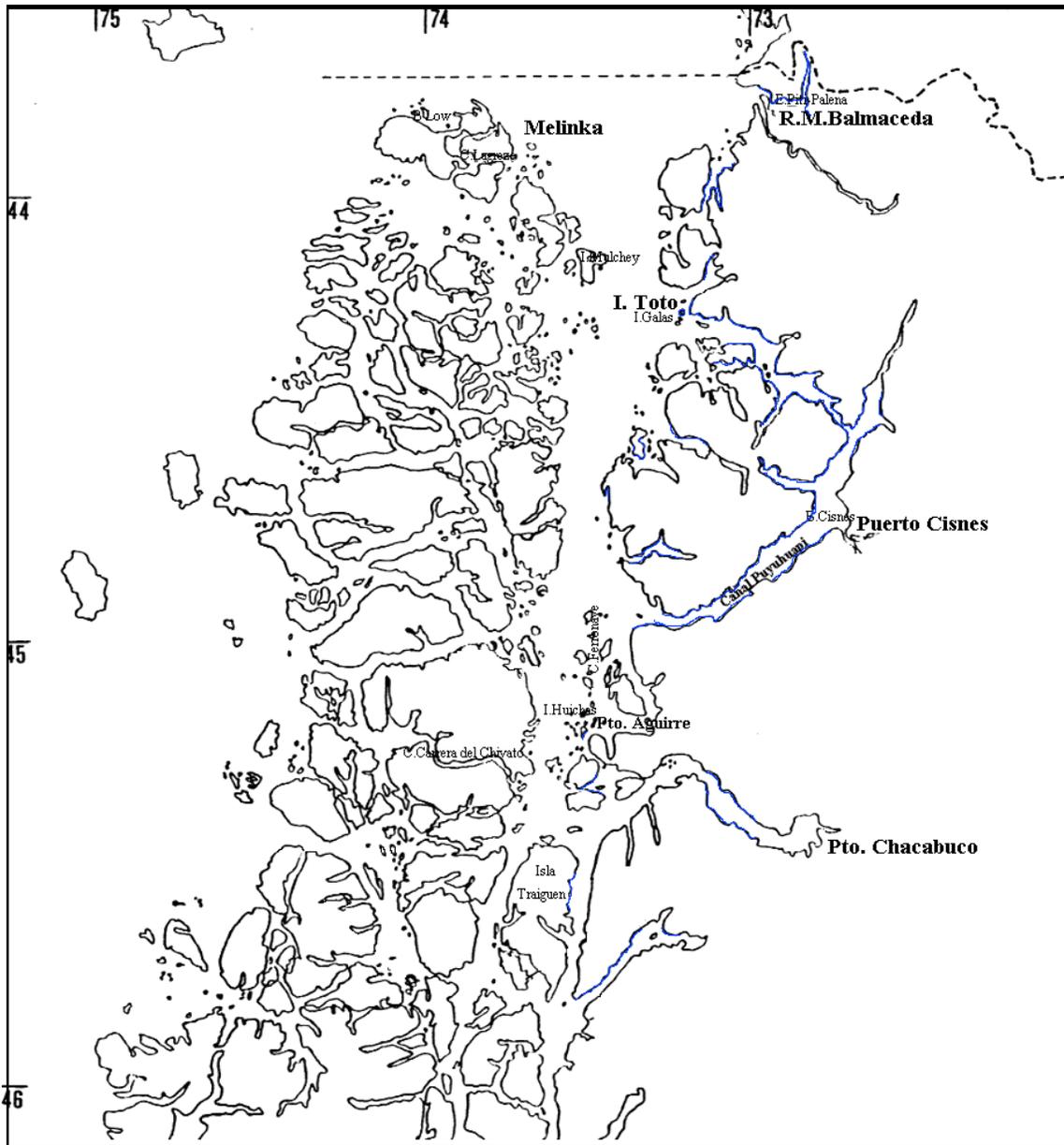


Figura 1.12. Distribución de bancos de chorito (destacado en azul) en la región de Aysén (tomado de Soto et al. (1999). Proyecto FIP 97-41).

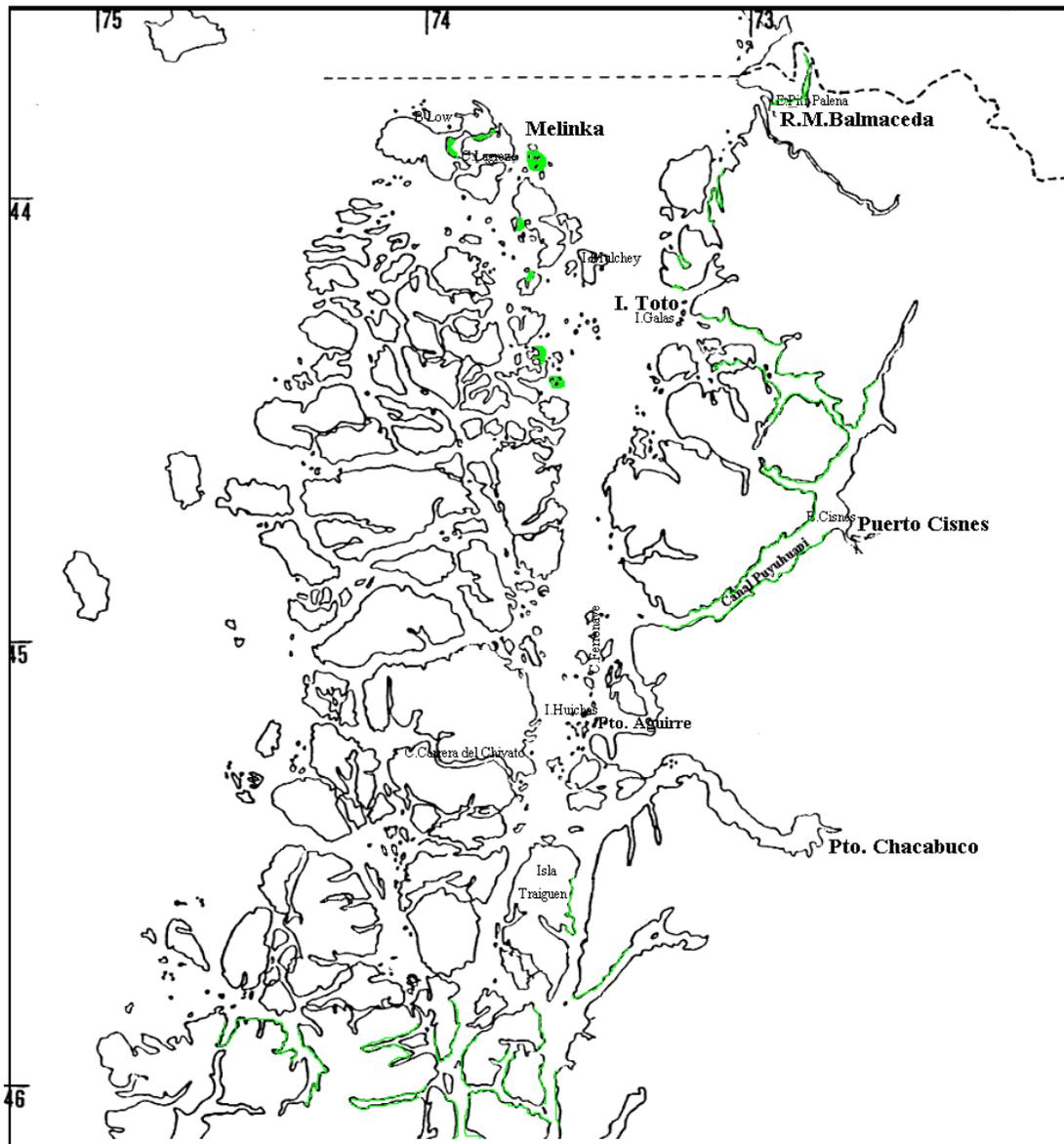


Figura 1.13. Distribución de bancos de cholga (destacado en verde) en la región de Aysén (tomado de Soto et al. (1999). Proyecto FIP 97-41).

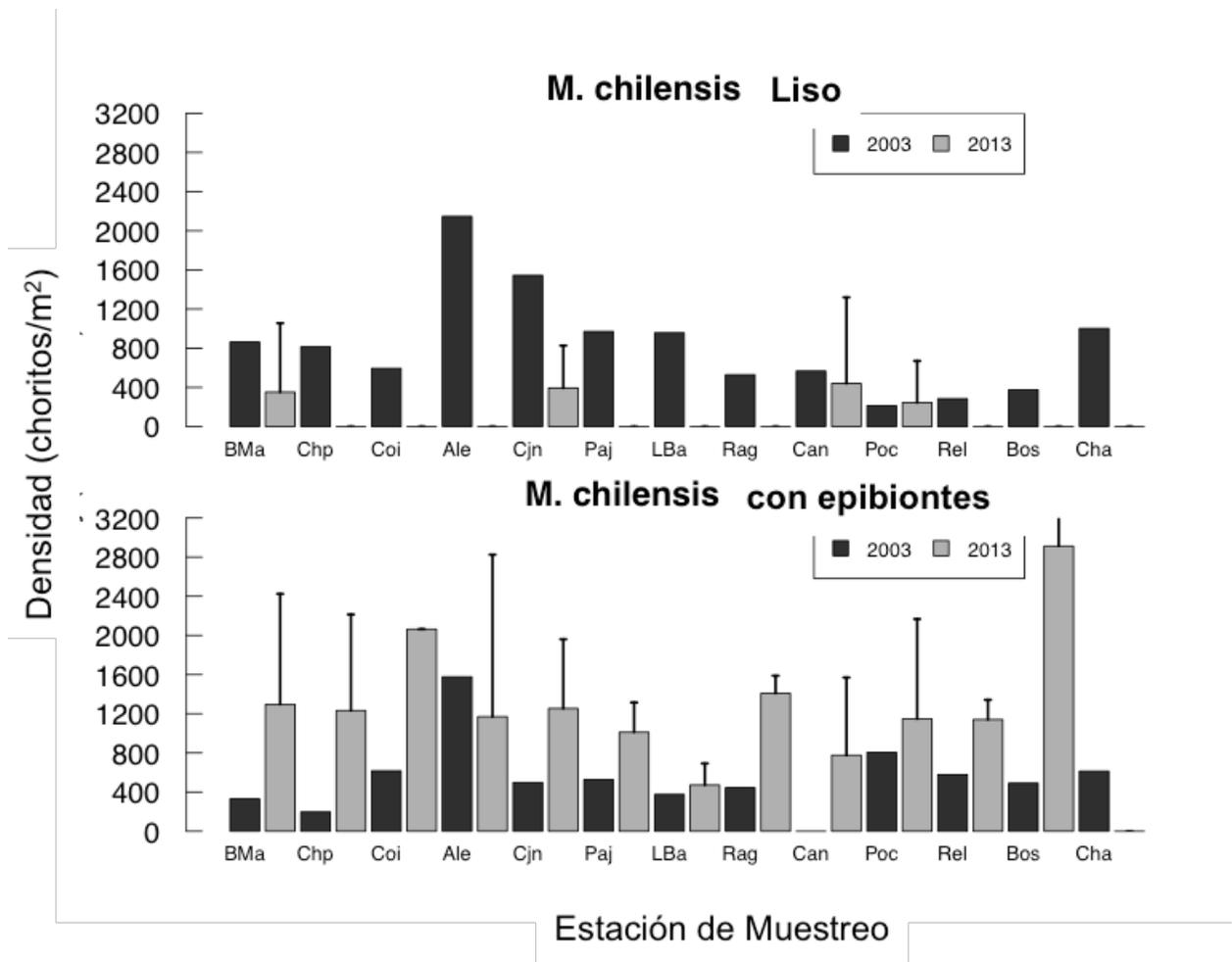


Figura 1.14. Densidad de choritos liso y con colpa en Fiordo Reloncaví obtenida en muestreos reportados por Lizama (2003) y Molinet et al. (2014).

3.2. Objetivo 2

Identificar y delimitar espacialmente bancos naturales y estimar su abundancia en número y biomasa, de las distintas poblaciones de *Mytilus* spp. en áreas con captación histórica de semillas.

3.2.1. Antecedentes

El chorito *Mytilus chilensis* (Hupe, 1854) es un bivalvo que forma densos bancos sobre fondos duros y fangosos hasta una profundidad de 10 m, aunque de manera excepcional se ha observado hasta 25 m de profundidad (Lorenzen et al. 1979, Zagal et al. 2001). Esto da lugar a poblaciones adultas espacialmente estructuradas en subpoblaciones localizadas de acuerdo a la distribución del tipo de hábitat e interconectadas a través de dispersión larval (Roughgarden et al. 1985, Hanski & Gilpin 1991, Widdows 1991, Orensanz et al. 1998). La dinámica de estas subpoblaciones puede ser observada a través de su contracción (mediada mayoritariamente por perturbaciones ambientales y/o antrópicas como la pesca) y expansión (mediada principalmente por la advección de larvas y la disponibilidad de hábitat).

Estudios recientes (Molinet et al. 2015) han confirmado que los bancos de mitílidos en los fiordos del sur de Chile ocupan una angosta franja entre el intermareal y submareal somero, similar a lo descrito por Viviani (1979) y cuya distribución parece estar fuertemente influenciada por el marcado gradiente de salinidad en la capa superficial de 0-10 m, el que a su vez es muy variable. Esto implica que el enfoque para evaluar los bancos de mitílidos debe considerar la estructura espacial del hábitat que éstos ocupan.

3.2.2. Metodología de trabajo

a. Consideraciones preliminares: Obtención de permisos

Conforme se establece en el Decreto Supremo N° 192, publicado en el diario oficial N°27.320 del 16 de abril de 1969 y modificado por el Decreto Supremo N° 784 del 14 de agosto de 1985, corresponde al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA): “Controlar, revisar y aprobar todo trabajo de levantamiento hidrográfico o de cartografía marítima, fluvial o lacustre, que para fines de obras portuarias, concesiones marítimas u otros objetivos, sean ejecutados en circunstancias especiales”. Por lo anterior, se solicitó autorización a la Armada de Chile para la ejecución de los trabajos. Además, se solicitó a la Subsecretaría de

Pesca (Subpesca) una Pesca de Investigación para recolectar muestras de choritos en cada una de las zonas propuestas para la evaluación durante todo el periodo de estudio. Esta solicitud de pesca de investigación fue aprobada por la Subpesca el 20 de mayo 2015, bajo resolución exenta N°1375 (Anexo I).

b. Área de estudio

Considerando la información disponible relativa a bancos naturales de mitílidos y su importancia relativa para la mitilicultura se prospectaron tres áreas específicas: i) Fiordo Reloncaví; ii) Fiordo Pitipalena; iii) Bahía Yaldad (Fig. 2.1). Estas zonas fueron propuestas y acordadas en conjunto con profesionales de la Subsecretaría de Pesca durante una reunión de coordinación desarrollada el 3 de marzo de 2015 (Anexo II).

Fiordo Reloncaví: Constituye una de las principales áreas de captación de mitílidos y desde 2010 ha mostrado reclutamientos irregulares en sustrato artificial. En esta área se han desarrollado trabajos oceanográficos intensos (Daneri et al. 2009), que permiten tener una buena visión respecto de la caracterización oceanográfica. Además, a la fecha de la postulación de este proyecto (Octubre de 2014) la UACH ejecutaba el proyecto FONDECYT 1130716, cuyo principal objetivo fue orientado a describir la dinámica poblacional de *M. chilensis* en esta área de estudio (Molinet et al. 2015). Durante la ejecución de este proyecto se realizaron muestreos en sitios específicos a lo largo del Fiordo Reloncaví con el objetivo de: i) establecer una línea base, ii) comparar los resultados con estudios anteriores y iii) proponer indicadores y metodologías para el monitoreo de estas poblaciones. Este fiordo, de acuerdo a Daneri et al. (2009), fue dividido en 4 zonas (Boca, Marimelli, Puelo y Cochamó) y a la vez las 4 zonas fueron separadas en Costa Norte y Costa Sur (Fig. 2.1).

Estero Piti-Palena: Ubicado en el límite norte de la región de Aysén, este es un fiordo con dos bancos (subpoblaciones) de choritos. El primero en Ensenada las islas, sobre un borde rocoso y el segundo sobre una planicie donde desemboca el río Rodríguez. Esta zona (que incluye además el Brazo del Pillán) es la única de la región de Aysén declarada área NO FAN relativa al dinoflagelado *Alexandrium catenella* y donde actualmente se realiza captación de semillas para

abastecer a parte de la industria mitilicultora de la región de Los Lagos. En este sector existen información oceanográfica que permite reconocer los patrones de flujo generales y la estructura de la columna de agua (Molinet et al. 2006, Díaz et al. 2011). Sumado a esto, al interior del fiordo Piti-Palena se han realizado dos caracterizaciones de bancos de mitílicos (Molinet & Gavilán 1994, Molinet et al. 2000), que sirvan de línea base para comparar el estado actual de los bancos naturales. En esta zona se trabajó en 2 bancos, Ensenada las Islas y Plazeta. Además se incluye la discusión de Brazo del Pillán que corresponde a una AMERB hacia el final de estuario (Fig. 2.1).

Bahía Yaldad: La bahía Yaldad fue uno de los primeros semilleros (uno de los más importantes en los 80's) en los comienzos de la mitilicultura intensiva en Chiloé (Buzeta et al. 1988). Actualmente, la captación de semilla en sustrato artificial es escasa. A diferencia de lo que sucede en los fiordos, la bahía Yaldad presenta una columna de agua más homogénea, por lo que naturalmente *M. chilensis* solo predomina en la cabecera de la bahía donde desemboca el río Yaldad (en una marisma) (Figs. 2.1, 2.3). Pese a la importancia de esta zona para la captación de semillas en los años 1980s, sólo se encontró una referencia acerca del banco (Leiva et al. 2007), que lamentablemente no correspondió a la ubicación del banco natural. Así, este proyecto representaría la primera aproximación a estimar el estado en que se encuentra este banco.

c. Diseño de muestreo

Considerando las características morfológicas y batimétricas del Estero Piti-Palena y el fiordo Reloncaví, que representan la generalidad de los fiordos con bancos de choritos en el sur de Chile, el diseño de muestreo consideró el trazado de transectas en zig-zag (Fig. 2.2). Estas transectas fueron compuestas de seis trazos de 35 m cada uno (aproximadamente), dispuestas en forma diagonal (210 m en total) en aproximadamente 25 m de costa: Así, considerando los seis trazos se muestreará un total de 150 m de costa línea de costa por estación. Por esta razón, el sector de estudio se dividió en secciones de 150 m a lo largo de la costa, lo que constituyó la grilla para la selección de las estaciones de muestreo. Las estaciones de muestreo fueron localizadas aleatoriamente en aquellas unidades muestrales que presentaron sustrato adecuado para la presencia de mitílicos (grava, roca, canchagua, otro).

En el fiordo Reloncaví se obtuvo muestras y se registraron 265 video-transectos distribuidos en 48 estaciones, en Estero Piti-Palena (Plazeta) se registraron 36 video-transectos (36 estaciones) y en Ensenada las Islas se registraron 75 video-transectos distribuidos en 13 estaciones (Fig. 2.3).

En Yaldad no fue posible recolectar imágenes submarinas debido a la cantidad de sedimento que regularmente transporta el río Yaldad y producto de la resuspensión de sedimento desde la marisma donde se ubica el banco de choritos (Fig. 2.3; Fotos 2.1). Además, debido a que el banco de choritos se encuentra en una zona fangosa es de muy difícil acceso, lo que sólo permitió una caracterización general. En esta zona se logró delimitar los bordes del banco a través de una inspección visual durante marea baja y la demarcación de puntos usando un GPS. Además se recolectaron muestras en los bordes del banco (hasta donde el tipo de sustrato permitió aproximarse sin poner en riesgo la integridad de muestreador), con el objetivo de obtener la estructura de tallas, la relación talla-peso y realizar una aproximación general a la estimación de densidad y abundancia del banco.

d. Caracterización de poblaciones de *M. chilensis* y comunidad asociada:

En cada una de las estaciones de muestreo se caracterizaron todas las especies epibentónicas (>15 mm de tamaño) a través del registro de video-transectos de 35 m de largo y 20-25 cm de ancho. Para el registro del video-transecto, una cámara Seaviewer montada sobre un trineo, fue remolcada desde 12-15 m de profundidad hasta la superficie. El trineo fue mantenido a una distancia de 35 cm del fondo, perpendicular a este, lo que fue revisado y corregido por un buzo mariscador. El buzo a la vez indicó el inicio del video-transecto, y el inicio de la presencia de *M. chilensis*. Esto es relevante de identificar ya que permite confirmar la aparición de choritos al procesador de imágenes y diferenciar de cholga (*Aulacomya atra*).

La cámara está equipada con dos laser paralelos a su eje de visión y separados por 10 cm de ancho, lo que permite estimar el ancho de campo y eventualmente obtener una clasificación cualitativa del tamaño de los organismos. Se georreferenció el inicio y final de cada trazo de la transecta. La posición del trineo a lo largo de la transecta fue estimada con la suma de los campos avanzados (cuyo ancho de campo fue estimado con los laser) y su profundidad fue registrada usando un profundímetro visible en el campo de la cámara. Esto permitió elaborar perfiles de distribución batimétrica de *M. chilensis* y las especies asociadas con una resolución de 1 m.

En cada transecto se recolectaron muestras de chorito en el intermareal y submareal, para lo cual se desplegaron cuadrantes de 15x25 cm en tres trazos del transecto (intermareal y submareal). Todos los mitílidos presentes fueron removidos y posteriormente contados, medidos y pesados. A partir de estas muestras se obtuvo la distribución de tamaños de *M. chilensis* para cada una de las 3 zonas de estudio.

i. Calibración de la conteo usando cámara:

Para calibrar el conteo de organismos con la cámara submarina, en tres trazos del transecto se recolectaron choritos (lisos y cubiertos) desde un cuadrante de 25x25 cm en el trazado del buceo. Estos resultados fueron comparados con el total de choritos contados a través del análisis de imágenes.

ii. Procesamiento de video-transectos:

Las imágenes fueron proyectadas sobre una grilla de 100 puntos separados en la pantalla del computador donde se identificaron todos los grupos taxonómicos presentes, hasta el nivel más específico que permitió la calidad de las imágenes siguiendo a Häussermann and Försterra (2009). Con esto se obtuvo el registro de las especies de mitílidos y su comunidad asociada.

La muestra fue constituida por un cuadro identificado por el tiempo de grabación (hh:mm:ss), cuya imagen es congelada para identificar y contar todos los grupos taxonómicos observados, estimar la cobertura algal e identificar el tipo de sustrato. Esto permitió elaborar perfiles de distribución batimétrica de *M. chilensis* y las especies asociadas con una resolución de 1 m.

iii. Relación longitud peso y estructura de tallas

La distribución de tamaños fue obtenida desde las muestras recolectadas en el cuadrante de 15x25 cm o de 50 x 50 en el caso de Yaldad. De la misma muestra fue obtenido el peso individual de los ejemplares para la elaboración de la relación longitud peso y posteriormente la estimación de la biomasa media de cada banco. Los choritos fueron medidos con un pié de metro y fueron pesados en una balanza de 0.1 g de precisión.

e. Estimación del sustrato artificial disponible en el Fiordo Reloncaví

Complementariamente, long-lines para la captación de semillas de choritos y centros de cultivo de salmónidos fueron georreferenciados desde una imagen Google earth (2014), verificadas con visita a terreno. La imagen fue exportada en formato kml a ArcGis 9.3, donde se desplegó la información, se contó el número de líneas de cultivo de choritos y centros de cultivo de salmónidos, se estimó las dimensiones de cada centro y de cada línea de cultivo.

La jaula para el cultivo de salmónidos es de red, por lo que se consideró como sustrato disponible para la fijación de mitílidos. Para la estimación de sustrato artificial se contaron todas las jaulas, se estimó una dimensión promedio de 30 x 30 m por jaula, y se incluyó los primeros 10 metros de altura (rango de profundidad en el que se distribuyen los bancos naturales y donde se producen las mayores captaciones de choritos). El sustrato artificial desplegado para la captación de semillas se obtuvo desde las características de las líneas de cultivo (Nº de colectores por línea, dimensiones de los colectores, tipo de malla, etc). Esta información fue obtenida desde entrevista a productores y verificada en algunos centros durante la recolección de muestras.

f. Análisis de datos

La distribución espacial de *M. chilensis* fue evaluada aplicando métodos geoestadísticos de acuerdo a la metodología propuesta por Roa-Ureta and Nickitscheck (2007). Este método permite ajustar dos modelos independientes: un modelo binomial para los datos de presencia/ausencia y un modelo de Gauss para las observaciones de densidad positiva (box-cox transformado). De esta forma se evaluaron dos procesos de correlación espacial separadas. El primer modelo evaluó la existencia de correlación espacial en la distribución de recursos (presencia/ausencia) a través del área. Mientras, el segundo modelo evaluó si las observaciones positivas se correlacionaron espacialmente a través del subconjunto cuadros/video donde *M. chilensis* estaba presente. La significancia estadística de la correlación espacial se evaluó mediante la comparación de la verosimilitud del modelo espacial contra un modelo no espacial (pepita puro) equivalente. La elección del mejor modelo fue basado en el criterio de información de la Akaike (AIC) (Akaike 1974), donde el mejor modelo es aquel que presenta menor AIC, considerando una diferencia ≥ 2 unidades (Burnham & Anderson 2002).

La variación en el número de especies y su abundancia para cada una zona de muestreo fue evaluada a través de análisis estadísticos no-paramétricos (ANOSIM, SIMPER, MDS). Previamente las abundancias por especie (ind m^{-2}) fueron transformadas $[\log(x + 1)]$, para reducir la importancia de especies más abundantes y permitir que las especies menos abundantes o raras contribuyan a la similaridad entre muestras. Posteriormente, una matriz de similaridad de Bray-Curtis fue calculada utilizando el entorno de programación R (R Development Core Team 2012). Un análisis de similaridad (ANOSIM) de dos factores, con 999 permutaciones fue usado para determinar la existencia de diferencias significativas entre las estaciones y zonas, respecto de la diversidad y abundancia de especies. El ANOSIM, proporciona un estadístico R -test y un valor de probabilidad p . El R -test puede ser definido como:

$$R = \frac{(\bar{r}_B - \bar{r}_w)}{\frac{1}{2}M}$$

donde, r_B corresponde al promedio de similitudes entre muestras dentro de los grupos y, r_w corresponde al promedio de similitudes de todos los pares de muestras entre grupos. El valor de R representa el valor absoluto de similar o disimilaridad entre grupos. Si la similaridad al interior de los grupos es mayor que entre grupos $R > 0$ ($p < 0.05$).

Las especies responsables de las diferencias observadas entre estaciones y zonas fueron identificadas a través de un análisis de porcentaje de similaridad (SIMPER). Un Escalamiento Multidimensional no Métrico (MDS), fue utilizado para representar gráficamente la similaridad entre estaciones y zonas. El grado de correspondencia entre la matriz de entrada y la representación grafica del MDS fue determinada por el *Stress*, una medida de la bondad de ajuste. El *Stress* toma valores entre 0 y 1, siendo mejor el ajuste cuando este es más cercano a 0. Valores de *Stress* superiores a 0.3 no son aceptables.

3.2.3. Resultados

a. Superficie de los bancos

Fiordo Reloncaví

Los 11 bancos o secciones de banco muestreados presentaron superficies de entre 20 a 67 ha (Tabla 2.1). La presencia de choritos en el fiordo Reloncaví fue heterogénea entre las 4 zonas

estudiadas y entre la costa norte y la costa sur. La mayor extensión de banco fue observada en el sector Marimelli Norte (que incluye la isla Marimelli) y la menor fue observada en Cochamó Norte (Tabla 2.1). Del área muestreada en cada banco la mayor proporción de área cubierta por choritos se observó en la costa norte de Boca (48%), mientras que la menor proporción de sustrato cubierto por choritos se observó en Cochamó sur con solo un 7%. El número de choritos contabilizados como parte de la muestra fue también muy heterogéneo, registrándose más de 16 mil choritos en Boca Norte y un valor mínimo de 110 choritos registrados en Puelo Sur. En la costa norte se observó mayor cantidad de choritos en la muestra, a la vez que la proporción del área ocupada por choritos fue mayor que en la costa sur (Tabla 2.1, Fig 2.4, 2.7A y B). La cantidad de parches encontrados (que entrega una medida de la fragmentación de los bancos de chorito en cada zona) varió entre 0 en Puelo sur y 29 en Marimelli y Puelo Norte (Tabla 2.1). El diámetro de parche promedio varió entre 0.5 y 6.6, lo que puede estar influenciado por el estrecho cinturón entre el intermareal y el submareal al que están restringidos los choritos. La distribución batimétrica de *M. chilensis* a lo largo del fiordo se concentra entre 3 y aproximadamente 8 m desde la línea de más alta marea, principalmente en la costa norte, con una tendencia a profundizarse hacia la cabecera del fiordo (Fig. 2.7).

Estero Piti-Palena

En el Estero Piti-Palena se registraron dos bancos, uno en una planicie (la Plazeta) y el otro en el borde rocoso del fiordo (Fig. 2.1). El banco de choritos ubicado en Plazeta tiene mayor superficie y también mayor superficie con presencia del stock de choritos (Tabla 2.1), aunque sus densidades máximas no superaron 100 Ind/m² (Fig. 2.5).

La muestra de choritos contabilizada en ensenada (2431 choritos) fue mayor que la obtenida en Plazeta (1366 choritos). En Ensenada se observó choritos principalmente en la zona que queda expuesta al intermareal (Fig. 2.6 y 2.7C).

La cantidad de parches en esta zona prácticamente duplicó al promedio de parches por zona observada en el Fiordo Reloncaví, los que también tendieron a ser más pequeños. Esto refleja el estrecho rango de distribución de los choritos (prácticamente restringidos al submareal) y lo fragmentada que parece estar esta subpoblación.

Yaldad

En la Bahía de Yaldad se registraron tres bancos intermareales, dos en la zona oeste del río Yaldad, con superficies de 10,7 y 13,8 ha respectivamente y el tercero y de mayor superficie en la costa este del río. Este último presenta una superficie de 23,9 ha (Fig. 2.8). La muestra de choritos contabilizada en estos tres bancos fue de 1177 individuos.

b. Parámetros de modelos geoestadísticos

Fiordo Reloncaví

Los análisis geoestadísticos fueron aplicados sólo a los bancos de chorito evaluados en el fiordo Reloncaví y en el Estero Piti-Palena. Para el banco de choritos ubicado en Yaldad se realizó una caracterización general, como se detalla más arriba.

Los parámetros de estos modelos se muestran en la tabla 2.2, donde se puede apreciar que en 4 de los 10 bancos o secciones de banco evaluados, el modelo binomial espacial es más informativo que el modelo no espacial. En el caso de la densidad espacial sólo en 3 de los 10 bancos el modelo espacial fue más informativo que el modelo no espacial. Estos resultados pueden estar influenciados por la disposición de los bancos de choritos en los fiordos, los que se ubican en una estrecha franja de 2 a 5 m de ancho y a lo largo de kilómetros.

Esto se ve reflejado en el rango de los modelos binomiales los que en general están entre 1 y 8 m (con máximo de 25 m para el banco de Cochamó norte). En el caso de Cochamó sur, debido al escaso registro de choritos el modelo no convergió.

Estero Piti-Palena

En el caso del Estero Piti-Palena se observó una situación similar a la observada en fiordo Reloncaví, donde el modelo binomial espacial fue más informativo que el binomial no espacial para Ensenada, mientras que el modelo de densidad espacial fue más informativo que el no espacial en Plazeta (Tabla 2.2).

c. Densidad y abundancia de choritos

Fiordo Reloncaví

En el fiordo Reloncaví la mayor densidad de choritos se observó en Boca norte con máximos que superaron 3.000 choritos/m², aunque el promedio estuvo en torno a 112 choritos/m². Las mayores densidades de chorito se observaron en la costa norte para cada sección (Tabla 2.3). Los coeficientes de variación de las densidades observadas están en torno al 20-25% (excepto en Cochamó Sur), por lo que se considera que son estimadores aceptables de la densidad de choritos en el estuario Reloncaví. Esta densidad se ve reflejada en la abundancia de choritos en cada zona, donde destaca la abundancia en Boca Norte con más de 18 millones de choritos estimados, y contrasta con Cochamó Sur, donde se estimó una abundancia de alrededor de 185,000 choritos. En Puelo Sur no fue posible hacer una estimación debido a la escasez de choritos en la muestra (Tabla 2.3).

Estero Piti-Palena

En ambos bancos de Estero Piti-Palena la densidad de choritos fue baja (11 a 17 choritos/m²), y representó alrededor de 10% de la densidad más alta observada en el Fiordo Reloncaví (Tabla 2.3). Esto se traduce en una abundancia total de alrededor de 3.5 millones de choritos. La mayor densidad se observó en Ensenada, aunque debido a la mayor superficie con presencia de choritos en Plazeta, este banco registró mayor abundancia total (Tabla 2.3, Fig. 2.5, 2.6 y 2.7C).

Yaldad

En los tres bancos registrados, la densidad de choritos fue alta, con valores promedio de 323 choritos/m². La abundancia total para toda el área (incluyendo los tres bancos) fue de 47,903,176 individuos, considerando un 50% del área ocupada por chorito (Tabla 2.3). Sin embargo, estas estimaciones preliminares tienen que ser vista con cautela, puesto que debido a la imposibilidad de recolectar imágenes submarinas por la cantidad de sedimento que regularmente transporta el río Yaldad—producto de la resuspensión de sedimento desde la marisma donde se ubica el banco de choritos—sumado a la dificultad que implica el acceso al banco debido a que se encuentra en una zona fangosa de muy difícil acceso, la estimación del área total ocupada por los choritos puede estar sobreestimada.

d. Distribución de tamaños y relación longitud - peso

Fiordo Reloncaví

La distribución de tamaño de los choritos observados en el Fiordo Reloncaví muestran un gradiente de mayor tamaño y mayor representatividad de la talla desde Boca (la boca del estuario) hacia la cabecera. En la zona Boca y Marimelli la moda se encuentra alrededor de 40 mm, con baja representación de choritos sobre 60 mm (Fig. 2.9). Hacia Puelo la distribución de tamaños tiene moda alrededor de 30 a 40 mm predominando, con pocos registros de individuos sobre 50 mm. Finalmente, hacia la cabecera del estuario (Cochamó). La distribución de tamaños es estrecha, predominando choritos de alrededor de 20 a 40 mm (Fig. 2.9).

La relación longitud – peso se analizó de manera separada para choritos provenientes del intermareal y del submareal. Los resultados muestran que los choritos del intermareal presentan mayor biomasa que los choritos recolectados en el intermareal (Fig. 2.10).

Estero Piti-Palena

En esta zona ambos bancos muestreados presentaron representatividad de todas las tallas, con una moda alrededor de 40-50 mm (Fig. 2.11 y 2.12). La distribución de tamaños en Ensenada fue más simétrica que en Plazeta, lo que puede sugerir la presencia de mayor reclutamiento en este último banco en temporadas recientes. Sin embargo se debe tener presente que las densidades observadas son bajas.

Por otro lado, la relación longitud – peso muestra que los choritos recolectados en Ensenada tienen mayor biomasa a la talla que los choritos recolectados en el banco de la Plazeta.

Yaldad

En el banco de choritos de Yaldad se observó una distribución de tamaños dominada por individuos > 25 mm. La moda de la talla se observó alrededor de 40 a 50 mm. No se registraron choritos > 70 mm y los reclutas fueron escasos (Fig. 2.13).

Los parámetros de la relación longitud – peso fueron similares a aquellos observados en los choritos del intermareal del fiordo Reloncaví (Figs. 2.8 y 2.11).

e. Disponibilidad de sustrato artificial en Fiordo Reloncaví

De acuerdo a información obtenida desde los productores, ellos instalan 10 colectores por metro de Long-line de cultivo. Cada colector tiene 4 m de largo y el material más ocupado corresponde a redes usadas (desde la salmonicultura y pesquerías) de 10-15 cm de ancho y trama entre 13-38 mm aproximadamente.

Se registró un total de 513 long-lines de aproximadamente 200 m de largo de los que se estimó una superficie total de 818,249 m² de sustrato artificial disponible (Tabla 2.4, Fig. 2.14). La zona Cochamó (en la cabecera del fiordo) registró el mayor número de long-line, aunque se estimó menor número de cuerdas para esta zona, ya que los long-line fueron más cortos y con menor flotabilidad. Se estimó un total de 1.86 millones de unidades de colectores para todo el fiordo, ubicándose la mayor cantidad en la parte central del fiordo.

Por otro lado, en el fiordo Reloncaví se registraron 33 centros de cultivo de salmones que representaron un total de 270,000 m² de sustrato disponible para la fijación de mitilidos (Tabla 2.4) Aunque debido al uso de antifouling este tipo de sustrato no está completamente disponible para la fijación (al menos durante los tres primeros meses debido al antifouling), se ha observado altas densidades de choritos durante cambios de malla (observaciones personales pescadores artesanales).

En términos generales se observó menor densidad de choritos en el banco natural ubicado en la costa sur del fiordo, lo que coincidió con zonas donde se registró mayor número de colectores (Tabla 2.5), aunque esta relación no fue lineal.

f. Análisis estadísticos no-paramétricos

El escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) aplicado para evaluar la existencia de diferencias significativas entre las dos zonas de muestreo—fiordo de Reloncaví y fiordo Pitipalena—respecto a la diversidad y abundancia de especies bentónicas evidenció diferencias claras entre ambos sectores (stress: 0.11, Fig. 2.15A). Estas diferencias, fueron confirmadas a través de un análisis de similitud (ANOSIM) el cual reveló que las diferencias entre estas dos zonas son mayores que las diferencias observadas al interior de cada una de ellas (R=0.17; p<0.001; Fig. 2.15B).

De forma similar, la aplicación de estos análisis no paramétrico a cada una de estas zonas de muestreo por separado, mostró diferencias entre sub-zonas asociadas a la existencia de gradientes marcados en la distribución y abundancia de especies.

En el fiordo Reloncaví, la presencia de un gradiente longitudinal desde la boca hacia la cabecera del fiordo fue detectado a través del nMDS (stress=0.11; Fig. 2.15C) y el ANOSIM ($R=0.1835$; $p<0.001$; Fig. 2.15D). Ambos análisis muestran que la boca del fiordo es distinta a las otras tres zonas más interiores (Marimeli, Puelo y Cochamo), caracterizada por mayor riqueza y abundancia de especies. La mayor diferencia fue observada entre Boca (desembocadura) y Cochamo (cabecera), cuya disimilaridad entre ambas, determinado a través de un análisis del porcentaje de similaridad (SIMPER), alcanzó un 85.9%. Las especies que más contribuyen a la disimilaridad entre ambas zonas corresponden a mitilidos sin colpa (38.2%), *Crepidula* sp. (15.8%), *Mytilus chilensis* sin colpas (15.19%) y *Anthozoa* (8.24%), entre otras.

En el fiordo Pitipalena, el nMDS (stress = 0.06; Fig. 2.12E) y ANOSIM ($R=0.8444$; $p<0.001$; Fig. 2.10F) reveló la existencia de dos zonas definidas, Ensenada y La Plazeta, cuya disimilaridad entre ambas, determinada a través de un análisis SIMPER, alcanzó un 97.3%. La mayor dispersión fue observada al interior de Ensenada, mientras en La Plazeta las diferencias fueron mínimas, debido a la escasa diversidad de especies registrada en esta zona. Las especies que más contribuyen a la disimilaridad entre ambas zonas corresponden a *Arbacia dufresnii* (27.4%), Cirrepedia (19.9%), *Mytilus chilensis* con colpas (11.9%), *Cosmasterias lurida* (6.5%) y *Mytilus chilensis* con colpas (5.1%), entre otras.

3.2.4. Discusión

Coincidente con lo descrito por Viviani (1979) y Molinet et al. (2015) *Mytilus chilensis* fue más abundante en estrechos “cinturones” entre el intermareal y submareal de fiordos, en un hábitat caracterizado por la presencia de un fuerte gradiente de salinidad. A la vez *M. chilensis* fue observado en la desembocadura de cursos de agua dulce donde forma extensas cubiertas como es el caso de Yaldad y Río Rodríguez (este último en Estero Piti-Palena). Yaldad fue considerado como uno de los principales semilleros durante la década del '80, en el inicio de la mitilicultura en Chiloé llegando a producir hasta 450 tons de semillas (Buzeta et al 1988).

En el intermareal, *M. chilensis* puede soportar variaciones de temperatura ambiental entre 0 y 30 °C, mientras en la columna de agua la temperatura varía entre 12 y 26 °C (Buschbaum et al. 2009). En tal sentido el gradiente de salinidad debe jugar un rol importante en la estructura de la comunidad de los fiordos y para *M. chilensis*. De esta forma, los bancos de *M. chilensis* estarían confinados a un estrecho hábitat que limita con restricciones físico-químicas (gradiente salino y desecación, entre otros) hacia la parte superior y con restricciones dadas por la competencia y depredación hacia la parte inferior de su distribución (Molinet et al. 2015)

Este hábitat que ocupa *M. chilensis* es un ambiente con alta frecuencia de perturbaciones, ya que además de la variación mareal se ve afectado por variaciones de salinidad asociadas a las descargas de los afluentes (Buschbaum et al. 2009, Molinet et al. 2015). Lo anterior configura un escenario de hábitat más bien limitado para los bancos naturales de *M. chilensis*, lo que contrasta con su éxito de reclutamiento y su crecimiento en sustratos artificiales sobre sistemas suspendidos (Buzeta et al. 1988).

Aunque poco considerada en la mayor parte de los estudios de bancos naturales de *M. chilensis*, la estructura de su comunidad asociada en sistemas rocosos y sus interacciones han sido descritas y discutidas en la literatura científica (Connell 1961, Paine 1974, Reusch & Chapman 1997, Hunt & Scheibling 2001) y sugieren la presencia de competencia intra e interespecifica entre organismos que se adhieren al sustrato y depredación por ejemplo por organismos del grupo Equinodermata. Lamentablemente en Chile la ecología del intermareal en fiordos y canales ha sido escasamente descrita (Viviani 1979, Molinet et al. 2015), lo que contrasta con la importancia productiva y el uso que ha alcanzado este sistema en las últimas tres décadas.

En este estudio nosotros observamos alta variabilidad en la abundancia de choritos en las zonas (Boca, Marimelli, Puelo y Cochamó, en fiordo Reloncaví (costa norte y Sur); y Ensenada y Plazeta en estero Piti-palena).

Las densidades de choritos y su abundancia muestran una tendencia a disminuir tanto en fiordo Reloncaví como en estero Piti-Palena, si se compara con lo reportado por Lizama (2003) y Molinet et al. (2015) para el fiordo Reloncaví, y Molinet y Gavilán (1994) (Objetivo 1 de este proyecto) para Estero Piti-Palena. En 2003 Lizama (2003) observó densidades medias de alrededor de 1000 ind/m², tanto en el intermareal como en el submareal mientras que en este estudio las densidades medias máximas fueron de 112 ind/m². En 1994 Molinet y Gavilán observaron densidades de 421 ind/m² en Ensenada, mientras que en este estudio se registraron

alrededor de 15 Ind/m². Se debe considerar que en ambos casos las metodologías utilizadas son diferentes, aunque de todas formas llama la atención la diferencia de al menos 1 orden de magnitud observada.

Por otro lado, los seguimientos de las AMERBs (ver tabla 1.11, objetivo 1), confirman una tendencia a la disminución de la densidad, aunque los resultados de esos seguimientos muestran una alta variabilidad y se sugiere la revisión de sus protocolos de muestreo.

Molinet et al. (2015) sugirieron la hipótesis de contracción de los bancos de chorito en el fiordo Reloncaví, lo que podría ser mejor observado en el gradiente batimétrico dada la distribución vertical de los choritos, como se puede apreciar en las figuras 2.4 A-C.

Las causas de las disminuciones en la abundancia de choritos en áreas específicas no están claras, aunque a la inestabilidad del ambiente (y consecuentes fallas naturales en reclutamiento) se pueden acoplar a: i) la exportación de colectores (caso de Fiordo Reloncaví) y por tanto remoción de un número indeterminado de reclutas anualmente desde cada sistema de fiordos (Leiva et al. 2007), ii) la explotación de los bancos naturales (sin información específica), iii) depredación, iv) cambios en las condiciones ambientales locales (ej. mayor aporte de agua dulce), entre otros.

Específicamente para el fiordo Reloncaví se estimaron alrededor de 1.800.000 colectores, cuya mayor concentración se ubica en la costa sur de este fiordo, coincidente con la menor densidad media de choritos en el banco natural. En este sentido se observa al menos una tendencia de relación negativa entre el número de sistemas de captación instalados y la densidad de choritos en banco. Nuestros resultados sugieren que el sistema del fiordo Reloncaví está sobrecargado de sistemas de cultivo que retienen semillas de mitilidos, lo que estaría influyendo en disminuir gradualmente la densidad de choritos en los bancos naturales y que en el mediano plazo puede afectar la sustentabilidad de este banco natural y de otros que estén siendo utilizados para la captación de semillas de mitilidos.

Las bajas densidades de *M. chilensis* en Estero Piti-Palena pueden ser explicadas por la continua explotación que han sufrido estos bancos desde los años 1980s, lo que fue intensificado en los 1990s, ya que esta zona fue el área de la región de Aysén que presentó más baja frecuencia de *Alexandrium catenella*, la microalga asociada al veneno paralítico de los mariscos. Por esta razón, salvo un evento tóxico en 2002, en el estero Piti-Palena prácticamente no existieron restricciones para la explotación de choritos.

Las bajas densidades de chorito en el Estero Piti-Palena (alrededor de 11 Ind/m²) coincidieron con escasa o nula captación de semillas en sustrato artificial. Esto debe ser lo observado con atención por los productores del fiordo Reloncaví (y otras zonas) ya que en este fiordo alrededor de 38% del área con sustrato apto para la presencia de *M. chilensis* presenta densidades de alrededor de 11 ind/m² o menos.

Finalmente, las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos parecen ser una unidad apropiada para el seguimiento de la dinámica de las poblaciones naturales de mitílicos (15 en el fiordo Reloncaví y 1 en Estero Piti-Palena (con ESBA's y/o seguimientos), sin embargo como se planteó en el objetivo N° 1 se sugiere la necesidad de revisar y estandarizar los protocolos de seguimiento para AMERBs que incluyan entre sus actividades al manejo de choritos y la captación de semillas.

Por otro lado, el estatus de los bancos de mitílicos en la desembocaduras de ríos (ejemplo en Yaldad) y su relación con la captación de semillas son elementos desconocidos. En el caso de Yaldad se ha registrado escasa captación de semillas (pese a que existe un banco natural relativamente extenso) lo que se ha atribuido a la alta concentración de sistemas de cultivo con chorito para engorda en la bahía con capacidad para más de 10.000 tons anuales estimadas por Molinet et al. (2012).

3.2.5. Conclusiones

Los bancos de choritos del fiordo Reloncaví y del estero Piti-Palena han disminuido significativamente su abundancia comparado con evaluaciones anteriores.

Dada la importancia económica y social de la actividad de captación de semillas en el fiordo Reloncaví (que sustentaría más del 50% de la provisión de semillas para la mitilicultura, asociada en gran parte a microproductores de la pesca artesanal), es fundamental aplicar un enfoque más sustentable que proyecte el uso del fiordo y sus bancos naturales para el futuro. Esto implica restringir y ordenar la instalación de sistemas de cultivo que retengan semillas de mitílicos, incluyendo los permisos de escasa importancia. Sin perjuicio de lo anterior y dada la cantidad de usos actuales y potenciales del fiordo Reloncaví se hace prioritario proponer un manejo integrado de este sistema.

En el fiordo Reloncaví existe evidencia de que la instalación de sistemas de cultivo puede haber contribuido a la disminución de la abundancia de choritos en los bancos naturales por lo que se sugiere mejorar el manejo y monitoreo de estas unidades poblacionales.

Las AMERBs parecen ser unidades adecuadas para el monitoreo y manejo de los bancos de mitílidos, aunque se sugiere revisar y modificar, si fuera necesario, los protocolos de seguimiento.

La baja abundancia de choritos en estero Piti-Palena, parece ser más explicada por la explotación comercial de los adultos, aunque es necesario profundizar en su estudio para proponer hipótesis más sólidas.

La importancia de los bancos de choritos en la zona de Chiloé (asociados a la desembocadura de ríos), para la captación de semillas de choritos no es clara, ya que en el caso de Yaldad, pese a existir un banco natural de relativa extensión, no se ha registrado captación significativa de semillas en la zona durante este siglo XXI. El intenso uso de la bahía de Yaldad para engorda de choritos aparece como una perturbación que excede la posibilidad del banco natural de manifestar su importancia. En este caso también se hace necesario profundizar en su estudio para evaluar algunas hipótesis, considerando las actuales condiciones de uso de la bahía.

3.2.6. Tablas

Tabla 2.1. Características generales de cada uno de los bancos o secciones de bancos muestreados durante el presente proyecto.

Zona	Area (ha)	Proporción área con choritos	N° de choritos en la muestra	Alfa (área con presencia del stock) (ha)	Error estandar de Alfa (ha)	N° de parches	Diámetro de parche (m)	Error estándar diámetro de parche
Fiordo Reloncaví								
Boca Norte	30.6	0.48	16162	16.5	3.5313	28	4.2	3.4
Marimelli Norte	67.8	0.32	6969	23.9	0.6393	29	3.6	3.6
Puelo Norte	31.0	0.369	7656	11.2	0.2668	29	1.9	2.03
Cochamo Norte	20.6	0.2	6213	0.3	0.01	8	6.6	5.2
Boca Sur	28.7	0.33	3110	10.7	0.353	31	1.1	1.6
Cochamo Sur	25.8	0.07	235	1.7	0.0474	5	3.6	2.2
Marimelli Sur	38.4	0.12	366	5.4	0.2637	26	0.5	0.8
Puelo Sur	34.4	0.012	110	0.0	0			
Estero Piti-Palena								
Ensenada	35.5	0.22	2413	9.9	0.30	55	2.37	3.36
Plazeta	60.0	0.28	1366	18.9	0.61	68	0.55	1.41
Yaldad								
Yaldad	26.4	13	1177					

Tabla 2.2. Parámetros de los modelos geoestadísticos ajustados para cada banco o sección de banco de choritos. AIC es el valor del criterio de información de Akaike.

Zona	Nugget relativo	Sill parcial	Rango binomial (m)	AIC Binomial espacial	AIC Binomial No espacial	AIC Densidad espacial	AIC Densidad no espacial	Rango densidad espacial (m)
Fiordo Reloncaví								
Boca Norte	0.00	0.30	3.60	7.6	4.1	407.0	412.7	22.5
Marimelli Norte	0.00	0.17	4.30	3.2	3.6	694.0	698.0	2.0
Puelo Norte	0.07	0.01	8.70	6.8	2.8	249.6	245.6	2.4
Cochamo Norte	1.18	0.03	25.35	-0.4	7.6	72.9	70.7	12.3
Boca Sur	0.00	0.32	3.75	4.8	3.1	590.0	594.0	15.4
Marimelli Sur	0.65	0.06	1.08	2.8	-1.2	183.7	179.7	1.4
Puelo Sur	0.00	0.17	2.80	7.6	3.6	499.5	495.5	2.6
Cochamo Sur	0.00	0.01	6.80	-146.6	-92.1			
Estero Piti-Palena								
Ensenada	0.00	0.26	6.01	-24.5	-10.3	707.2	707.0	44.5
Plazeta	0.64	0.06	1.11	4.3	0.3	533.2	524.7	10.4
Yaldad								

Tabla 2.3. Densidad y abundancia estimada de choritos (*M. chilensis*) en las zonas estudiadas.

Zona	Densidad (Choritos/m ²)	Error estándar densidad	Abundancia estimada	Error estándar de abundancia
Fiordo Reloncaví				
BocaNorte	112	20	18,523,977	3,396,901
Marimelli Norte	58	14	13,884,500	3,380,618
Puelo Norte	87	17	9,678,344	1,919,453
Cochamo Norte	82	39	267,947	128,502
Boca Sur	50	16	5,384,428	1,715,756
Marimelli Sur	8	2	455,036	100,419
Puelo Sur	--	--	--	--
Cochamo Sur	11	7	185,438	123,742
Estero Piti-Palena				
Ensenada	17	3	1,590,484	269,828
Plazeta	11	2	2,122,139	466,830
Yaldad				
Yaldad	323	17	47,903,176	2,330,651

Tabla 2.4. Sustrato artificial estimado para fijación de semillas de chorito (directo e indirecto) en el fiordo Reloncaví.

Zona	Substrato en balsas jaulas (m ² de red 0-10 m de profundidad)	Número de long-lines registrados	Número de cuerdas de cultivo estimadas	Substrato estimado para captación (m ² de red)
Cochamó	45,000	173	424,250	217,155
Puelo	54,000	102	385,349	221,823
Marimelli	108,000	154	681,158	237,908
Boca	63,000	84	371,274	141,363
Total	270,000	513	1,862,031	818,249

Tabla 2.5. Densidad media de choritos y número de colectores estimados por zona en el fiordo Reloncaví.

Sector	Densidad choritos en banco (Ind/m ²)	Número de colectores estimados
BocaNorte	112	83,669
Marimelli Norte	58	454,446
Puelo Norte	87	199,284
Cochamo Norte	82	57,247
Boca Sur	50	292,696
Marimelli Sur	8	228,186
Puelo Sur	0	194,470
Cochamo Sur	11	383,308

3.2.7. Figuras

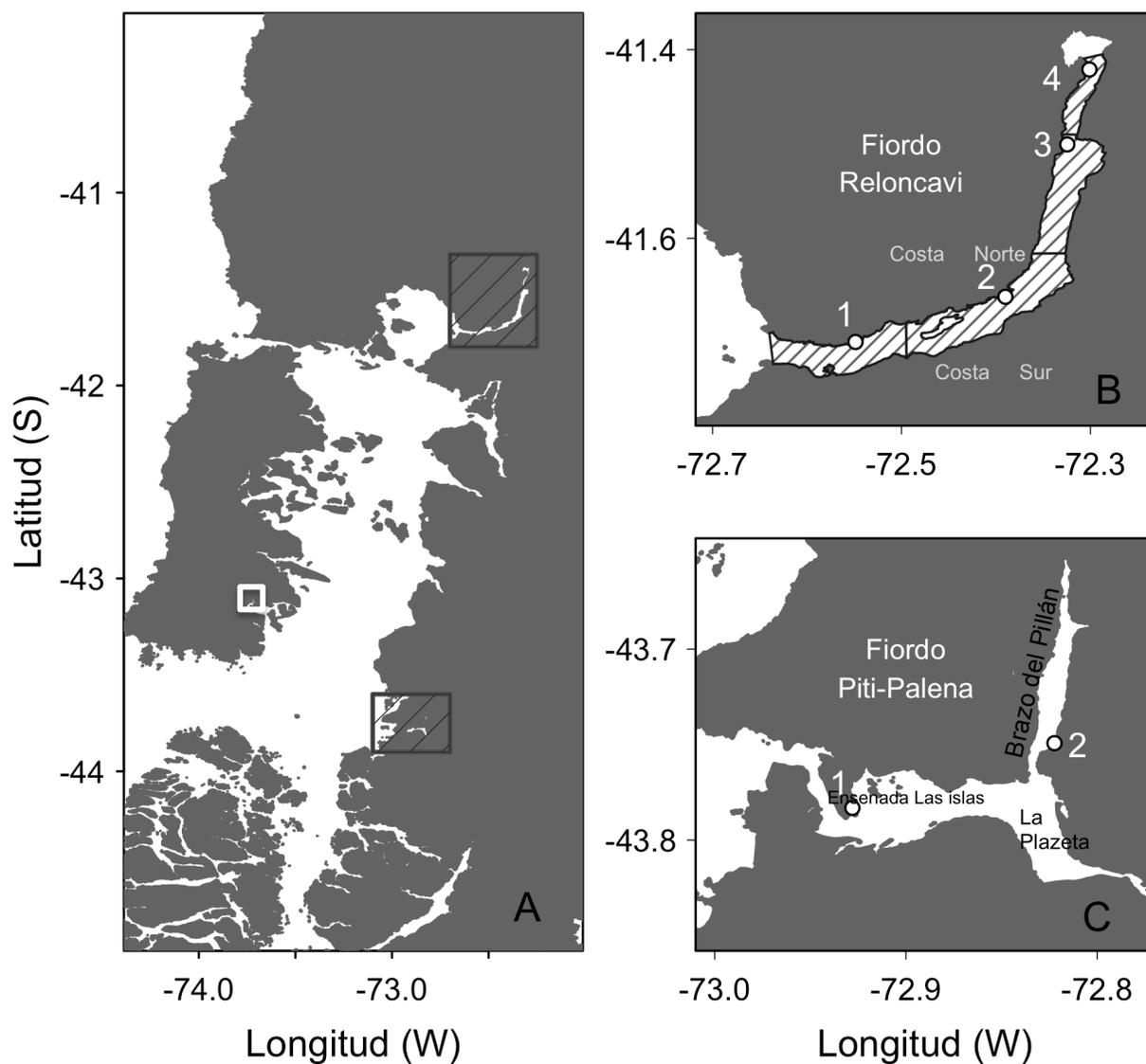
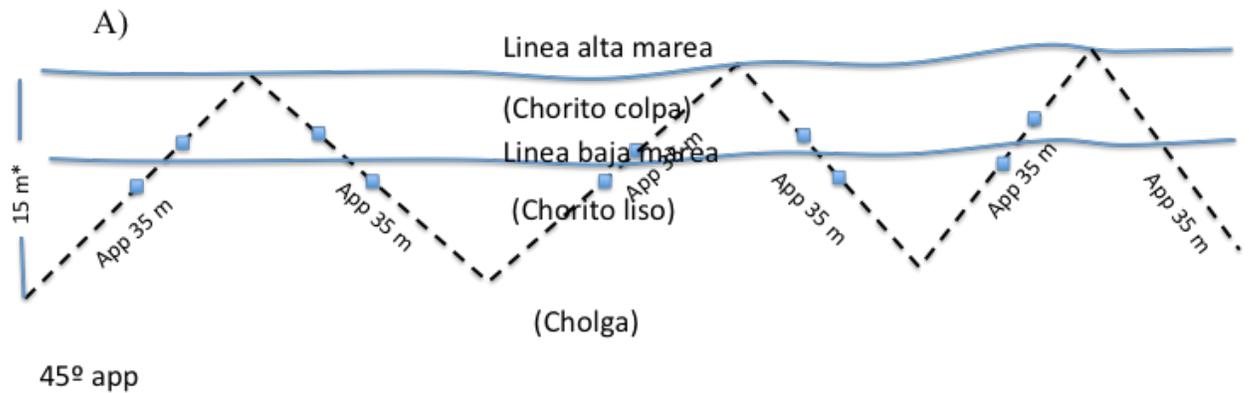


Figura 2.1. Area de estudio mostrando las tres zonas de estudio (rectángulos): i) Fjord Reloncaví, bahía Yaldad (rectángulo blanco) y Estero Piti-Palena. En B: 1, 2, 3, 4, representan las zonas Boca, Marimelli, Puelo y Cochamó, respectivamente, definidas por Daneri et al. (2009). En C 1, corresponde al banco de Ensenada Las Islas, 2 corresponde a Brao del Pillán. La plazeta es una planicie que se ubica en la desembocadura del río Rodríguez.



Video/transecta (Trineo con buzo):

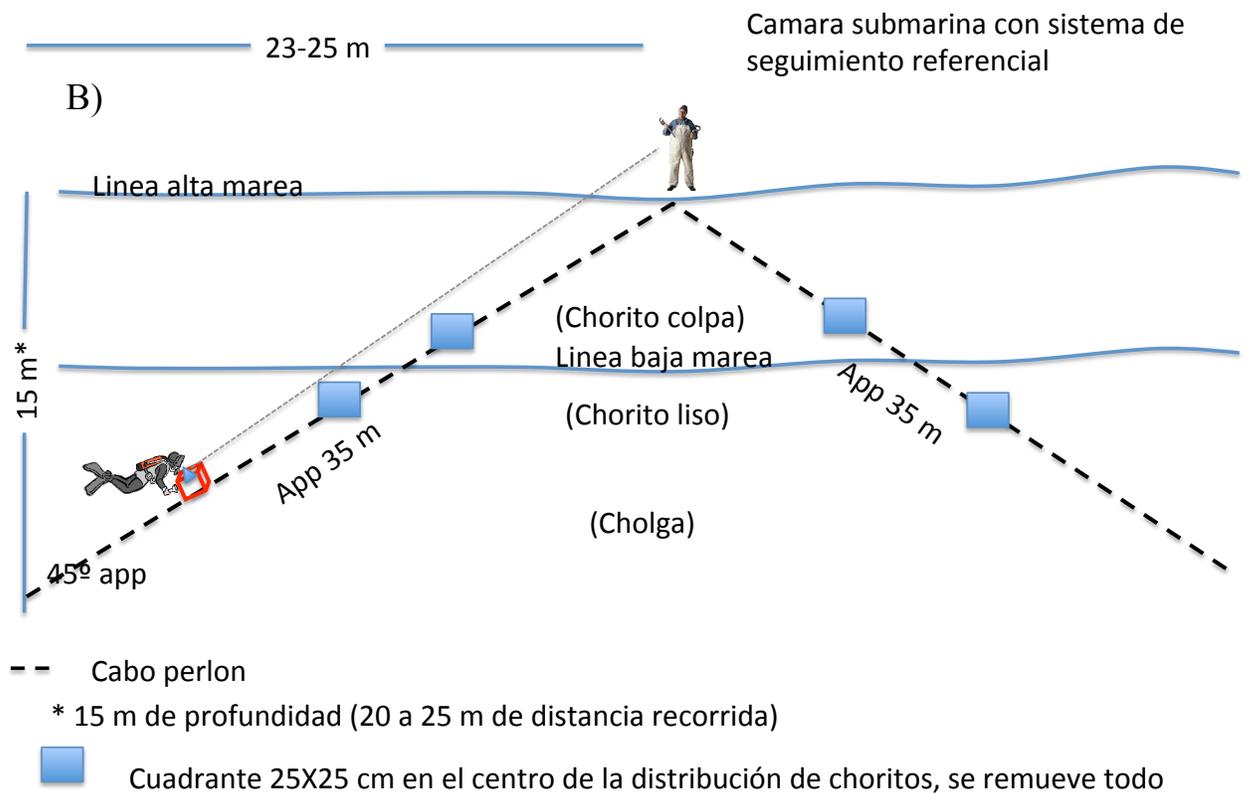


Figura 2.2. A) Diseño de muestreo para la evaluación directa de bancos de *Mytilus* spp. Se muestra la transecta en forma de zig-zag (líneas en trazos), entre el intermareal y aproximadamente 15 m desde la línea de más alta marea. B) Detalle del diseño para el registro de video-transectos.

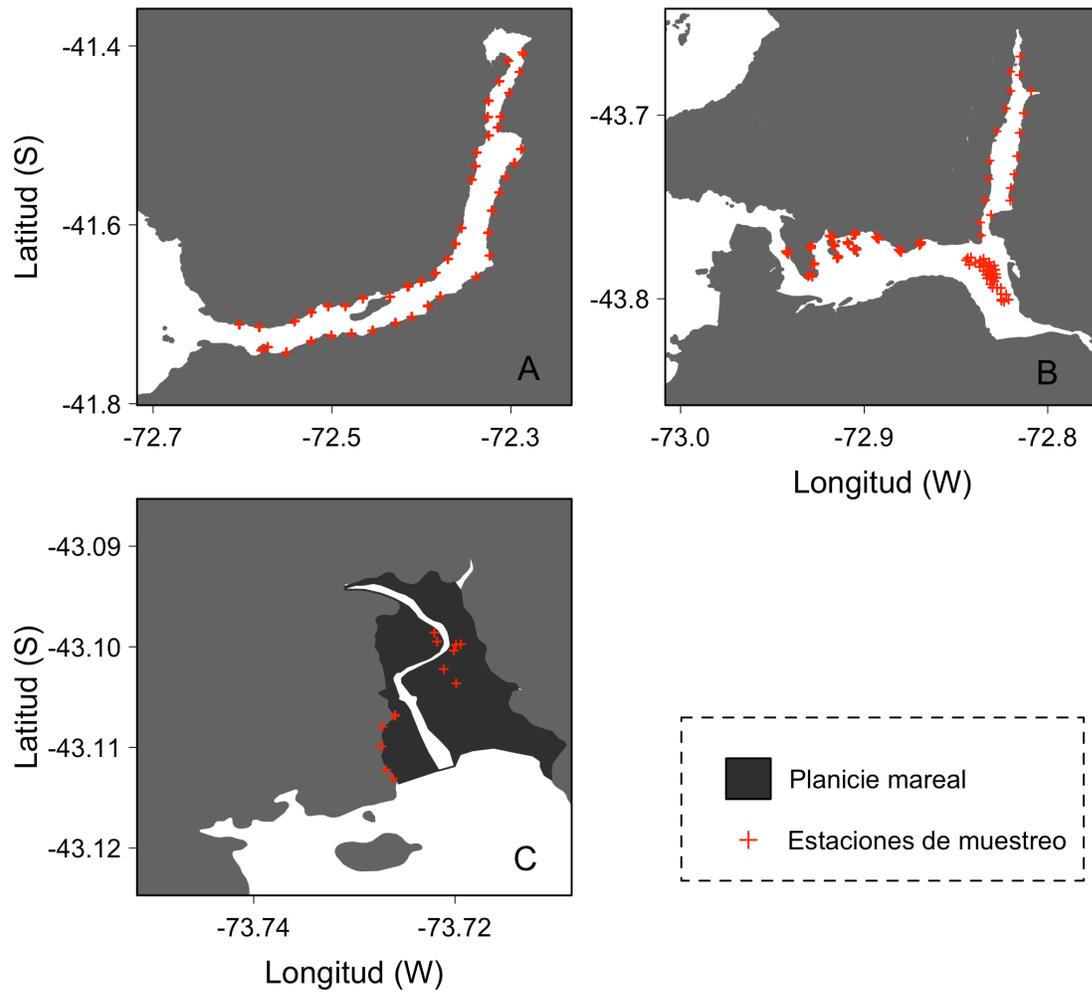


Figura 2.3. Estaciones de muestreo donde se llevaron a cabo las propospecciones con video-transectos y/o cuadrantes: A) fiordo Reloncaví; B) fiordo Piti-Palena; C) bahía Yaldad.

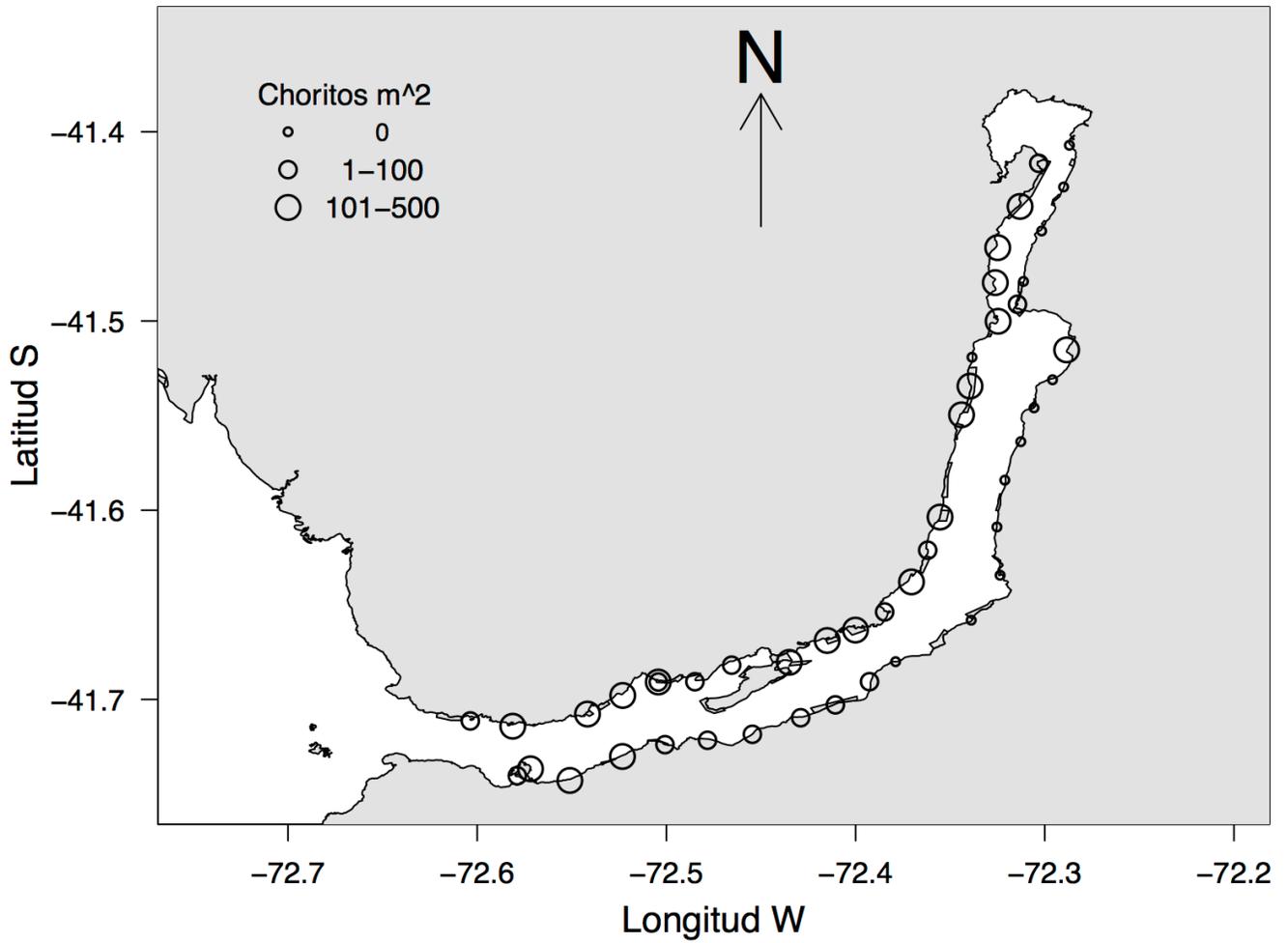


Figura 2.4. Distribución de densidad promedio de *M. chilensis* en el fiordo Reloncaví. Polígonos sobrepuestos en el borde costero indican AMERBs decretadas.

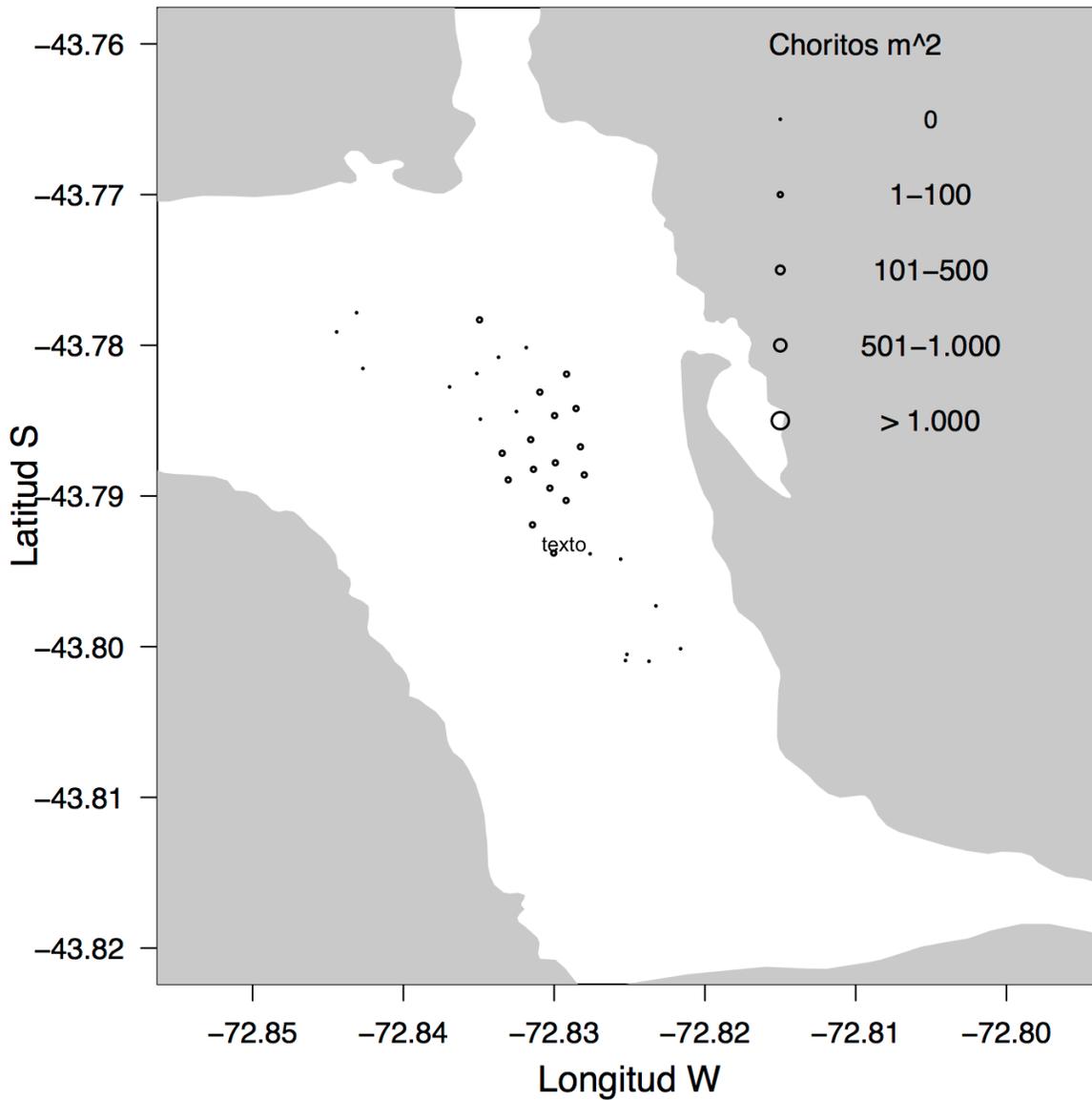


Figura 2.5. Distribución y densidades de *M. chilensis* en el sector La Plazeta, desembocadura del río Rodríguez, estero Piti-Palena.

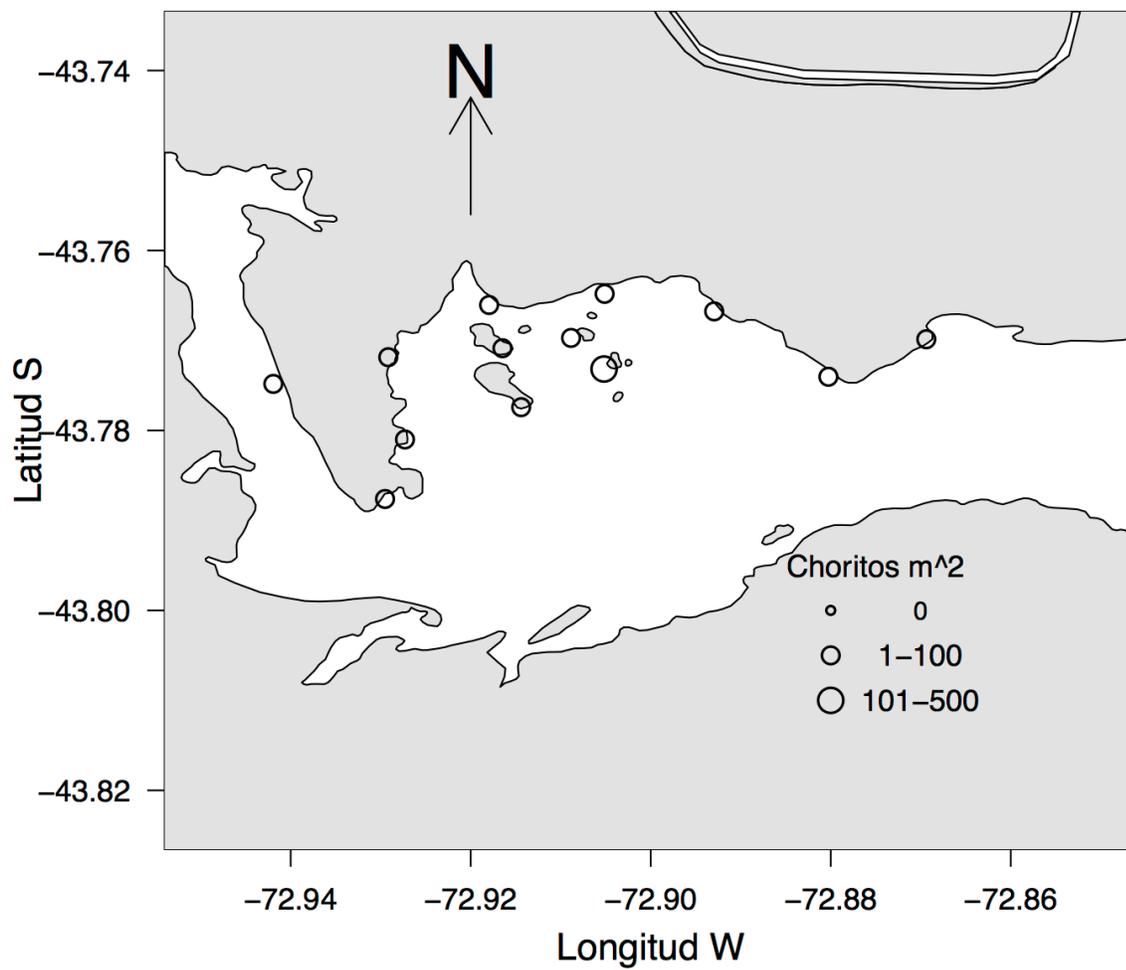


Figura 2.6. Distribución de densidad promedio de *M. chilensis* en Ensenada Las Islas, Estero Piti-Palena.

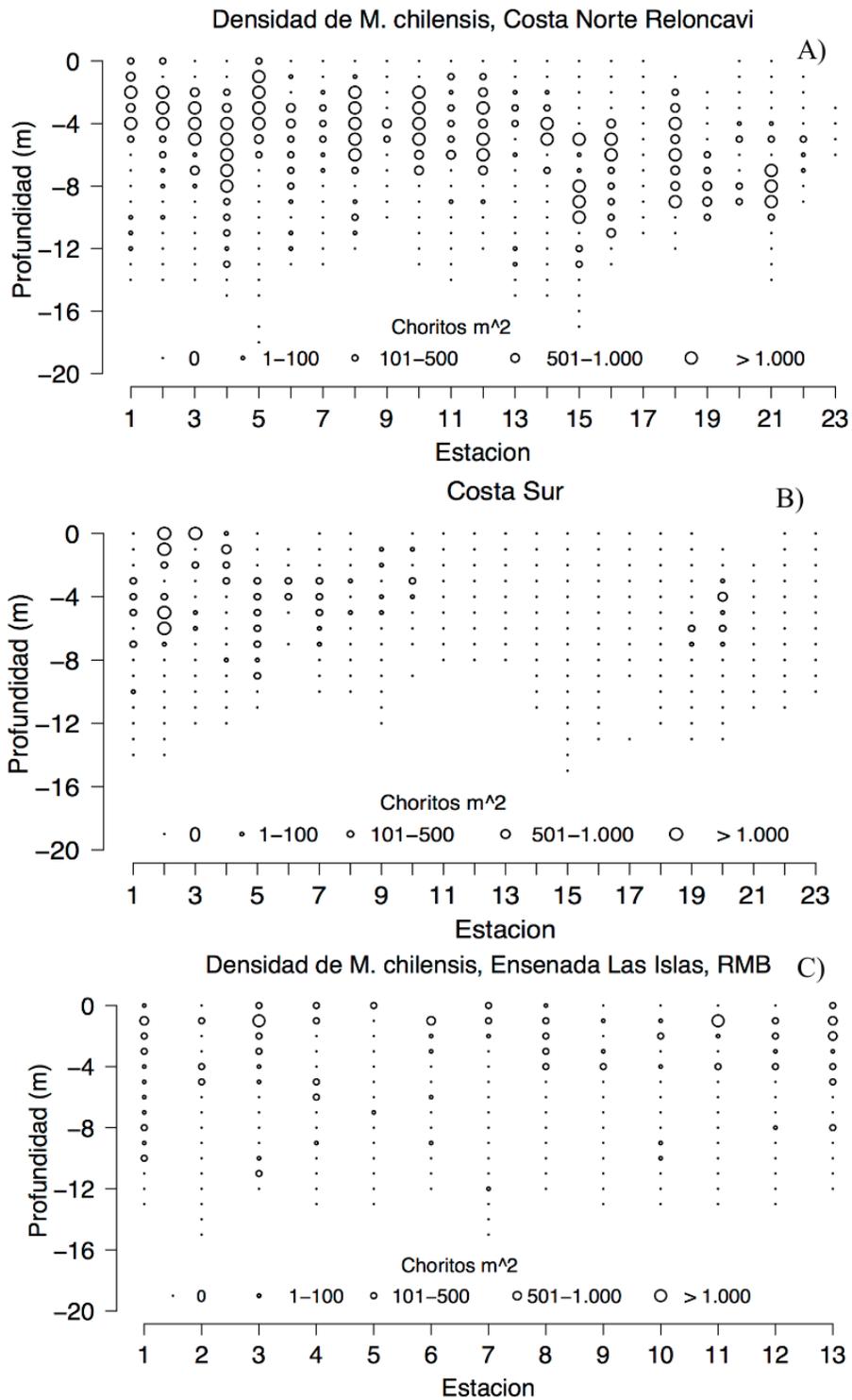


Figura 2.7. Perfil batimétrico de la distribución de *M. chilensis* en A) la costa norte del fiordo Reloncaví, B) la costa sur del fiordo Reloncaví y C) la costa rocosa de Ensenada las Islas en Estero Piti-Palena.

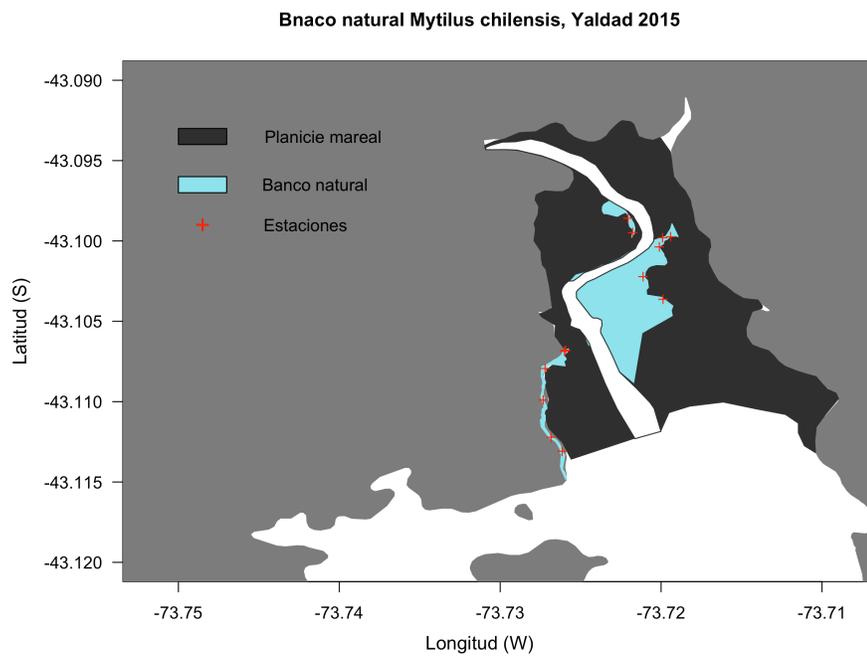


Figura 2.8. Area estimada del banco natural de Yaldad ubicado en la marisma de la bahía Yaldad.

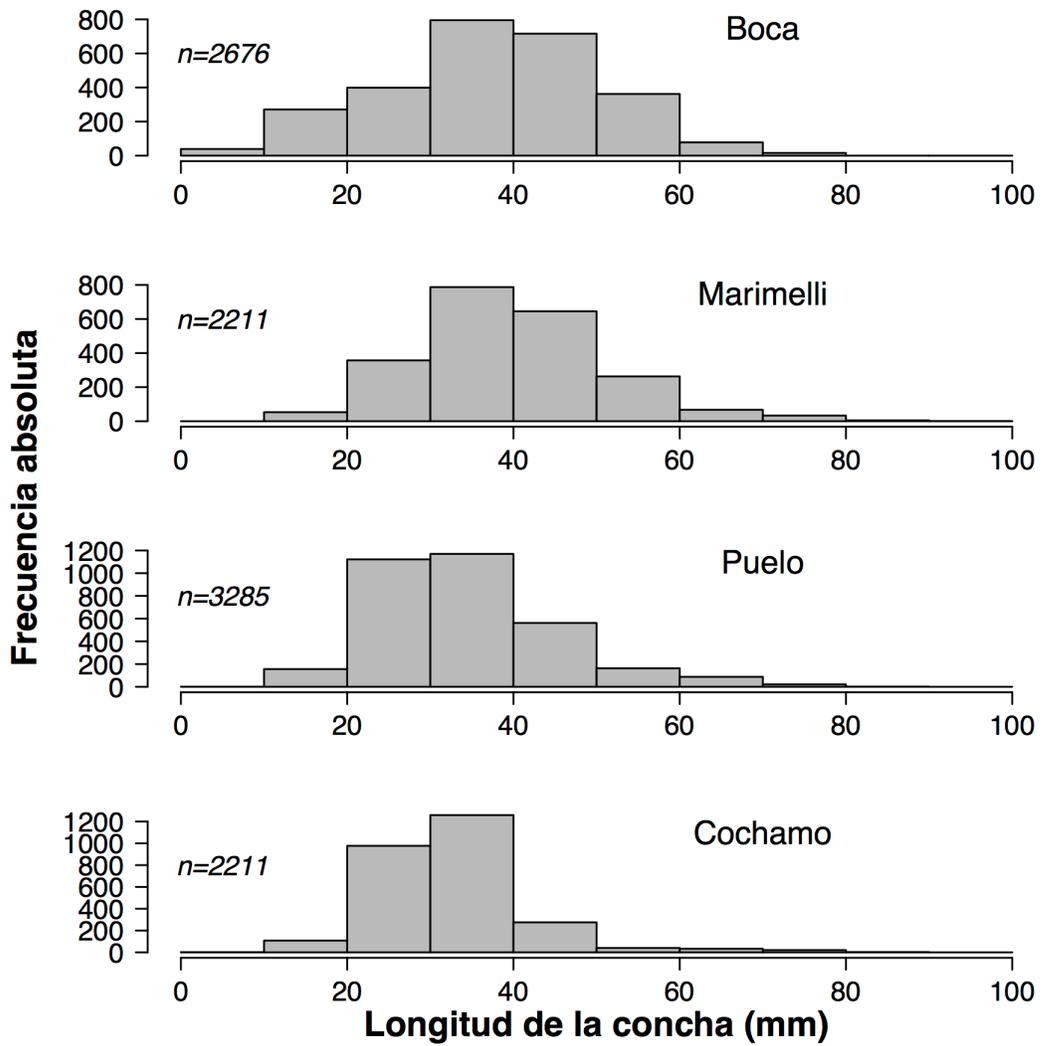


Figura 2.9. Distribución de tamaños de choritos en las 4 zonas identificadas por Daneri et al. (2009) en el Fiordo Reloncaví. n corresponde al tamaño de la muestra.

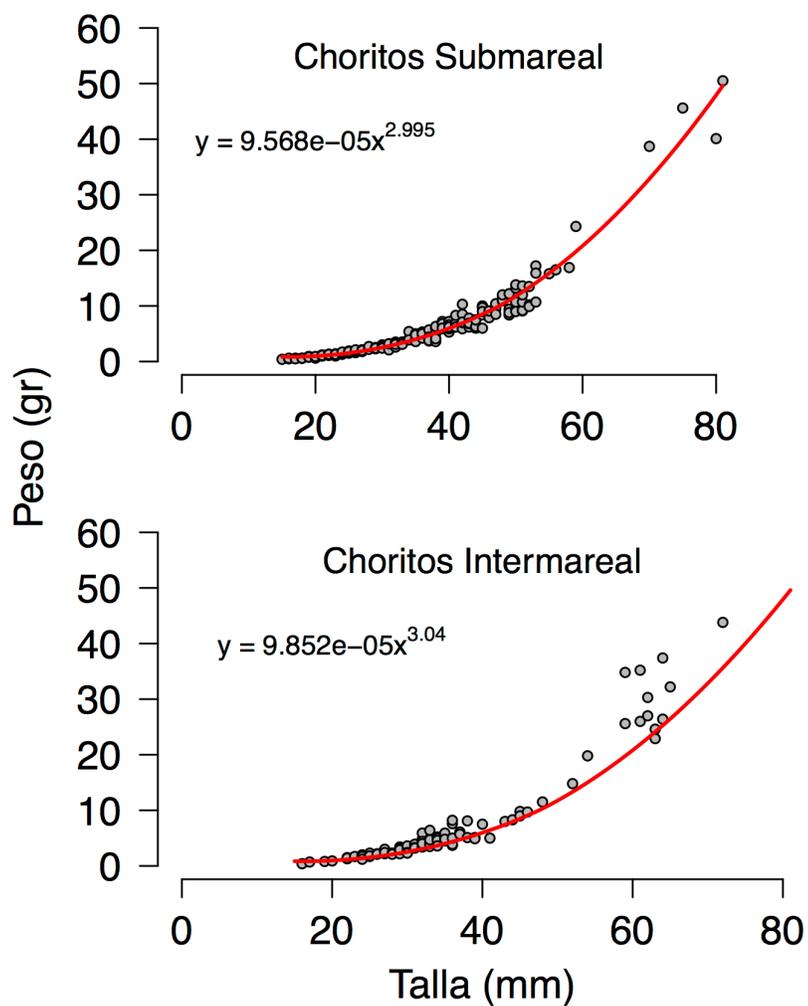


Figura 2.10. Relación longitud-peso y parámetros del modelo no lineal ajustado para choritos recolectados en el intermareal y en el submareal del fiordo Reloncaví.

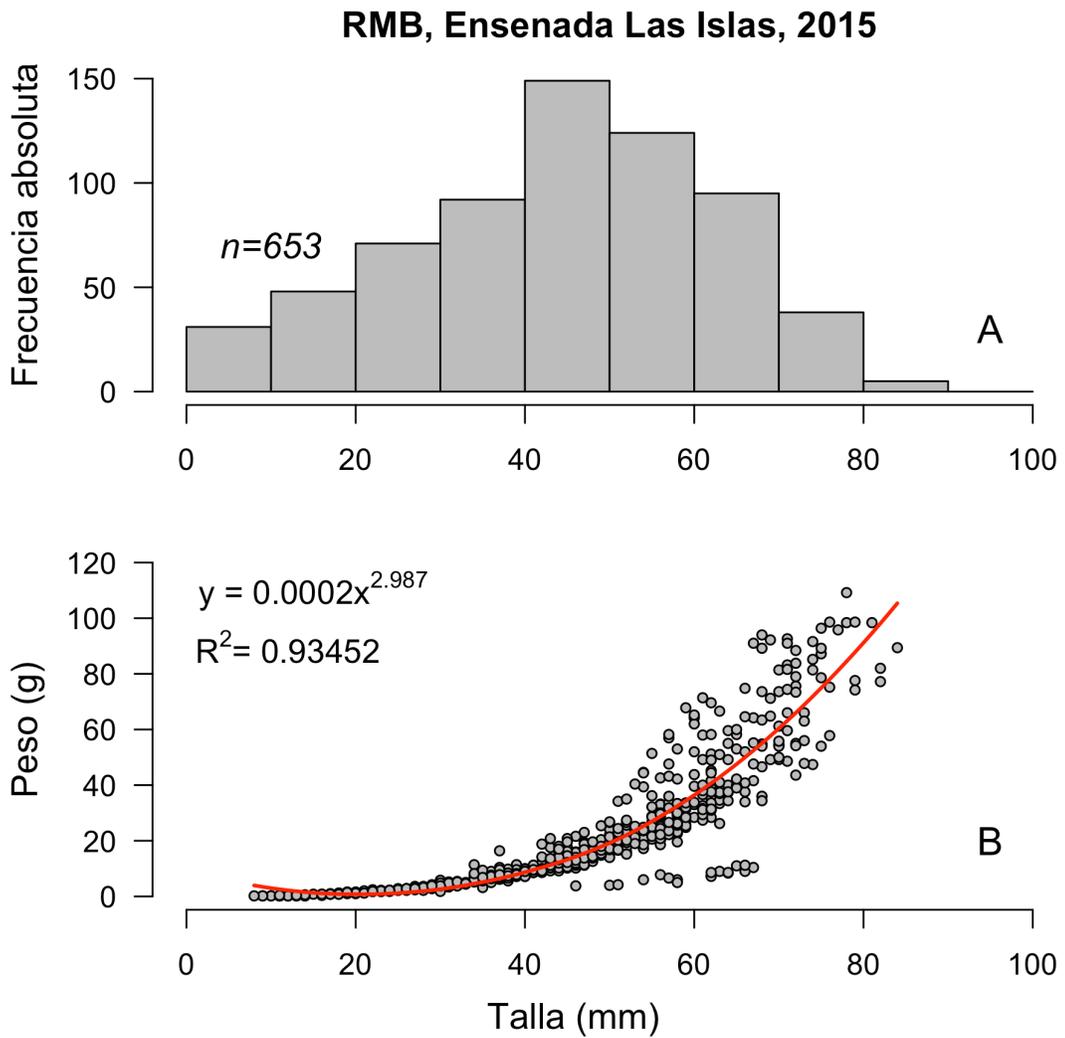


Figura 2.11. Distribución de tamaños y relación longitud peso para choritos recolectados en el banco de Ensenada Las Islas en Estero Piti-Palena.

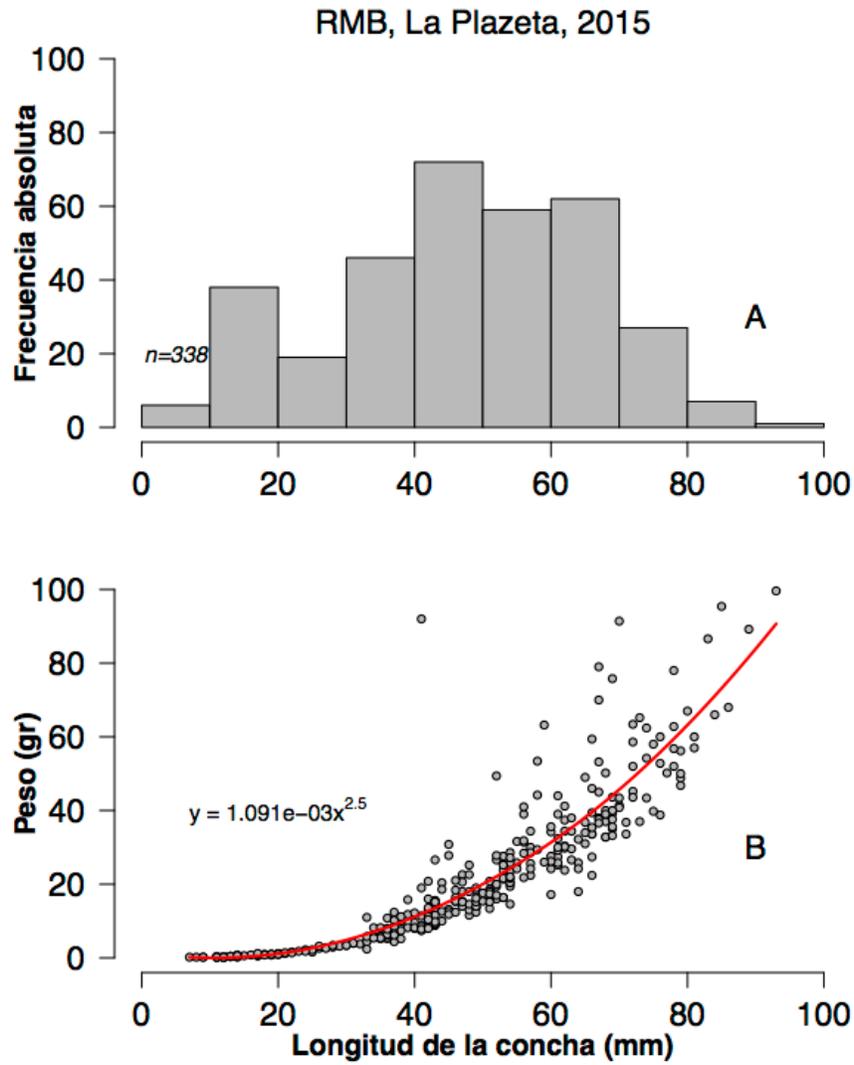


Figura 2.12. Distribución de tamaños y relación longitud peso para choritos recolectados en el banco de Plazeta en Estero Piti-Palena.

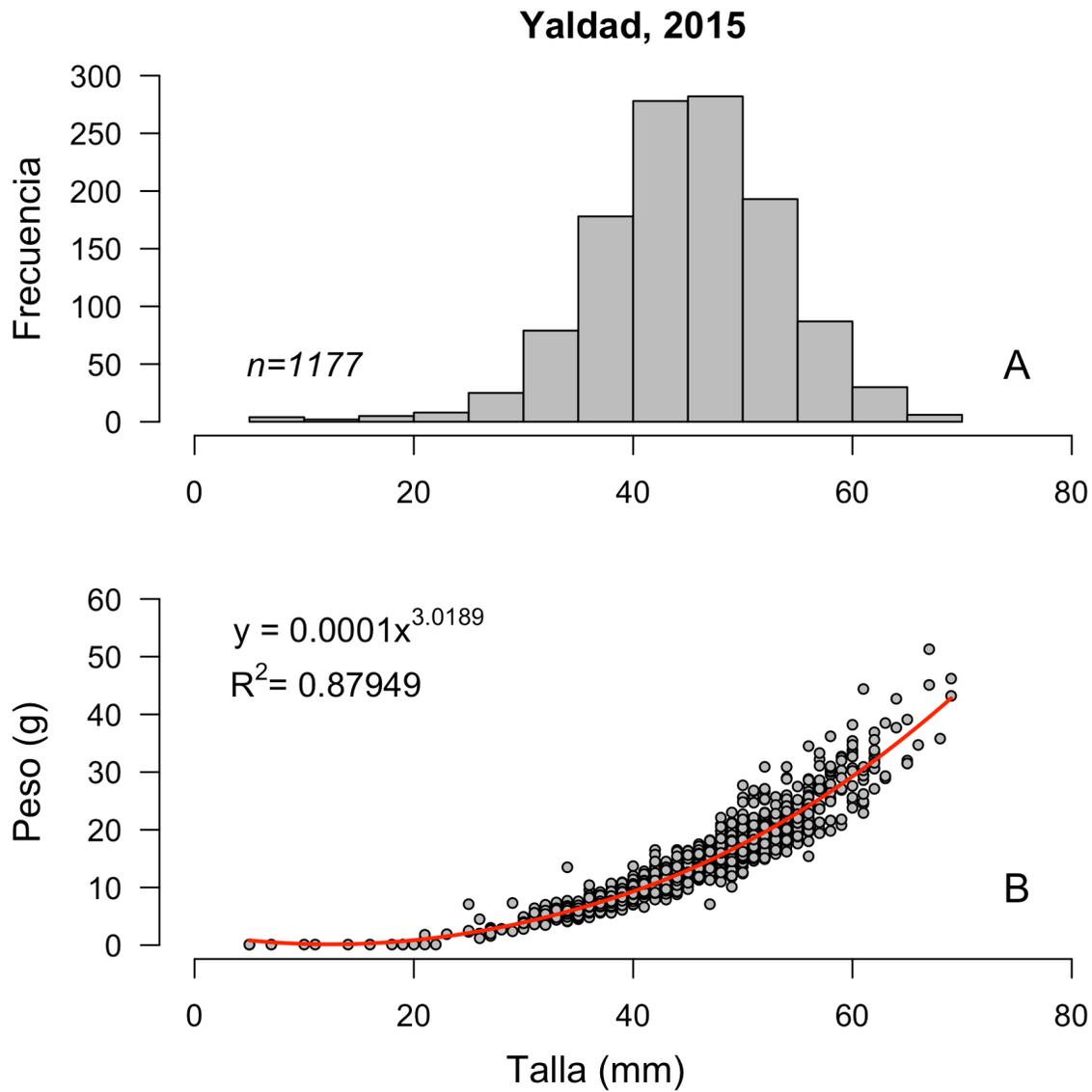


Figura 2.13. Distribución de tamaños y relación longitud peso para choritos recolectados en el banco de Yaldad.

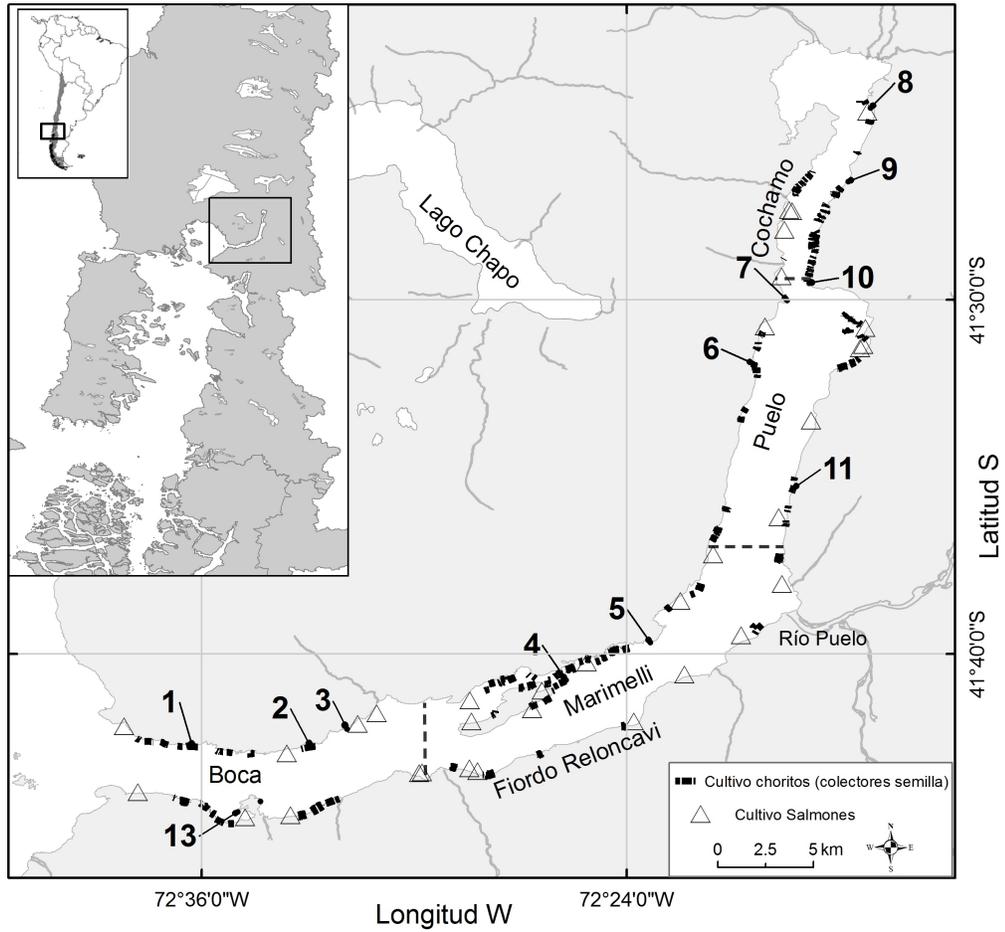


Figura 2.14. Uso del Fiordo Reloncaví para actividades de acuicultura. Fiordo Reloncaví, mostrando los límites de las 4 zonas (línea cortada) definidas por Daneri et al. (2009). Líneas negras en la costa del fiordo indican los centros de captación de semilla de choritos. Triangulos transparentes muestran los centros de cultivo de salmónidos.

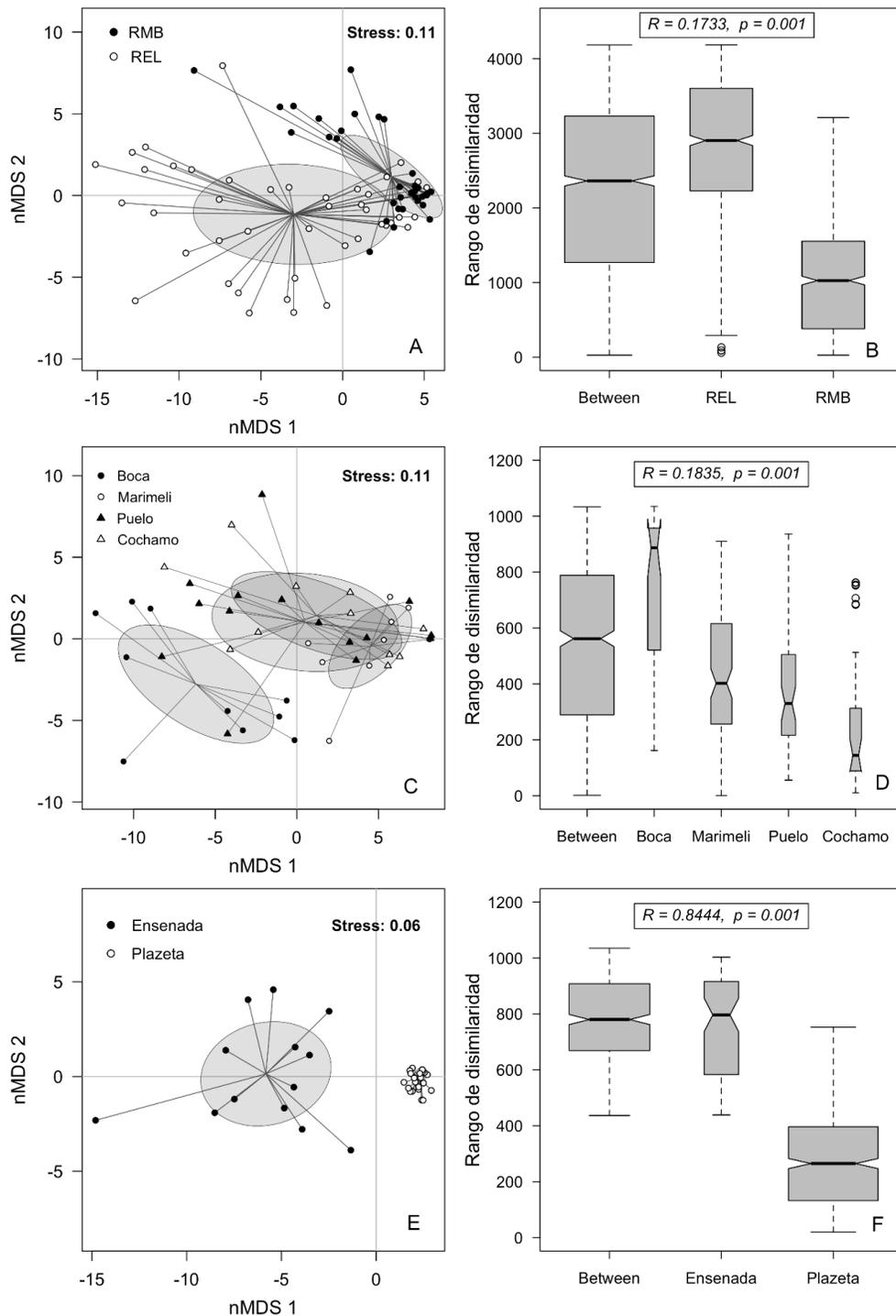


Figura 2.15. Representación gráfica del escalamiento multidimensional no métrico, nMDS (panel izquierdo) y del análisis de similaridad, ANOSIM (panel derecho) realizado para comparar la abundancia y diversidad de especies entre: AB) Fiordo Reloncaví (REL) y fiordo Pitipalena (RMB); BC) Zonas al interior del fiordo Reloncaví (Boca, Marimeli, Puelo, y Cochamo); EF) Zonas al interior del fiordo Pitipalena (Ensenada y Laja).



Foto 2.1. Fotografías del banco natural ubicado en la bahía de Yaldad.

3.3. Objetivo 3

Identificar y caracterizar parámetros poblacionales y reproductivos en bancos naturales de *Mytilus* spp. identificados previamente.

3.3.1. Antecedentes

La mayoría de la teoría ecológica fue fundada sobre la presunción de que la dinámica poblacional es sólo una función de procesos locales (Gaines & Lafferty 1995), es decir:

$$\frac{dn}{dt} = f(\text{tasa de nacimientos, tasa de muertes})$$

Sin embargo, en una población abierta con un ciclo de vida que alterna una etapa planctónica y una bentónica, como es el caso de los mitílidos, el ingreso de nuevos individuos puede ser independiente del tamaño poblacional local (n).

Suponiendo que s es la tasa de asentamiento de larvas por unidad de espacio en la población local y A es el área total de hábitat local, un modelo de población abierta podría escribirse de la siguiente manera:

$$\frac{dn}{dt} = sA - \mu n \dots$$

donde μ es la tasa de mortalidad (ej. en un modelo básico densodependiente (Hughes 1988)).

Las fluctuaciones periódicas en el tamaño poblacional provocan inestabilidad en las poblaciones y depende cuantitativamente de tres parámetros biológicos claves; i) la tasa de crecimiento individual, ii) tasa de asentamiento y iii) mortalidad denso-dependiente (Gaines & Lafferty 1995). El parámetro relevante en este caso es el asentamiento, aunque el crecimiento individual y la mortalidad denso dependiente podrían afectar su resultado.

El reclutamiento para la mayoría de los invertebrados marinos es el resultado de tres componentes i) suministro larval, ii) asentamiento y iii) sobrevivencia y crecimiento de los juveniles asentados. El suministro larval corresponde a la densidad de larvas competentes en la vecindad de hábitat apropiado (Cameron & Schroeter 1980, Harrold et al. 1991). Asentamiento implica adherencia a sustratos apropiados y metamorfosis. Luego los juveniles recién asentados deben sobrevivir y crecer lo suficiente para ser detectados y contados como reclutas (Harrold et al. 1991). Debido a que el reclutamiento es a menudo de mayor influencia sobre la distribución espacial de poblaciones de invertebrados bentónicos, es mayormente usado para el estudio de la

dinámica de la población por sobre otros componentes como el suministro larval y el asentamiento.

Por otro lado, aspectos reproductivos de *Mytilus chilensis*, tales como la talla de primera madurez en banco natural son desconocidos, lo que impide estimar el aporte de una determinada cohorte a la producción de nuevos descendientes.

A partir de la caracterización de los bancos propuesta en el objetivo 2, se estimó la abundancia, biomasa y densidad de los tres bancos propuestos en ese objetivo. Para este objetivo se describe la metodología para la estimación de parámetros poblacionales de interés para entender la dinámica de la población.

3.3.2. Metodología

a. Área y periodo de estudio

Muestras mensuales de diferentes parámetros biológicos y condiciones ambientales fueron llevados a cabo en cuatro estaciones del Fiordo Reloncaví (1:Alerce, 2:Los Baños, 3:Relonhué, 4:Rollizo) y en dos estaciones del Estero Piti-Palena (1:Ensenada, 2:Laja), durante 7 a 12 meses dependiendo de las actividades específicas que se detallan más abajo (Fig. 3.1). Una descripción detallada del área de estudio es entregada en el objetivo 2.

b. Variables ambientales

Mensualmente, en cada sitio y durante 12 meses, se recolectaron muestras integradas de agua entre 0-5 y 5-15 m de profundidad usando una manguera de 20 m de largo y de 2.5 cm de diámetro, para la determinación de clorofila *a* (200 ml) y seston total y orgánico (1500 ml) en la columna de agua. Simultáneamente, perfiles de temperatura y salinidad fueron registrados con un perfilador Seabird19. Estos datos fueron procesados usando el software provisto por el fabricante y representados gráficamente usando el entorno de programación R (R Development Core Team 2012).

c. Índice gonádico

Durante 12 meses, en cuatro estaciones del Fiordo Reloncaví (Boca (Alerce), Marimelli (Los Baños), Puelo (Relonhue) y Cochamó (Rollizo)) y en dos estaciones del Estero Piti-Palena (Ensenada las Islas y Laja) se recolectaron mensualmente 30 choritos, en ambos casos entre 50-70 mm de longitud. La longitud de cada ejemplar se registró con un pie de metro de 1 mm de precisión. Además se obtuvo el peso total de la carne y el peso de la gónada con una balanza electrónica de 0,01 gr de precisión.

El índice de gonádico de choritos fue estimado como:

$$IG = \frac{PG}{PT} \times 100$$

donde PT es el peso total de la carne en gramos y PG es el peso total de la gónada.

d. Talla de la primera madurez

Para obtener la talla de primera madurez se recolectaron muestras mensuales de choritos en una estación del fiordo Reloncaví (Alerce). Desde esta estación se obtuvieron mensualmente entre diciembre 2014 y abril 2015, 30 choritos por clase de talla (20-30mm; 30-40 mm; 40-50 mm; 50-60 mm y 60-70 mm) a los que se realizaron análisis histológicos para determinar su estado de madurez. A cada ejemplar se les registró las siguientes medidas: longitud (mm), peso total carne (g), peso gónada (g), color de las gónadas, fecha de muestreo y localidad de procedencia. Las medidas de longitud se registraron con pie de metro de 1 mm de precisión y el peso con una balanza electrónica 0.01 g de precisión.

Los individuos recolectados fueron seleccionados por rango de tallas y depositados en bidones con agua de mar y formalina diluida al 8%. Lo anterior, con la finalidad de que el stress producido por la extracción no induzca el desove y altere la data que se pretende obtener. El procesamiento de las muestras fue realizado en los laboratorios de la Universidad Austral de Chile (UACH).

Con los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología descrita anteriormente, se identificó la proporción de individuos maduros por sexo. La ojiva de madurez para *M. chilensis* fue estimada ajustando una regresión logística, usando Modelos Lineales Generalizados

(McCullagh & Nelder 1989) en el entorno de programación R 3.0.2 (R Development Core Team 2012).

e. Reclutamiento

El reclutamiento puede ser estudiado siguiendo las estructuras de talla de la población, que es una de las metodologías más usadas, a través de la progresión de tallas (Gulland & Rosenberg 1992). Sin embargo, la progresión de tallas presenta restricciones que deben ser evaluadas para relacionar el reclutamiento obtenido de esta manera con la captación de semillas para la mitilicultura.

El reclutamiento fue estudiado instalando sistemas artificiales, constituidos por mallas de red, en la pared rocosa en cuatro sitios en el Fiordo Reloncaví y dos sitio en el Estero PitiPalena. Los sistemas tienen un ancho de 1 m y un largo de 12 m, y fueron instalados perpendicular a la línea de costa, desde la línea de más alta marea hasta 8-10 m de profundidad (dependiendo de la pendiente de la costa), con el objetivo de observar el reclutamiento en todo el rango batimétrico de distribución de los choritos. En cada sitio se instalaron 3 sistemas para el reclutamiento, separados por 100 m de distancia uno de otro (Fig. 3.2). Paralelamente se seleccionaron 3 sitios control, en los que se muestreo el reclutamiento en roca.

En ambos tipos de sustrato se realizaron muestreos mensuales, durante 12 meses. La observación de presencia de semillas se implementó a través de una cámara submarina Garmin montada sobre una pequeña estructura de acero inoxidable de soporte y referencia, la que fue manipulada por un buzo. Este soporte permitió al buzo mantener la cámara a una distancia fija del sustrato (aproximadamente 15 cm del fondo). La base del soporte es un cuadrante de 10x10 cm con escala de graduación de 1 cm a cada lado, lo que permitió una resolución de 5 mm aproximadamente y por lo tanto i) identificar la presencia de semillas y, ii) estimar su cobertura en el gradiente intermareal submareal. Para el registro de la muestra el buzo recorrió una transecta hecha con un cabo graduado metro a metro en cada uno de los tres sistemas artificiales y sobre los controles en la roca.

3.3.3. Resultados

a. Características hidrográficas

Fiordo Reloncaví

Durante 2015 el caudal del río Puelo—principal afluente de agua dulce en el fiordo Reloncaví—registró un caudal medio de $690 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, con valores que fluctuaron entre 164 a $3882 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Fig. 3.3A). Este gran aporte de agua dulce al sistema del fiordo Reloncaví da origen a un sistema altamente estratificado durante todo el año, caracterizado por una pycnoclina de intensidad variable, localizada entre 5-7 m de profundidad, como fue observado en las cuatro estaciones de monitoreo mensual ubicadas a lo largo del fiordo (Fig. 3.3).

La evolución mensual de la temperatura y la salinidad mostraron la existencia de un marcado gradiente en las condiciones hidrográficas a lo largo del fiordo (Fig. 3.3 C,E,G,I). En la estación 1 (Alerce) localizada en la desembocadura del fiordo (Fig. 3.3 C), la estratificación térmica observada durante verano fue más débil a la observada en las estaciones 2 (Los Baños; Fig. 3.3 E) y 3 (Relonhue; Fig. 3.3 G) ubicadas hacia el interior del fiordo, siendo máxima en la estación 4 (Rollizo; Fig. 3.3 I) localizada en la cabecera de este. En invierno se observó un proceso de inversión térmica caracterizado por temperaturas más bajas en superficie, asociadas principalmente al aporte de agua dulce proveniente de los ríos. Respecto a los cambios de salinidad, la columna de agua presentó una fuerte estratificación halina a lo largo de todo el fiordo durante todo el periodo de estudio (Fig. 3.3 D,F,H,J). Las variaciones de salinidad, al igual que el caso de la temperatura donde un gradiente a lo largo del fiordo fue claramente evidenciado, mostraron un aumento de la estratificación halina hacia el interior del fiordo, la cual se vio intensificado en las estaciones localizadas cerca de las desembocaduras de los ríos Puelo (Los Baños; Fig. 3.3 F) y Petrohue (Rollizo, Fig. 3.3 J).

Fiordo Pitipalena

Durante 2015 el caudal del río Palena—principal afluente de agua dulce en el fiordo Pitipalena—registró un caudal medio de $800 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, con valores que fluctuaron entre 216 a $5405 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Fig. 3.4A). De esta forma, al igual que en el caso del fiordo Reloncaví, el gran aporte de agua dulce que genera el río Palena genera un sistema altamente estratificado durante todo el año (Fig. 3.4).

La evolución temporal de la distribución de temperatura y salinidad en las dos estaciones de monitoreo mensual localizadas al interior del fiordo Pitipalena (Ensenada y Laja), evidenciaron una estructura vertical fuertemente estratificada durante todo el periodo de estudio, con presencia de una pycnoclina de intensidad variable localizada entre 5-10 m de profundidad (Fig. 3.4). La temperatura superficial mostró una marcada estacionalidad al interior del fiordo, mientras la distribución vertical evidenció la presencia de una columna de agua fuertemente estratificada durante verano (enero-marzo) y cuasi homotermal en otoño (Fig. 3.4 C,E). Respecto a la salinidad, ambos sectores mostraron una fuerte estratificación halina, la cual se vio intensificada en invierno debido al aumento en el aporte de agua dulce por parte del río Palena (Fig. 3.4 D,F).

b. Variaciones en la concentración de clorofila *a* y seston

Fiordo Reloncaví

La oferta de alimento disponible evaluada a través de la determinación de clorofila *a* (chl *a*) y seston (total y orgánico), mostró una variabilidad espacial (a lo largo del fiordo), como temporal en el fiordo Reloncaví (Fig. 3.5).

La concentración de chl *a*, no mostró diferencias significativas entre los dos estratos muestreados (0-5m y 5-15 m) al interior del fiordo, lo que sugiere una distribución vertical bastante homogénea de esta variable, a pesar de la marcada estratificación termo-halina que domina este sistema. Si embargo, si fue claramente observado—principalmente en las estaciones localizadas hacia la boca de estuario—un patrón temporal caracterizado por dos máximos anuales (el primero en otoño y el segundo en primavera), con concentraciones cercanas a $6 \mu\text{g chl } a \text{ L}^{-1}$ (Fig. 3.5 J). Este patrón se debilita hacia las estaciones ubicadas al interior del fiordo (Fig. 3.5 D,G), con menores valores en la estación de Rollizo en la cabecera del fiordo (Fig. 3.5A). Respecto a la concentración de seston total, en todas las estaciones se observó un patrón de distribución temporal dominado por un aumento significativo de esta variable durante los meses de invierno, con concentraciones cercanas a 12 mg L^{-1} , asociado probablemente al incremento en las descargas de los ríos (y material particulado) existentes al interior del fiordo Reloncaví (Fig. 3.5 B,E,H,L). Sin embargo, el patrón de distribución temporal observado para el seston orgánico fue diferente (Fig. C,F,I,L), con concentraciones de seston en torno a $2\text{-}3 \text{ mg L}^{-1}$ durante todo el

periodo de muestreo. No se observaron diferencias significativas en la concentraciones de seston orgánico entre el estrato 0-5 m y el estrato 5-15 m.

Fiordo Pitipalena

Similar a lo observado en el fiordo Reloncaví, la oferta de alimento disponible evaluada a través de la determinación chl *a* y seston mostró variabilidad espacial y temporal al interior del fiordo Pitipalena (Fig. 3.6).

La concentración de chl *a*, mostró escasas diferencias entre el estrato 0-5m y el estrato 5-15 m. En los dos sectores muestreados—Ensenada y Laja—el patrón de distribución temporal fue dominado por un máximo en verano, con valores en torno a 10-12 $\mu\text{g chl } a \text{ L}^{-1}$ y un segundo máximo en primavera, aunque este último con concentraciones que no superaron las 6 $\mu\text{g chl } a \text{ L}^{-1}$. (Fig. 3.6 A,D). Respecto a la concentración de seston total, en las dos estaciones de muestreo los valores máximos ($\sim 10 \text{ mg L}^{-1}$) fueron registrados en verano (Fig. 3.6 B,E). Mayor variabilidad en la concentración de seston total fue registrada en la estación de Ensenada, probablemente asociado a la mayor cercanía con la desembocadura del río Palena, por ende mayor aporte de material particulado, respecto a la estación Laja (Fig. 3.5 B,E,H,L). La evolución temporal en la concentración de seston orgánico, mostró un patrón muy similar al observado para el seston total (Fig. 3.6 C,F). Las concentraciones de seston orgánico mostraron valores más altos ($\sim 6 \text{ mg L}^{-1}$) y mayor variabilidad en Ensenada (Fig. 3.6 C).

c. Índice gonádico

Fiordo Reloncaví

El índice gonádico (IG) en Fiordo Reloncaví presentó alta variabilidad (particularmente en peso húmedo, lo que limita la observación de patrones definidos (Fig. 3.7). El índice gonádico de los choritos en el intermareal y submareal se presenta diferente en la boca del estuario y hacia la cabecera de este, donde ambas líneas prácticamente se superponen. Esto puede estar influenciado por la profundidad de la picnoclina (más profunda hacia la cabecera del estuario) que ofrece un hábitat más “homogéneo” para los choritos. El patrón del IG (más claramente observado en el peso seco de la gónada) muestra que este disminuye hasta aproximadamente julio

– agosto, aumentando desde septiembre a noviembre. Las disminuciones del IG desde diciembre a febrero podrían dar cuenta del periodo de desove de los organismos.

Fiordo Pitipalena

En esta zona el IG de los choritos en el intermareal y submareal fue similar (destacando la escasez de muestra de choritos desde el submareal). En esta zona el IG mostró valores más bajos en la temporada enero – abril de 2015, aumentando hasta mayo. Luego se observó una disminución del IG hasta agosto. En noviembre y diciembre se observó una disminución que puede ser asociada a un desove (Fig. 3.8).

d. Talla a primera madurez

La madurez observada para los rangos de tamaño de todos los choritos muestreados (sexados como machos, hembras y aquellos individuos sin sexo definido), muestra que una alta proporción de choritos maduró en enero, incluyendo todas las tallas muestreadas (Fig. 3.9), principalmente en los meses de diciembre, enero y marzo. También se evidencia que a tallas >50 mm se observa alta frecuencia de intergametogénesis (posdesove).

Choritos hembras maduros se observan desde el rango 20-30 mm, aunque hembras en desove sólo se observaron a partir del rango 30-40 mm. La mayor proporción de hembras maduras se observó en los rangos 40 a 70 mm en los meses de diciembre y enero (Fig. 3.10).

Por otro lado, los choritos machos, con mayor proporción de estados maduros entre 20 y 50 mm en el mes de diciembre, enero y marzo. Una pequeña fracción de machos se observaron en estado de desove en el rango 20-30 mm, el que aumentó hacia tallas mayores. Alrededor de 50% de los machos entre 60-70 mm se mantuvo en intergametogénesis durante todo el periodo de muestreo (Fig. 3.11).

La variación de los estados de madurez y su relación con el IG por rango de tallas fue consistente y se observó que mayores valores de IG coincidieron con las mayores proporciones de choritos maduros, mientras que los choritos en desove mostraron menor IG (Fig. 3.12). Se destaca la variabilidad del estado de madurez para cada mes en los distintos rangos de talla, lo que podría explicar el amplio rango de variación observado en los IG observados de manera global en el punto 3.3.3.

Los parámetros estimados para la a ojiva de madurez, tanto para hembras como para machos, se muestran en la tabla 3.1. La primera madurez en machos se produciría en 21.6 mm, mientras que en hembras la primera madurez se produciría en alrededor de 40 mm (Fig. 3.13). Sin embargo, se debe mencionar que tal como se aprecia en la figura, el ejemplar más pequeño para el sexo hembra midió 26 mm por lo que existiría un sesgo para comparar la primera madurez con machos. Desde nuestros resultados, la talla de primera madurez conjunta sería de alrededor de 36 mm (Fig. 3.13C).

e. Reclutamiento

Fiordo Reloncaví

La metodología utilizada permitió detectar la presencia de semillas tanto en los sistemas elaborados con malla como en la roca, observándose que en la roca (Fig. 3.14) fue más frecuente la presencia que en la malla (Fig. 3.15). Lamentablemente la diferenciación de especies (principalmente cholga y chorito presentes en el estuario) no fue posible usando sólo los registros audiovisuales. Además, en algunos meses la cámara presentó fallas lo que resultó en la pérdida de algunos videos para uno u otro sustrato. En la zona Boca y Marimelli se observaron registros de presencia de semillas—tanto en malla como en roca—en casi todo rango batimétrico estudiado en los primeros meses (exceptuando los primeros dos metros) (Fig. 3.14A,B y Fig. 3.15A, B). Hacia la cabecera la presencia de semillas fue más heterogénea (Fig. 3.14C, D y Fig. 3.15C, D).

Por otro lado, la cobertura de semillas en malla fue muy heterogénea y caracterizada por mayor cobertura (cobertura/10 cm) en la estación de Boca y valores de hasta 33% hacia la cabecera (Fig. 3.16). En general, la cobertura de semillas en roca fue mayor, lo que debe ser observado con cuidado ya que persistieron restricciones metodológicas en el diseño que sólo permiten concluir que durante la temporada 2015 se registró reclutamiento de mitílidos en las 4 zonas estudiadas en una variable magnitud.

Fiordo Pitipalena

En estero Piti-Palena no se registró reclutamiento de choritos en la malla ni en la roca, durante todo el periodo de estudio.

3.3.4. Discusión

Coincidente con lo descrito por Viviani (1979), *Mytilus chilensis* se presentó en estrechos “cinturones” entre el intermareal y submareal de los fiordos muestreados, en un hábitat caracterizado por la presencia de un fuerte gradiente de salinidad. Se ha descrito que también es abundante en la desembocadura de cursos de agua dulce donde forma extensas cubiertas como fue observado en la marisma de Yaldad, cuya bahía fue uno de los principales semilleros durante la década del '80 en el inicio de la mitilicultura en Chiloé. En el intermareal, *M. chilensis* puede soportar variaciones de temperatura ambiental entre 0 y 30 °C, mientras en la columna de agua la temperatura varía entre 12 y 26 °C (Buschbaum et al. 2009). En tal sentido el gradiente de salinidad debe jugar un rol importante en la estructura de la comunidad de los fiordos y para *M. chilensis*.

Los bancos de *M. chilensis* están confinados a un estrecho hábitat que limita con restricciones físico-químicas (gradiente salino y desecación, entre otros) hacia la parte superior y con restricciones que podrían estar dadas por la competencia y depredación hacia la parte inferior de su distribución (sugerido por Molinet et al. 2015, pero sin evidencia científica a la fecha). Este hábitat que ocupa *M. chilensis* es un ambiente con alta frecuencia de perturbaciones, ya que además de la variación mareal se ve afectado por variaciones de salinidad asociadas a las descargas de los afluentes (Buschbaum et al. 2009, Molinet et al. 2015). Lo anterior configura un escenario de hábitat más bien limitado para los bancos naturales de *M. chilensis*, lo que contrasta con su éxito de reclutamiento y su crecimiento en sustratos artificiales sobre sistemas suspendidos (Buzeta et al. 1988).

Bajo el cinturón de choritos observados en los fiordos patagónicos se observa un cinturón de cholga, especie que parece competir por el mismo tipo de sustrato que *M. chilensis*. Aunque Lorenzen et al. (1979) describen a *A. atra* como eurioica, lo observado por Molinet et al. (2015) sugiere que su distribución está limitada hacia la superficie probablemente por efecto de la baja salinidad. Esta situación se repetiría para especies de Equinodermata (estrellas de mar y erizos principalmente). Aunque poco considerada en la mayor parte de los estudios de bancos naturales de *M. chilensis*, la estructura de su comunidad asociada en sistemas rocosos y sus interacciones han sido descritas y discutidas en la literatura científica (Connell 1961, Paine 1974, Reusch & Chapman 1997, Hunt & Scheibling 2001) y sugieren la presencia de competencia intra e

interespecifica entre organismos que se adhieren al sustrato y depredación, por ejemplo por organismos del grupo Equinodermata.

Los resultados de madurez reproductiva indican que los choritos machos maduran a menor tamaño (L50 = 22 mm) que las hembras (L50 = 40 mm), lo que implicaría que los machos pueden madurar 1 año antes que las hembras.

La alta variabilidad en el índice gonadosomático puede ser explicada debido a que hembras de mayor tamaño tienden a madurar más temprano en primavera, mientras que hembras de menor tamaño maduran durante los meses de verano, lo que se puede apreciar a través del seguimiento de los cortes histológicos a la talla. De esta forma el índice gonadosomático puede ser un buen predictor del desove, pero diferenciado por rangos de talla. En este sentido se ha descrito que hembras de *M. chilensis* pueden desovar entre 2 y un poco más de 4 millones de ovocitos (Lagos et al. 2012), aunque no se registró una relación entre talla y número de ovocitos. Esto último podría ser una buena información para proyectar la contribución por rangos de tamaño.

En cuanto a los machos, llamó la atención que individuos mayores que 50 mm de longitud presentaran menor frecuencia de madurez histológica (incluso choritos macho >60 mm presentaron menor frecuencia de madurez). Esto coincide con resultados obtenidos por Arriagada (2015), quien observó baja frecuencia de ejemplares >60 mm en estado de madurez y en contraste observó alta frecuencia de choritos machos > 60 mm en estado de intergametogénesis. Estos resultados sugieren que choritos machos mayores que 60 mm podrían estar contribuyendo poco a la reproducción para la población, lo que debería ser estudiado en mayor profundidad.

Sólo fue posible observar reclutamiento en bancos del fiordo Reloncaví, mientras que en el Estero Piti-Palena no se registraron reclutas. Sin embargo, la densidad de los reclutas fue disminuyendo a través del estudio. En este sentido, si bien es necesario hacer ajustes metodológicos para la recolección de muestras, la implementación de estaciones de monitoreo para el reclutamiento de mitílidos es factible y deseable de realizar. En este sentido se propone que el seguimiento de AMERBs que incluyan entre sus especies objetivo a *M. chilensis* y la captación de semillas implementen un monitoreo de reclutamiento con un diseño adhoc.

3.3.5. Conclusiones

Mytilus chilensis fue observado en ambientes de transición salina predominando entre el intermareal y submareal con alto aporte de aguas de río. Esto es coincidente con lo descrito por otros autores y restringe a *M. chilensis* a un franja de 5 a 15 m de ancho (promedio) en la costa de los fiordos.

La variabilidad en la oferta de alimento se ve reflejada en el estado de condición y en el índice gonadosomático, particularmente la oferta de clorofila *a*.

La madurez primera madurez reproductiva (L50) de *M. chilensis* se alcanza a 22 mm en machos y a 40 mm en hembras, aunque machos mayores a 50 mm maduraron en menor frecuencia que machos más pequeños.

El índice gonadosomático puede ser un buen indicador del estado de madurez y desove de *M. chilensis*, aunque se recomienda que este indicador se construya por rangos de talla y por sexo (clasificación a ojo) lo que se puede transferir con relativa facilidad a los productores para la instalación de colectores. A la vez se debe considerar que hembras más grandes producirán mayor cantidad de huevos.

El reclutamiento de *M. chilensis* y otra especies de mitílidos puede ser fácilmente monitoreado en el fiordo Reloncaví y en otros fiordos, lo que puede ser incorporado en los seguimientos de AMERBs. En este sentido, nosotros ensayamos una metodología de grabación de el perfil batimétrico en el que se distribuyen las especies de mitílidos en los fiordos, metodología que debe ser mejor ajustada. Una vez ajustada la metodología esta puede ser transferida a consultoras y/o usuarios directos para su implementación.

3.3.6. Tablas

Tabla 3.1. Resultados modelo logístico para la estimación de talla media de madurez de *M. chilensis* desde muestras recolectadas en el Fiordo Reloncaví.

Parámetro estimado	Ambos sexos	Hembras	Machos
B0	-2.73	-3.621	-0.951
B1	0.075	0.091	0.044
L50	36.51	39.69	21.66
n	699	279	342

3.3.7. Figuras

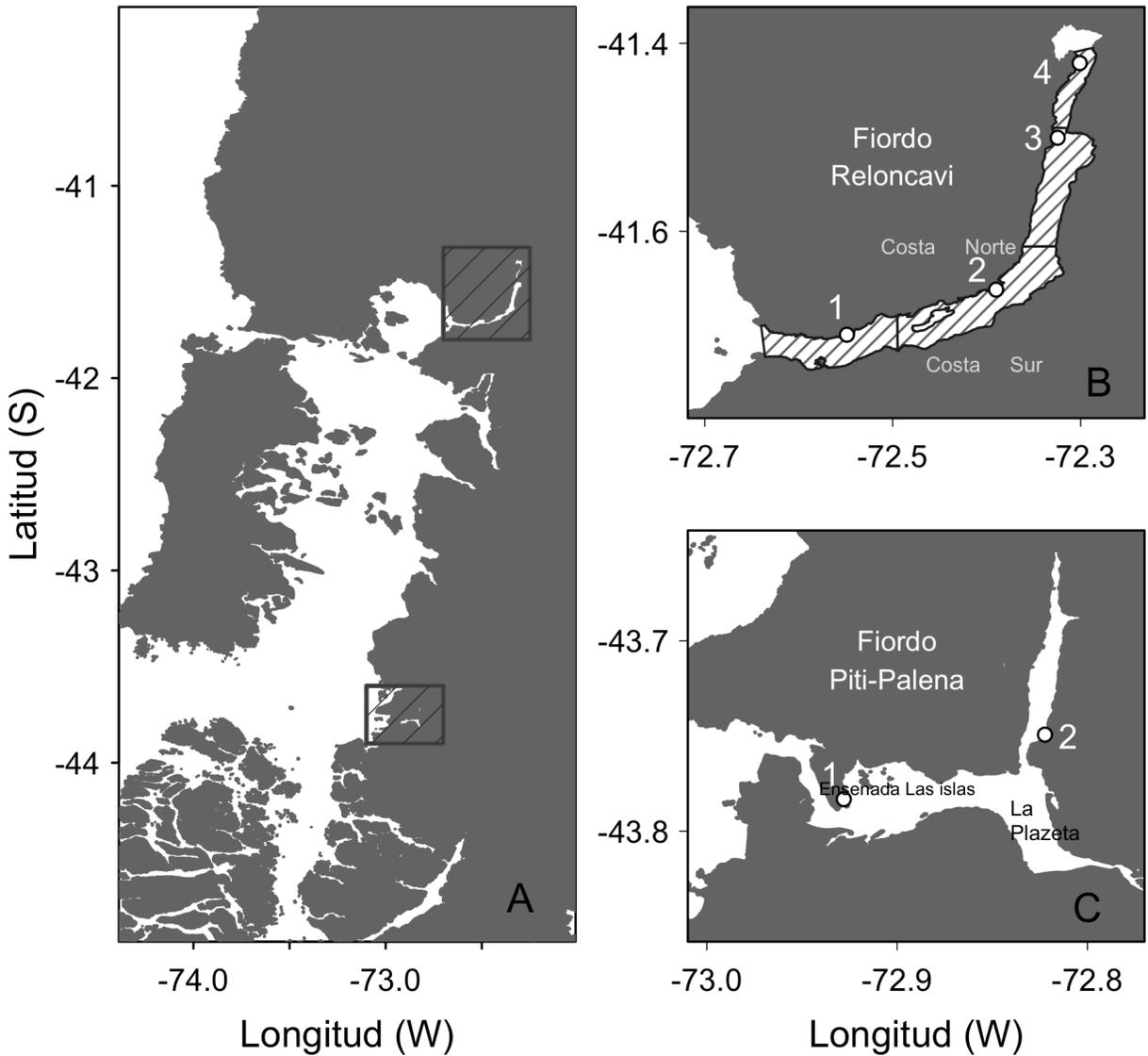


Figura 3.1. A) Area de estudio mostrando las dos zonas de estudio (rectángulos) donde se llevaron a cabo seguimientos mensuales de variables biológicas y ambientales; B) Fiordo Reloncaví mostrando las cuatro estaciones de muestreo: (1:Alerce, 2:Los Baños, 3:Relonhue 4:Rollizo); C) Fiordo Piti-palena mostrando las dos estaciones de muestreo (1:Ensenada, 2:Laja).

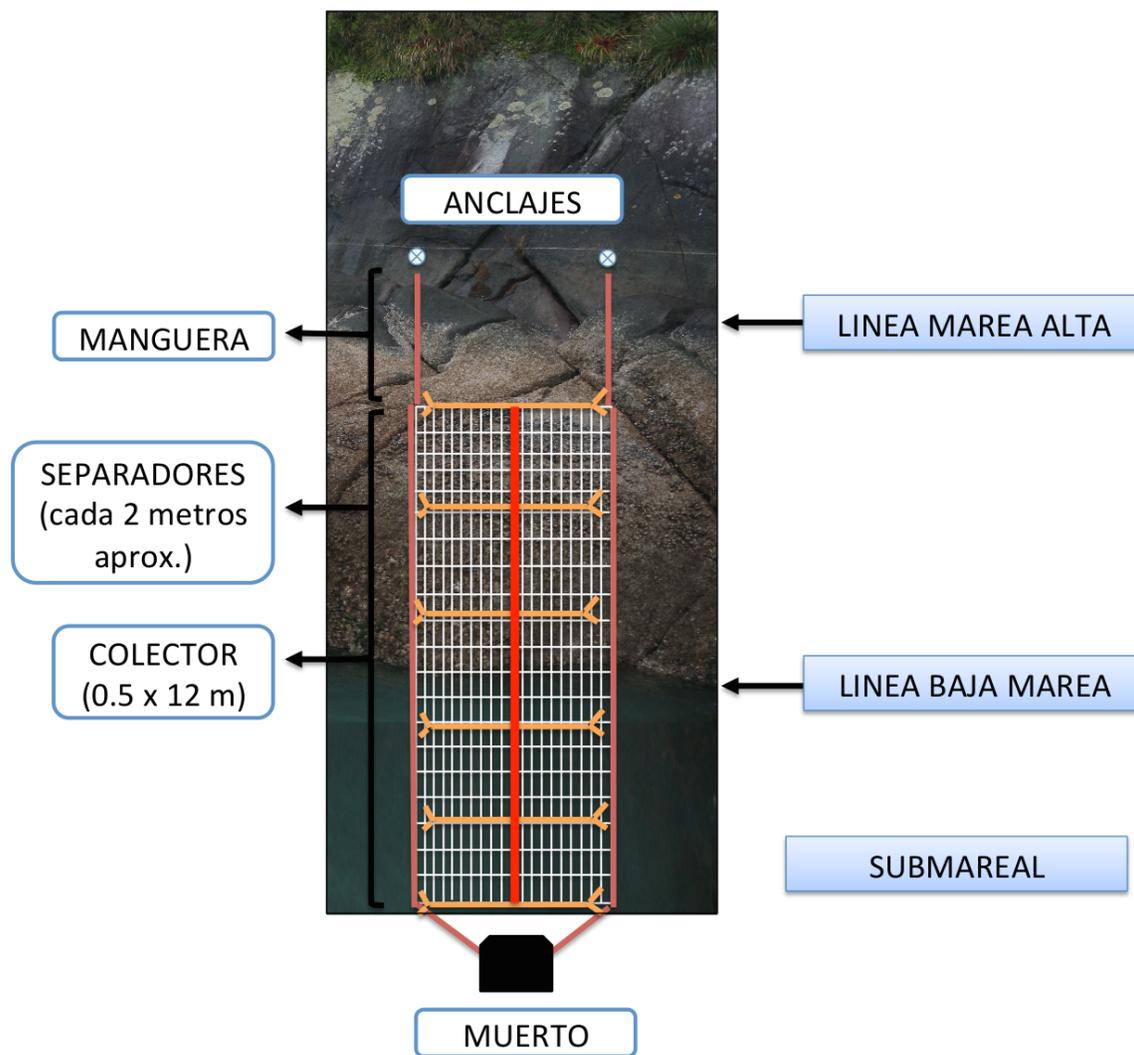


Figura 3.2. Esquema grafico de los colectores artificiales instalados en los fiordos Reloncaví y Piti-Palena.

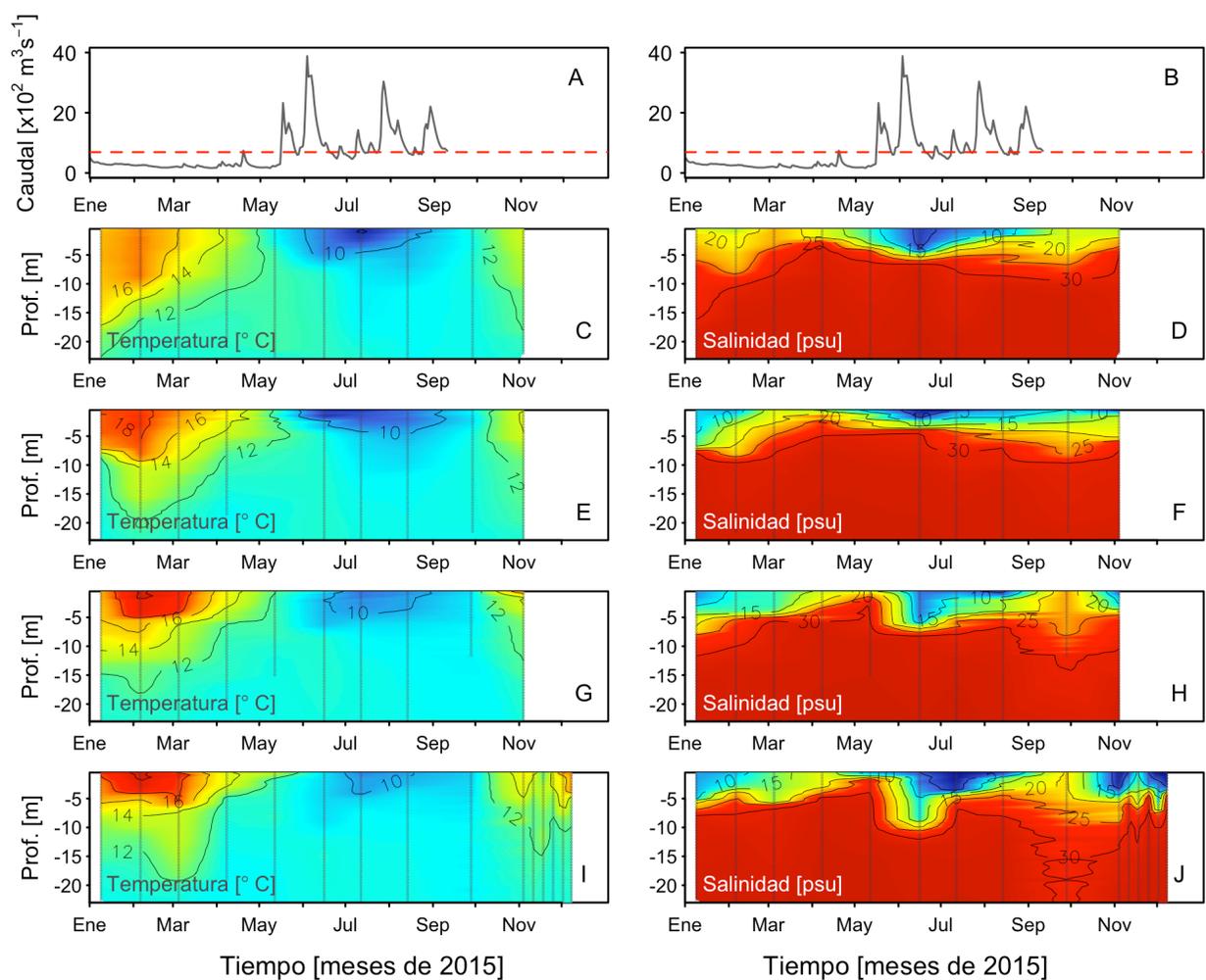


Figura 3.3. AB) Evolución temporal del caudal medio diario registrado en el río Puelo durante 2015. Evolución temporal de la temperatura y salinidad de la columna de agua entre enero y diciembre de 2015 en cuatro estaciones del fiordo Reloncaví: CD) Alerce, EF) Baños, GH) Relonhue, IJ) Rollizo. La línea punteada (roja) en los paneles superiores muestra el caudal medio anual ($690 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$).

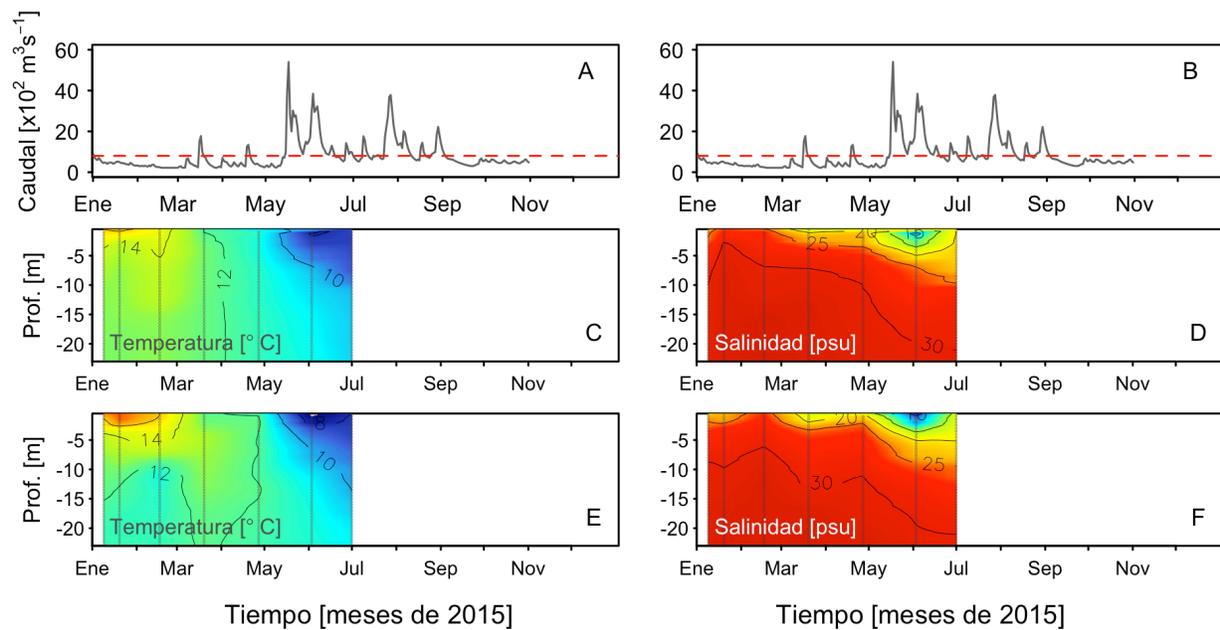


Figura 3.4. AB) Evolución temporal del caudal medio diario registrado en el río Palena durante 2015. Evolución temporal de la temperatura y salinidad de la columna de agua entre enero y julio de 2015 en dos estaciones del fiordo Pitipalena: CD) Ensenada, EF) Laja. La línea punteada (roja) en los paneles superiores muestra el caudal medio anual ($800 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$).

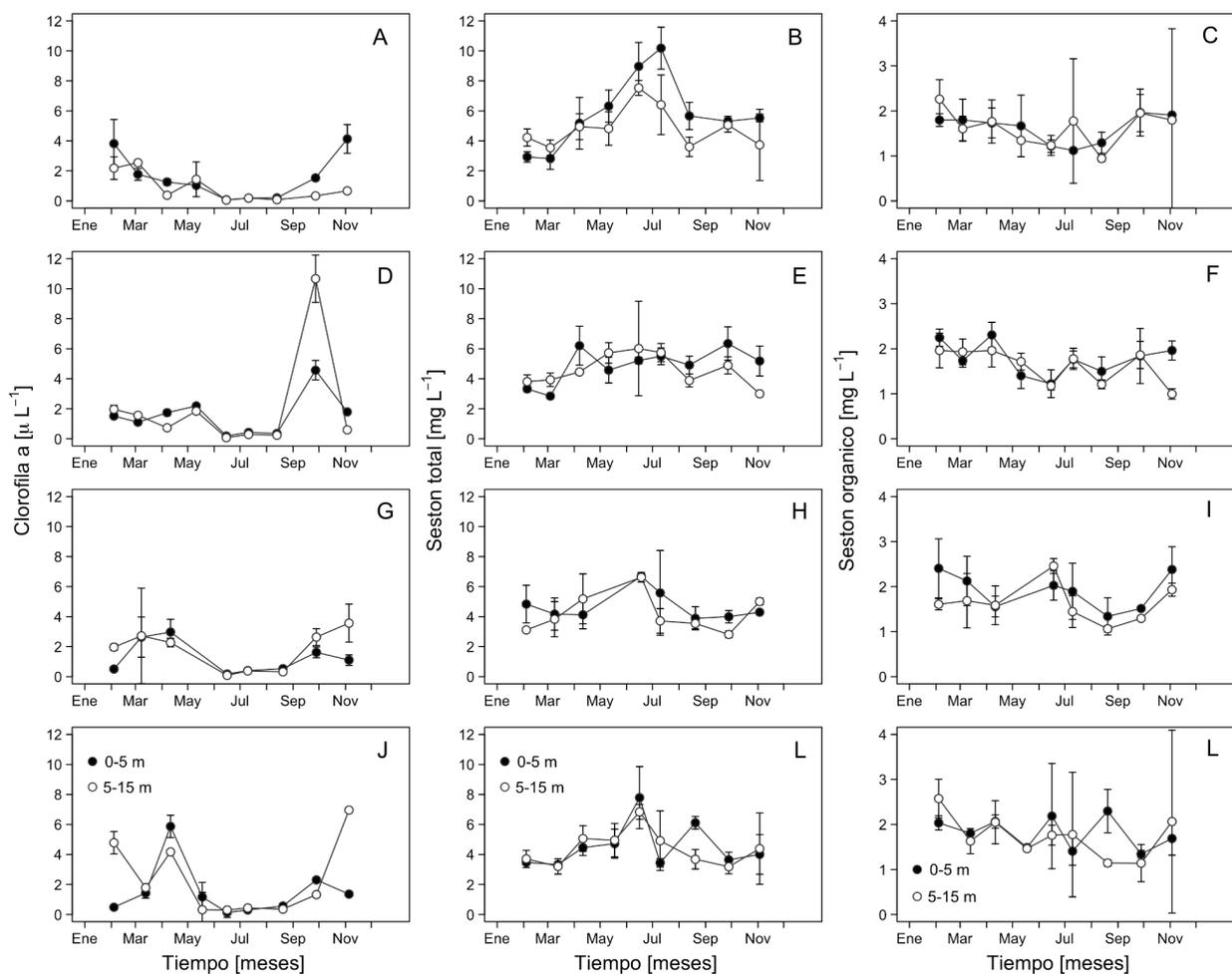


Figura 3.5. Evolución temporal de la concentración promedio de clorofila *a* (panel izquierdo), seston total (panel central) y seston organico (panel derecho) registrado entre enero y noviembre de 2015 en cuatro estaciones del fiordo Reloncaví: A-C) Rollizo; D-F) Relonhue; G-I) Los Baños; J-L) Alerce. Las barras de error muestran la desviación estándar.

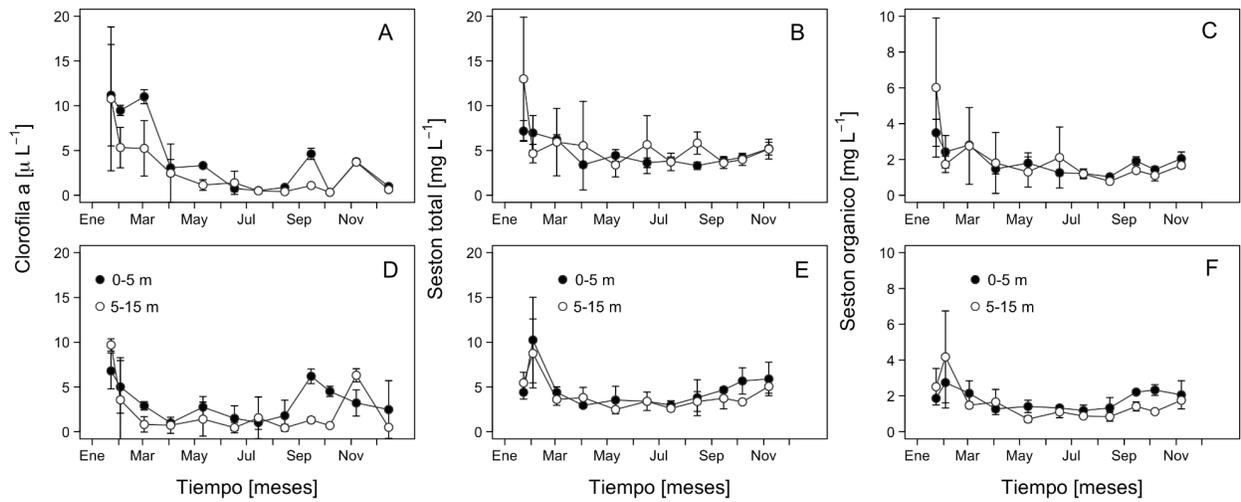


Figura 3.6. Evolución temporal de la concentración promedio de clorofila *a* (panel izquierdo), seston total (panel central) y seston organico (panel derecho) registrado entre enero y diciembre de 2015 en dos estaciones del fiordo Pitipalena: A-C) Ensenada; D-F) Laja. Las barras de error muestran la desviación estándar.

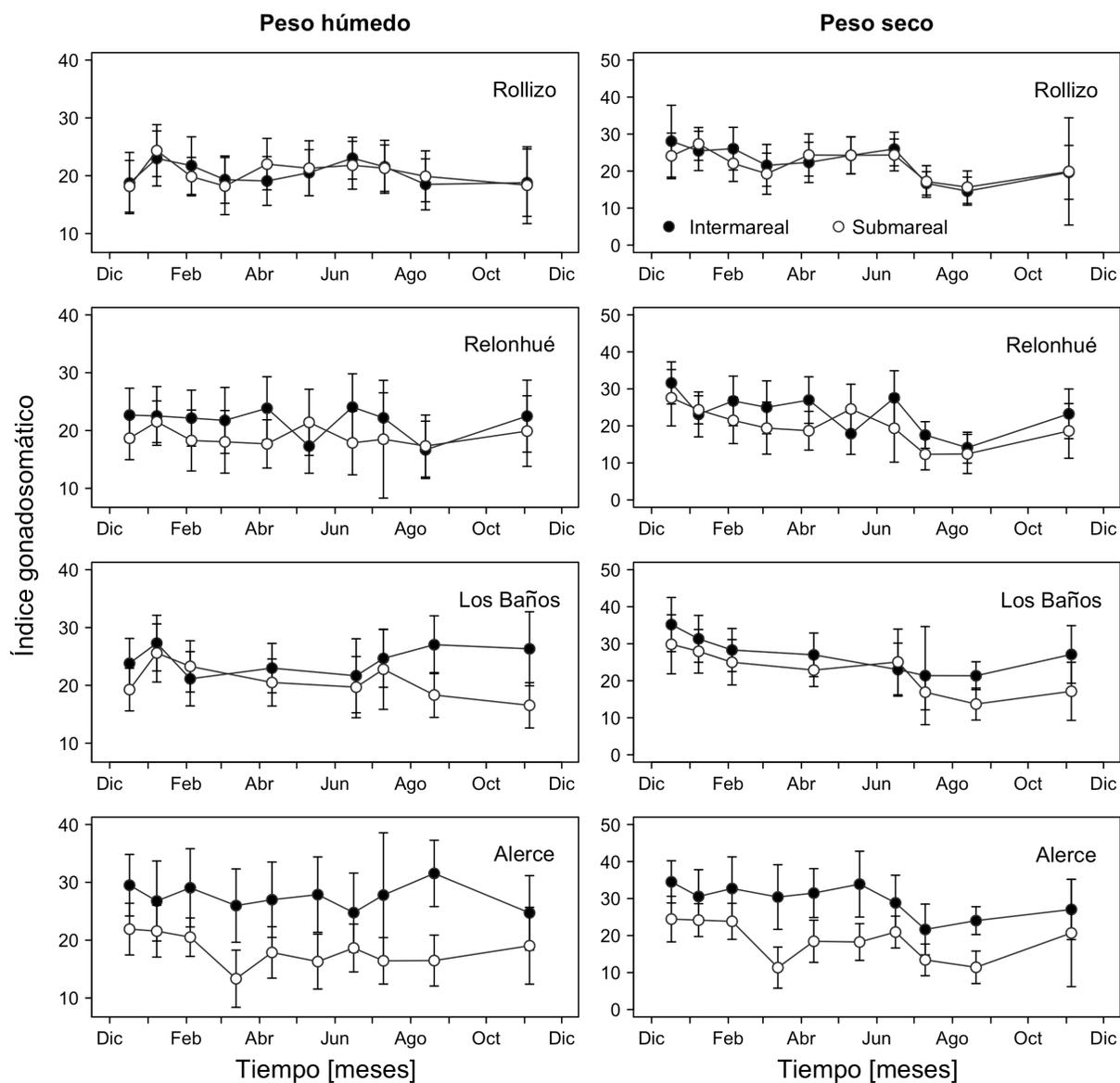


Figura 3.7. Índice gonadosómico (IG) promedio en *Mytilus chilensis* registrado mensualmente entre diciembre de 2014 y noviembre de 2015 en dos estratos (intermareal y submareal) y cuatro sectores (Rollizo, Relonhué, Los Baños y Alerce) del fiordo Reloncaví. Barras de error muestran la desviación estándar. *Panel izquierdo:* IC en base a peso húmedo. *Panel izquierdo:* IC en base a peso seco.

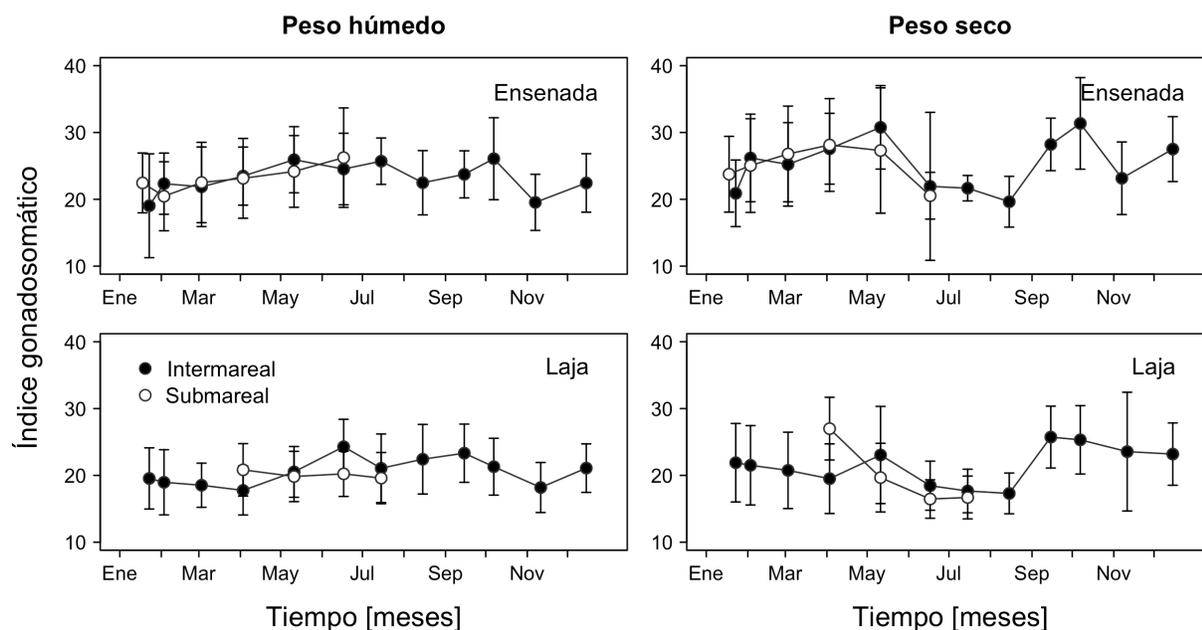


Figura 3.8. Índice gonadosómico (IG) promedio en *Mytilus chilensis* registrado mensualmente entre enero y diciembre de 2015 en dos estratos (intermareal y submareal) y dos sectores (Ensenada y Laja) del fiordo Pitipalena. Barras de error muestran la desviación estándar. *Panel izquierdo:* IC en base a peso húmedo. *Panel izquierdo:* IC en base a peso seco.

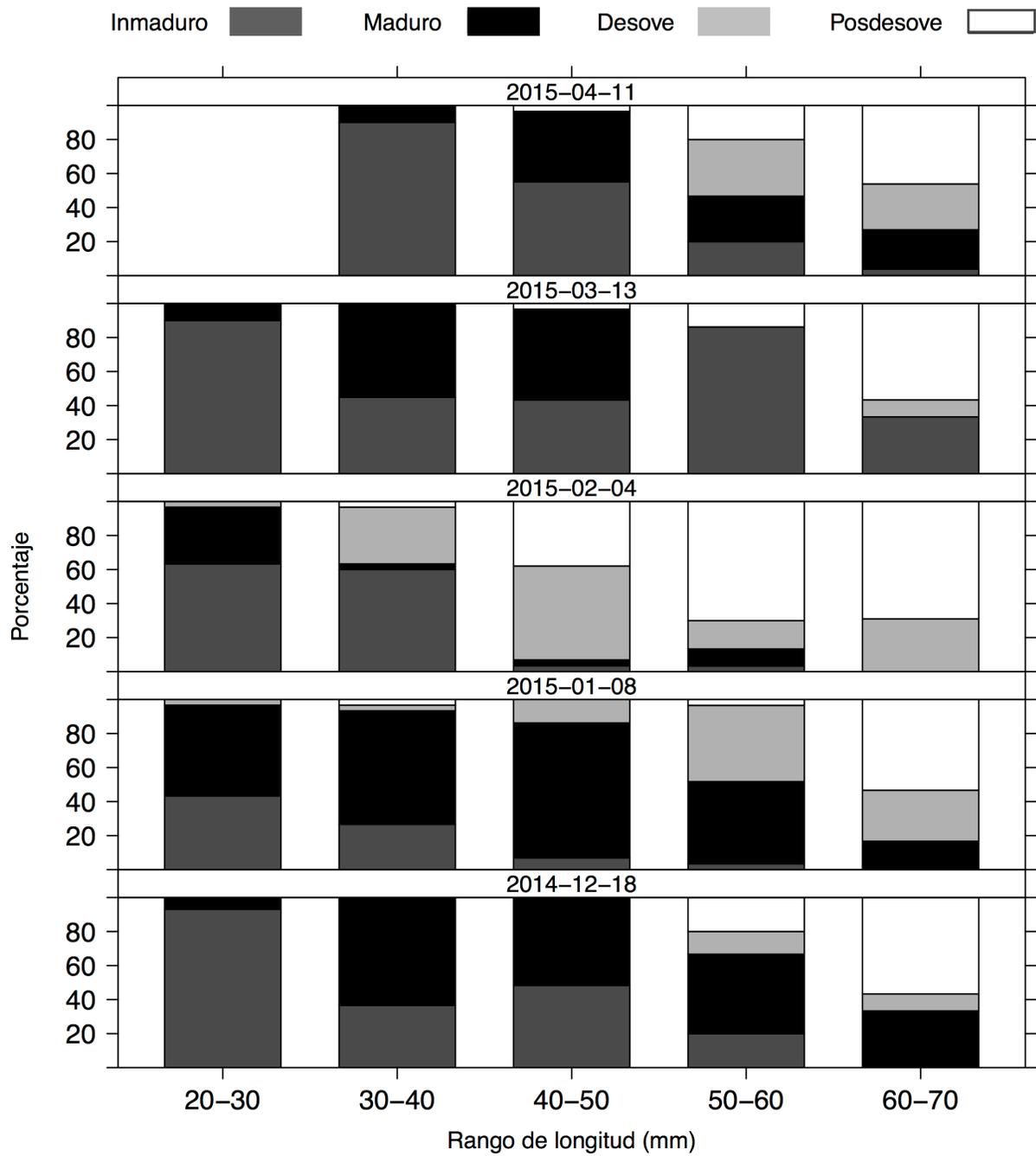


Figura 3.9. Relación porcentual del estado de madurez gonadal en individuos machos y hembras de *Mytilus chilensis* separados por rangos de talla, registrado entre diciembre de 2014 y abril de 2015 en la estación Alerce del del fiordo Reloncaví.

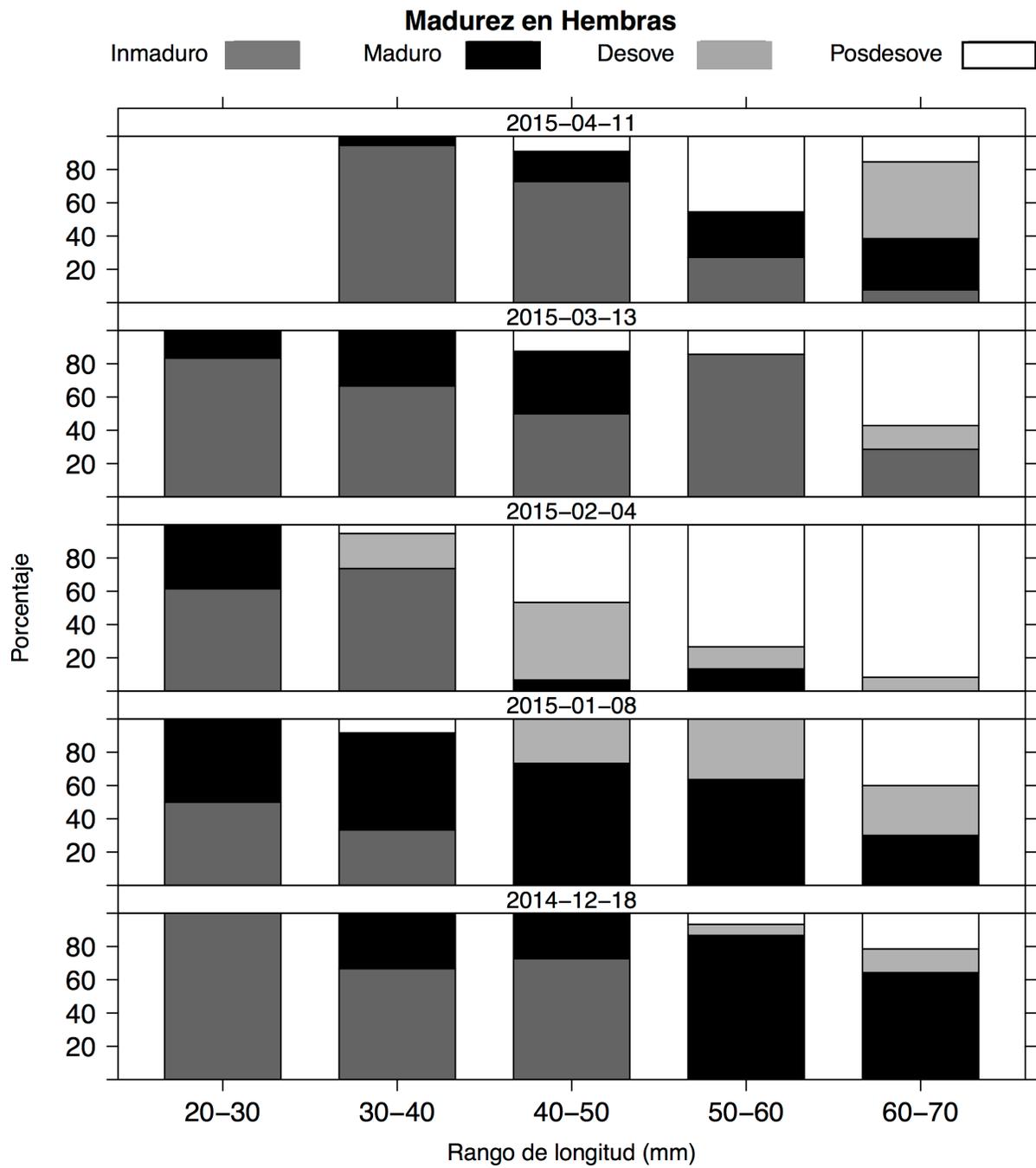


Figura 3.10. Relación porcentual del estado de madurez gonadal en individuos hembras de *Mytilus chilensis* separados por rangos de talla, registrado entre diciembre de 2014 y abril de 2015 en la estación Alerce del del fiordo Reloncaví.

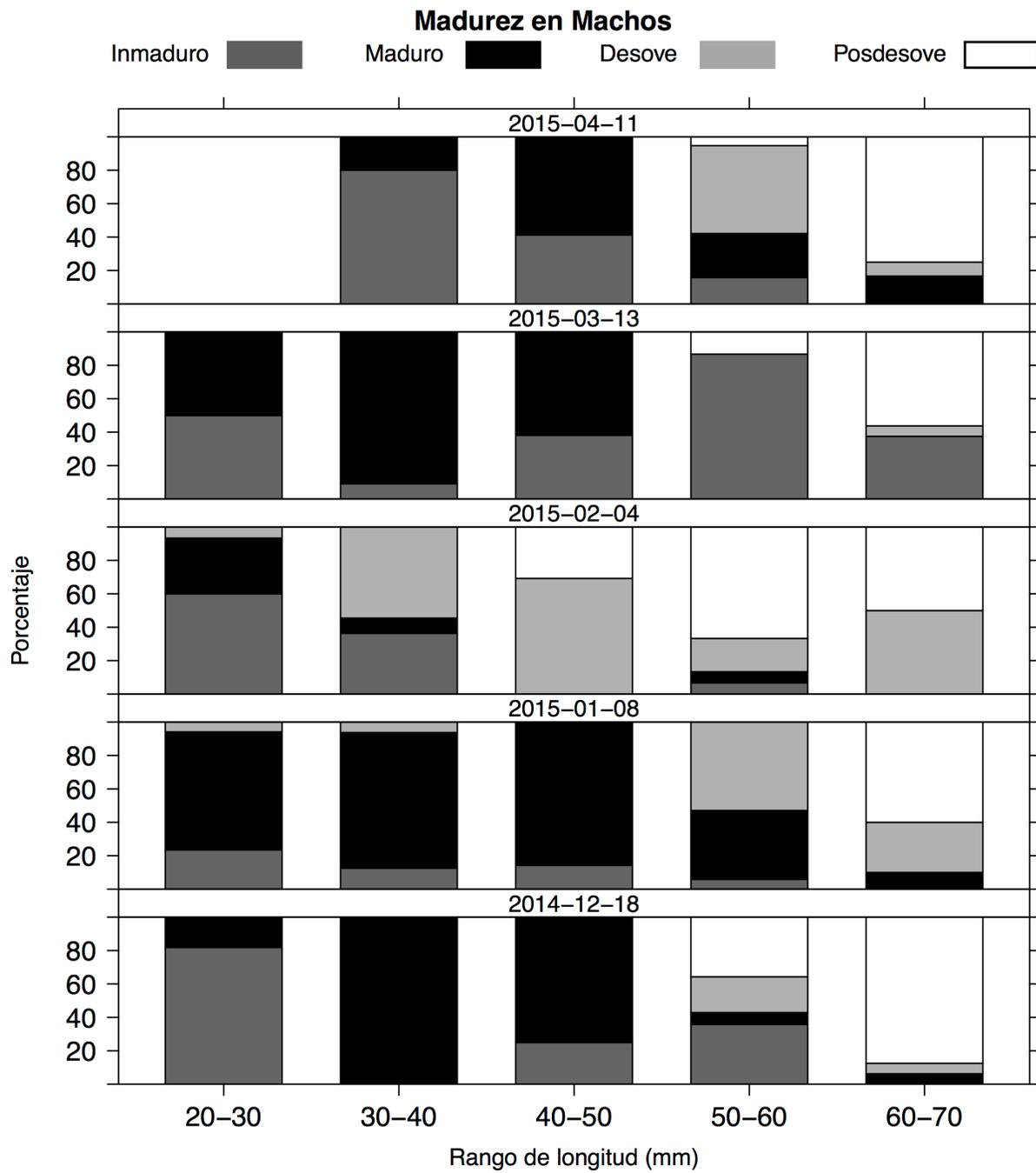


Figura 3.11. Relación porcentual del estado de madurez gonadal en individuos machos de *Mytilus chilensis* separados por rangos de talla, registrado entre diciembre de 2014 y abril de 2015 en la estación Alerce del del fiordo Reloncaví.

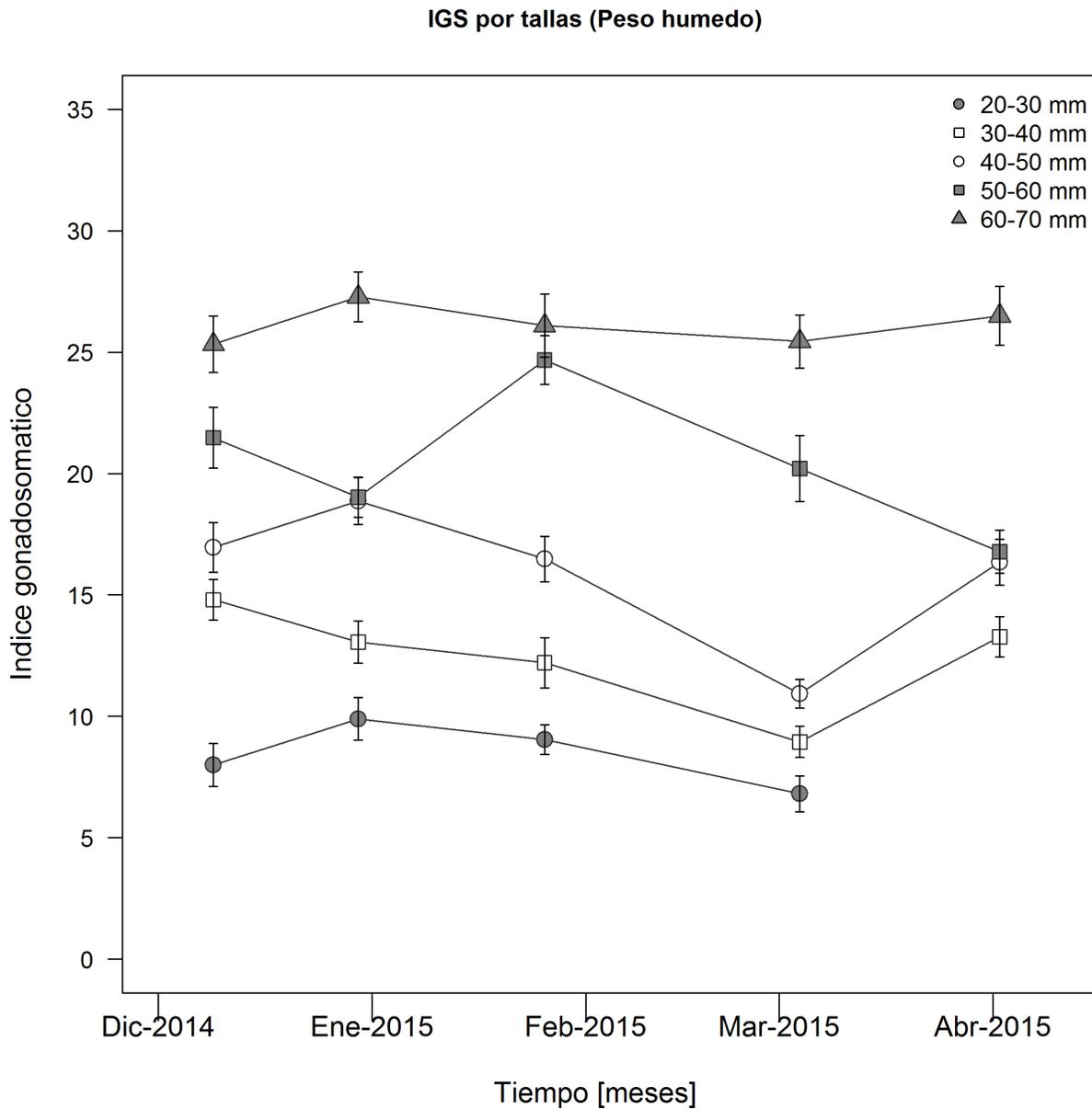


Figura 3.12. Evolución temporal del índice gonádico promedio por clases de tallas registrada entre diciembre de 2014 y abril de 2015 en la estación Alerce. Las barras de error muestran el error estándar.

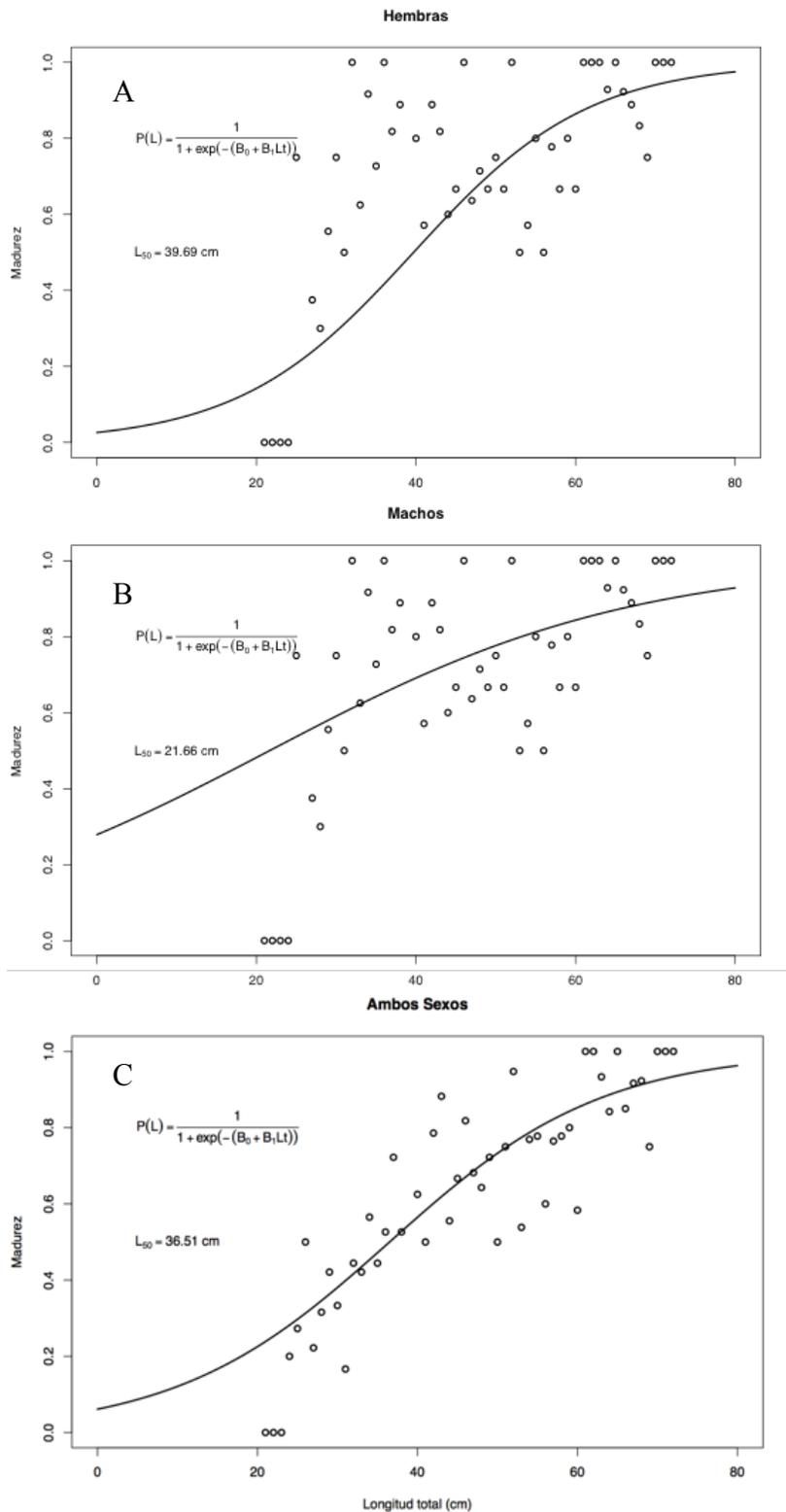


Figura 3.13. Ojiva de madurez para choritos *M. chilensis* recolectados en el fiordo Reloncaví. A) Ojiva para hembras; B) Ojiva para machos; C) Ojiva compuesta para ambos sexos.

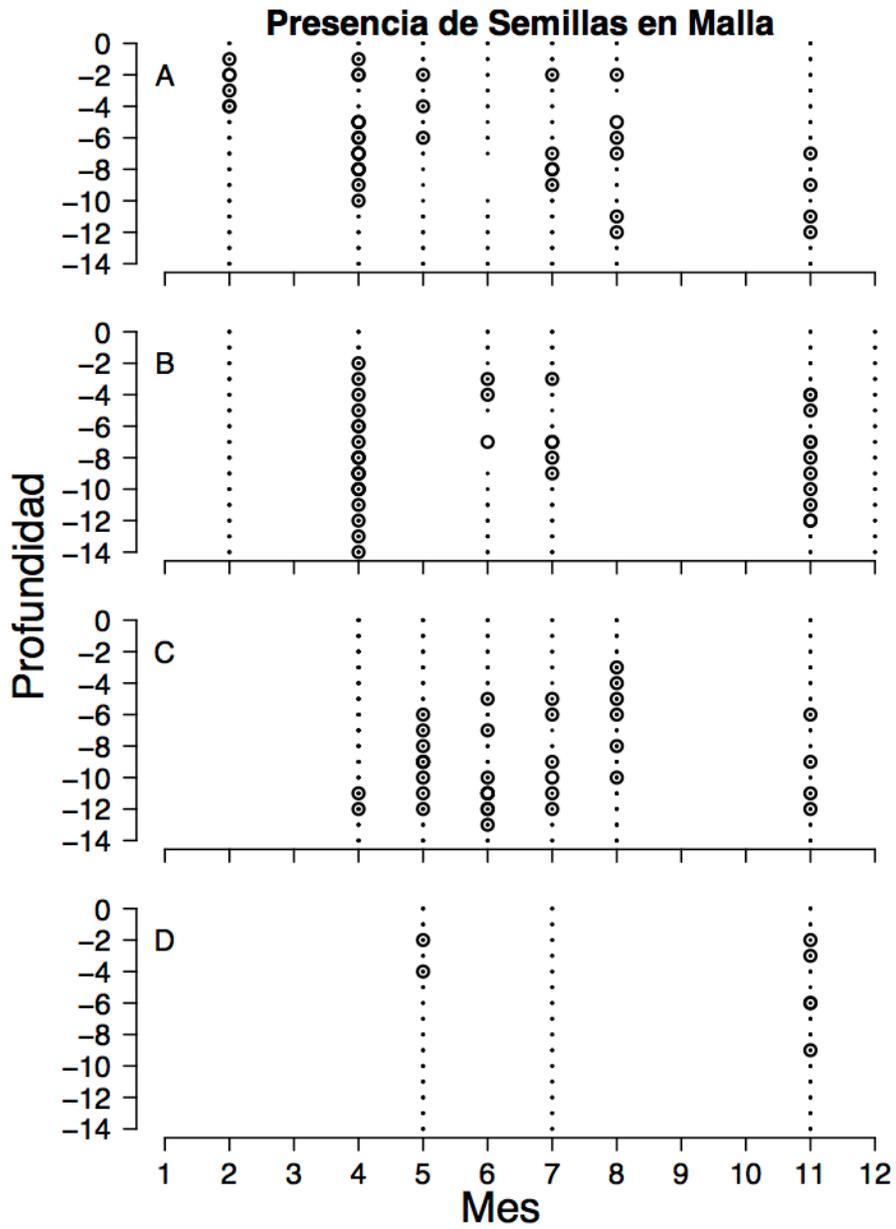


Figura 3.14. Presencia de semillas en malla registrada entre diciembre de 2014 y noviembre de 2015 en cuatro estaciones del fiordo Reloncaví: a) Boca; b) Marimelli, c) Relonhe y d) Rollizo.

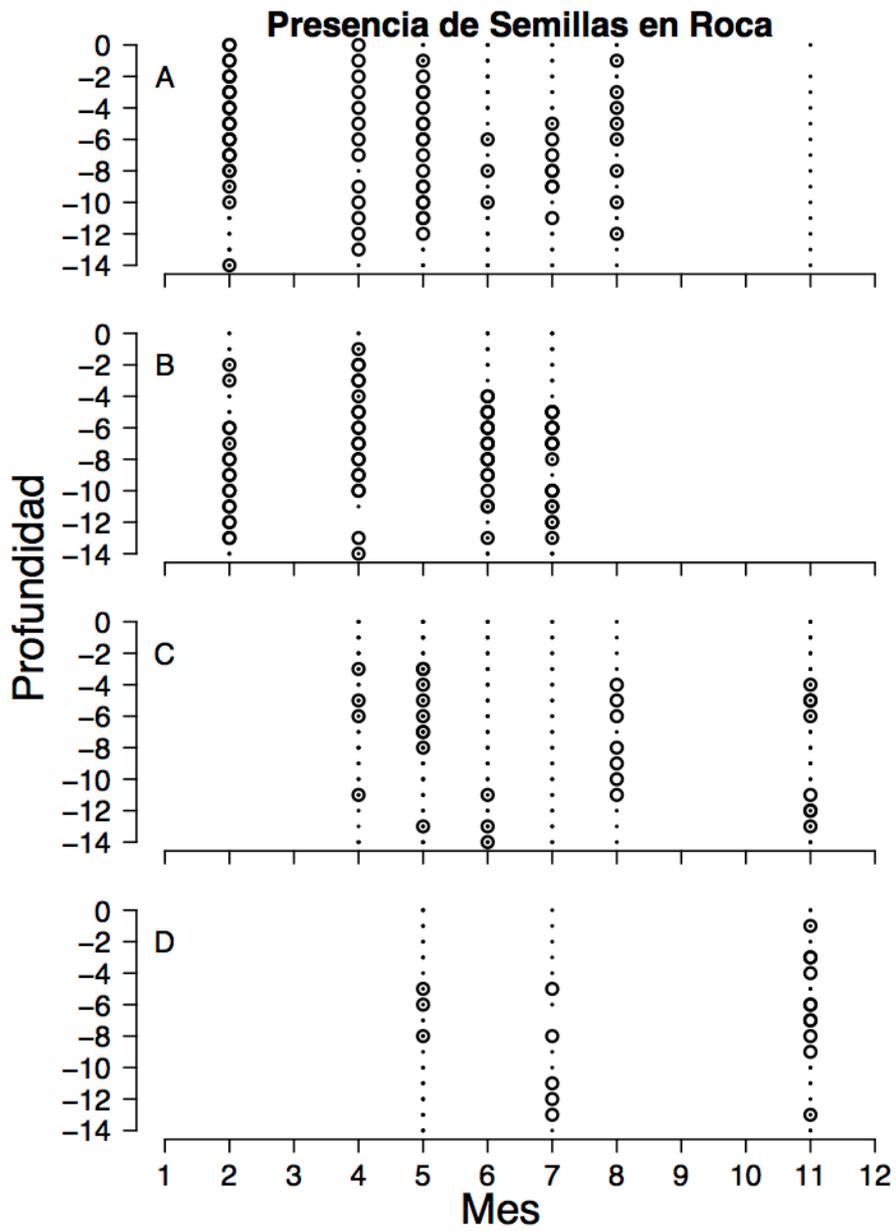


Figura 3.15. Presencia de semillas en roca registrada entre diciembre de 2014 y noviembre de 2015 en cuatro estaciones del fiordo Reloncaví: a) Boca; b) Marimelli, c) Relonhe y d) Rollizo.

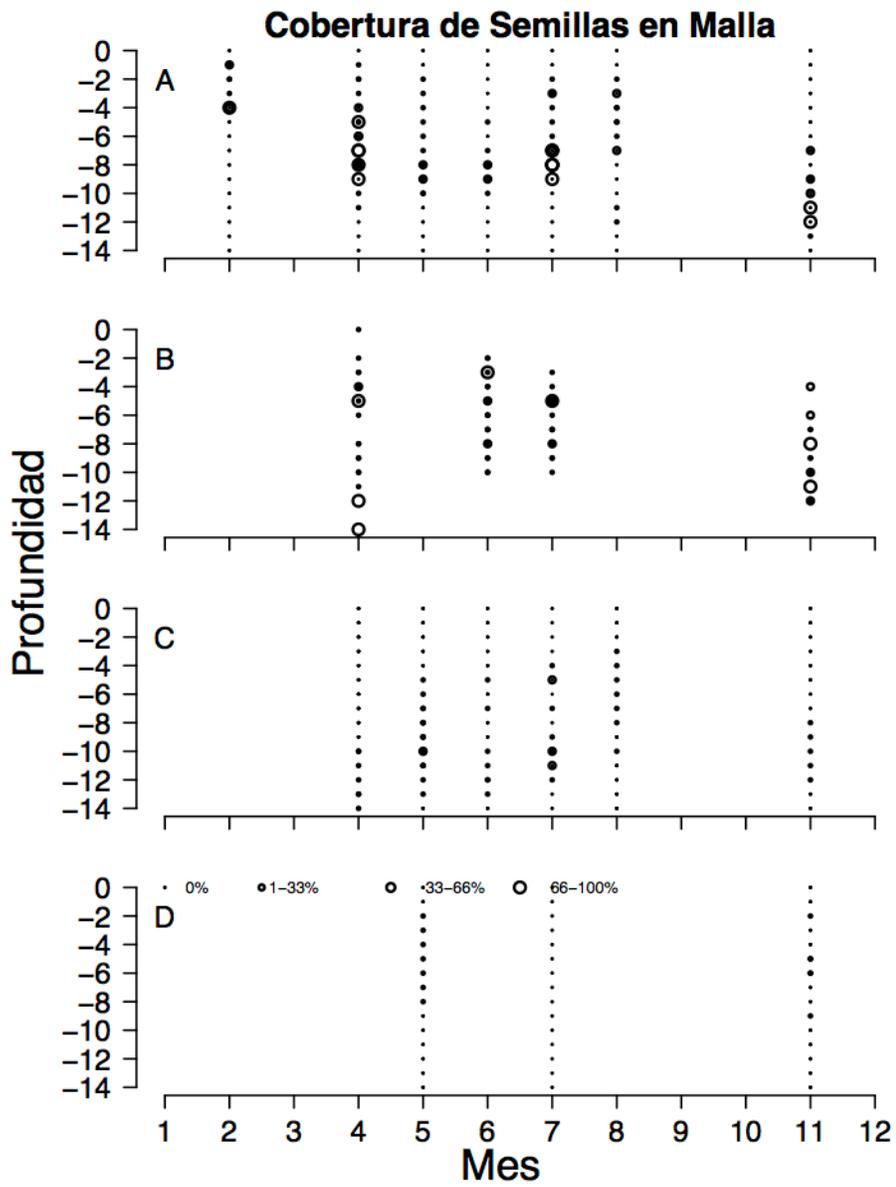


Figura 3.16. Cobertura de semillas en malla registrada entre diciembre de 2014 y noviembre de 2015 en cuatro estaciones del fiordo Reloncaví: a) Boca; b) Marimelli, c) Relonhe y d) Rollizo.

3.4. Objetivo 4

Evaluar el estado general de los bancos naturales identificados y caracterizados considerando su abundancia, cobertura, densidad y comunidad asociada.

3.4.1. Antecedentes

Considerando la información recopilada en el objetivo N° 1, la caracterización espacial de los bancos obtenida en el objetivo N° 2 y la estimación de algunos parámetros de la población obtenidos en el objetivo N° 3, se realizó un análisis descriptivo de la condición estimada de los bancos estudiados. Este análisis incluyó aspectos de su potencial reproductivo para la producción de “semillas” para la mitilicultura y su calidad genética (obtenida desde una revisión bibliográfica).

3.4.2. Metodología

a. Evaluar el estado de los bancos

El estado de los bancos fue analizado referente a la comparación de su abundancia, densidad y estructura de tallas desde estudios realizados con anterioridad a este proyecto, ya sea sobre los bancos estudiados en este proyecto u otros. El índice de condición e índice gonádico fueron utilizados como indicadores de la calidad de los choritos entre sitios y sectores de muestreo. El crecimiento que fue obtenido desde los seguimientos (durante 12 meses) de la cohorte que se asentó, permitió obtener otro indicador de comparación de los sitios y sectores. A esto se agregó las variaciones en la oferta alimenticia (obtenida desde la oferta de seston orgánico) y las variación en la columna de agua (ej. temperatura y salinidad).

Para estas comparaciones se aplicaron pruebas estadísticas para identificar diferencias significativas entre sitios y sectores, y cuando fue posible se aplicó modelamiento estadístico para evaluar la relación entre variables respuesta de interés (ej. índice de condición, reclutamiento, índice gonádico, densidad media de *Mytilus*) a través de variables predictoras consideradas en este proyecto (ej. salinidad, seston, descargas de ríos, etc.).

b. Análisis de calidad genética de las poblaciones de *Mytilus*

La evaluación del estado de calidad genética del recurso se realizó mediante una revisión bibliográfica, utilizando además la información recopilada a la fecha por el equipo del laboratorio de genética molecular de la Universidad Austral de Chile (UACh) en base a proyectos desarrollados previamente.

Para la determinación de la calidad genética se realizó la determinación de los niveles de variabilidad genética de las diferentes localidades encontradas o de interés, mediante diferentes estimadores. Los estimadores de variabilidad genética están dados por el tipo de dato recopilado. De esta forma, se dio énfasis a los tipos de datos genéticos más informativos como es secuenciación de ADN, o regiones hipervariables como microsatélites, a partir de los cuales se estimaron número de sitios segregantes, número de haplotipos, diversidad haplotípica (h), número promedio de nucleótidos diferentes (k), diversidad nucleotídica (π), heterocigosidad y número de alelos. Esto permite obtener diferentes indicadores genéticos, asociados al primer nivel de la biodiversidad, que corresponde a la diversidad molecular de las localidades y de la especie. Estos indicadores serán la base para definir el estado de calidad genética de la especie y definir localidades que puedan requerir una administración diferenciada.

Además, la revisión de la información, también permitió estimar como varían estos estimadores de variabilidad (calidad genética) entre los bancos naturales o poblaciones, para lo cual se revisó la estructura genética poblacional definida por trabajos previos y se estimó la estructura a partir de los datos de calidad previamente obtenidos. Estos indicadores estadísticos genéticos permitieron evaluar el grado de similitud genética entre las localidades, su grado de conectividad a través de estimación de dispersión o flujo génico, y su modelo espacial de dispersión (stepping-stone, aislamiento por distancia, panmixia, modelo de isla, etc).

3.4.3. Resultados

a. Evaluar el estado de los bancos

Fiordo Reloncaví

El estado de los bancos en el Fiordo Reloncaví parece mantener una tendencia general a la disminución de la abundancia, si se compara con los valores de densidad registrados por Lizama (2003) y Molinet et al. (2015) en una evaluación realizada el año 2013. Sumado a esta tendencia

se observa alta heterogeneidad en la densidad y la abundancia de choritos entre la boca y la cabecera del fiordo y entre ambas costas, lo que podría estar influenciado por la instalación de estructuras que retienen a las larvas competentes antes de que se asienten en el sustrato natural (Molinet et al. en revisión).

La costa norte, es el área que presentó los mejores indicadores de estado de conservación de los bancos de choritos, mientras que hacia la cabecera del fiordo la situación de los bancos parece bastante deteriorada, lo que debe ser revisado con prioridad ya que esta parece ser la tendencia en los últimos años. En este caso, además de la instalación de colectores se puede sumar el potencial efecto de la erupción del volcán Calbuco y el arrastre de sedimentos hacia el fiordo como un elemento que puede ayudar a explicar la baja abundancia de choritos observados hacia la cabecera del fiordo.

La distribución de tamaños observada en las 4 zonas es consistente con la información de densidad y abundancia. En Boca se muestra una distribución de tamaños representativa de una población más o menos saludable (choritos en el rango de distribución entre 12 y 80 cm con una distribución aproximadamente normal (ver Objetivo 2, Fig. 2.5). En contraste hacia la cabecera del fiordo la distribución de tamaños se concentra entre 20 y 50 mm, lo que sugiere tener mucha precaución en el manejo y explotación de éstas áreas.

De los estudios reproductivos se concluye que los machos maduran antes que las hembras, por lo que las subpoblaciones de choritos en las zonas Puelo y Cochamó habrían aportado poco a la reproducción en la reciente temporada. Esto debería ser contrastado con los registros de captación de semillas que existen en Sernapesca.

Estero Piti-Palena

Las densidades de choritos observadas en Estero Piti-Palena indican un deterioro de los bancos en esta zona. El año 2001 se reportó una densidad de 78 ind./m² en el banco de Plazeta (Molinet et al. 2001), comparado con 11 ind./m² durante el presente estudio (Objetivo 2, Tabla 2.3). Similarmente, Molinet y Gavilán (1994) registraron densidades entre 100 a 200 ind./m², en una franja de aproximadamente 2-3 m de ancho (entre el intermareal y el submareal) para el sector Ensenada Las Islas, lo que hoy se compara con 17 ind./m² con cinturones de chorito sólo en el intermareal de 0.5 a 1 m de ancho.

Aunque en este caso la distribución de tamaños que se muestra es más representativa de la población (ver Objetivo 2 Figs. 2.7 y 2.8), el deterioro que presentan los bancos podrían amenazar seriamente la persistencia de este recurso en esta zona.

Lo anterior ha sido refrendado por inexistencia de reclutamiento (registrado en nuestros experimentos descritos en el Objetivo 3) y por la bajísima captación de semillas en colectores artificiales obtenida en el Estero Piti-Palena en la temporada 2014-2015 (Comunicación personal presidente STI de la pesca artesanal de Raúl Marín Balmaceda).

Los hallazgos de este estudio coinciden con lo observado en el AMERB Brazo del Pillán ubicada hacia el norte del banco La Plazeta (ver Objetivo 2, Fig. 2.1) que fue realizado durante 2014 y que mostraron una densidad de alrededor de 5 ind./m². Lo anterior sugiere una situación muy deteriorada del recurso chorito en la zona y que sugiere la implementación de acciones de manejo para recuperar estos bancos (que podrían estar incorporadas en el Plan de Manejo de la AMERB respectiva).

Yaldad

La evaluación preliminar realizada durante el presente estudio constituye el primer registro de la ubicación del banco de choritos de Yaldad (pese a nuestros esfuerzos no fue posible encontrar literatura acerca de la ubicación de este banco, pese a que fue la base para la captación de semillas de choritos en los 1980s). La ubicación del banco se obtuvo a través de entrevistas con los lugareños, quienes regularmente mariscan en la zona y que no coincide con lo reportado por Leiva et al. (2007).

Esta subpoblación registró una densidad media de 323 choritos/m². La abundancia total para toda el área (incluyendo los tres bancos) fue de 47,903,176 individuos, considerando un 50% del área ocupada por chorito (Tabla 2.3).

Su distribución de tamaños indica que al menos en los últimos periodos los reclutamientos han sido escasos, ya que la subpoblación está dominada por ejemplares entre 35 y 65 mm.

Debido a que el banco de choritos de Yaldad ya no constituye un área importante para la captación de semillas y su banco tampoco ha sido solicitado como AMERB, no es posible vincularlo a un programa de monitoreo, por lo que si es de interés, su monitoreo debería ser considerado por la autoridad pesquera y/o ambiental.

b. Análisis de calidad genética de las poblaciones de *Mytilus*

En la literatura se encontró que existe muy poca información de *M. chilensis* adecuada para este análisis, debido a tres tipos de problemas que encontramos en la bibliografía:

- El foco de los trabajos era resolver problemas taxonómicos de la especie y definir los procesos evolutivos en relación a las especies congénicas del mundo. En este tipo de trabajos se analizaron diferentes localidades de la costa chilena pero no se entregan datos por localidad.
- La ausencia de la información estadística necesaria. Este problema fue encontrado en algunos trabajos que hablaban de análisis poblacionales de las diferentes localidades en Chile, pero que finalmente no entregaban los resultados separados por localidad.
- Por último, encontramos un tercer tipo de trabajo que si mostraba estos indicadores, pero al ser realizados con diferentes tipos de marcadores moleculares, no siempre eran comparables entre si.

Debido a los antecedentes indicados, se recopiló toda la información de la forma más detallada posible, con todas las comparaciones posibles, la cual se entrega para la especie *M. chilensis* y para las especies congénicas del mundo.

i. Diversidad de *M. chilensis*

El resumen de los trabajos analizados para estimar indicadores de variabilidad genética específicamente para la especie *Mytilus chilensis* se observan en la Tabla 4.1, donde se indican las localidades analizadas y el tipo de marcador utilizado por los diferentes autores.

Para el análisis detallado de los estimadores de variabilidad genética de *M. chilensis* se realizó el análisis por separado de los diferentes tipos de marcadores moleculares.

En los análisis de secuenciación de DNA como marcador, se observó con mayor frecuencia el uso de genes mitocondriales que presentan una alta tasa mutacional, lo cual los hace adecuado para identificar especies y separar grupos, entre ellos el más usado es el gen Citocromo oxidasa I (COI), el cual se ha usado en el proyecto mundial barcoding, como el gen identificador de todas las especies marinas. Por otro lado, también encontramos secuenciación de la región 16S, el cual es más conservado y posee menor tasa mutacional y es más adecuado para estudios evolutivos que poblacionales.

En la Tabla 4.2 se observan los resultados encontrados para análisis de secuenciación de DNA de *M. chilensis*. En esta tabla se observan los resultados para dos genes utilizados. Los valores observados por ambos autores muestran una misma tendencia en diversidad haplotípica y diversidad nucleotídica, como valores relativamente similares. Se observan valores más altos de diversidad para el gen COI, lo cual es esperable, debido a la mayor tasa mutacional que posee este gen en relación al gen mas conservado de 16S.

En la Tabla 4.3 se observan los resultados de variabilidad obtenidos a través de análisis de microsatélites y alozimas para muestras de *M. chilensis*. Se observa que el número de loci analizados en alozimas es altamente variable, no así en microsatélites. El número de alelos por locus presenta valores relativamente similares dentro de cada tipo de marcador, lo cual es esperable. Los restantes valores de diversidad total fueron muy similares entre los diferentes autores, separando por los tipos de marcadores moleculares utilizados.

Los resultados del tipo PCR-RFLP, a pesar de ser utilizados en la especie para caracterizarla, como se indican en la tabla 4.1, no entregan estimadores de diversidad, ya que se basan en datos de presencia/ausencia, por lo que no serán presentados en detalle.

ii. Diversidad por localidad para *M. chilensis*

Como ya se había mencionado anteriormente, se encontró poca información detallada a nivel poblacional para la especie, separada por localidades de muestreo, por lo cual de toda la literatura encontrada se recopiló la información de diversidad por localidad posible de encontrar, lo cual se observa en la Tabla 4.4 para los datos de secuenciación de ADN y en la Tabla 4.5 para los datos de alozimas. Se observa que solo en 3 trabajos de los 6 existentes con diversidad y de los 10 trabajos realizados en la especie, entregan datos de diversidad por localidad. Es así que Toro et al. (1998; 1998b, 2004) no hacen comparación entre localidades ni estimadores de diversidad genética, ya que comparan con otras especies de mitílidos. Luego, Ouagajjou et al. (2011) no detalla diversidad entre localidades como tampoco divergencia entre localidades, ya que su objetivo es definir marcadores específicos para *M. chilensis* y estos los compara con las restantes especies de *Mytilus*. Por último, Larrain et al. (2012) y Larrain et al. (2014), analizan 13 y 6 localidades respectivamente pero no detallan ningún dato de diversidad por localidad, así como tampoco comparan localidades o estiman divergencia genética entre ellas, ya que se enfocan en identificar especies, híbridos y definir si los marcadores son adecuados para trazabilidad.

En la comparación de localidades mediante secuenciación (Tabla 4.4) se observan diferencias para la localidad e Puerto Natales, con la menor diversidad y Raúl Marín Balmaceda con la mayor diversidad genética de las 9 localidades analizadas por ambos autores para 16S, para el gen COI también se observa la menor diversidad para Puerto Natales y la mayor diversidad es compartida por Maullín y Chaihuín.

Los estimadores de diversidad mediante alozimas (Tabla 4.5) muestran valores altamente similares entre las 8 localidades analizadas.

iii. Divergencia genética entre localidades

A partir de algunos de los trabajos fue posible establecer divergencia genética entre las localidades analizadas, lo cual se detalla a continuación.

Los valores de divergencia genética obtenidos por Toro et al. (2004) comparando 8 localidades, muestran baja diferenciación entre localidades con una distancia genética entre 0,003-0,107, donde Punta Arenas presenta los mayores valores de diferenciación ($D= 0,076-0,107$).

Algo similar es observado por Toro et al. (2006) con bajos valores de divergencia, con un $F_{st}= 0,0303$, el cual varió entre $F_{st}= 0,01-0,05$, encontrando baja diferenciación entre todas las localidades, solo con la excepción de Punta Arenas, la cual se diferencia de las restantes.

Luego, Cárcamo et al. (2005), al comparar 4 localidades de la costa chilena, restringidas a la Región de Los Ríos y de Los Lagos, también observa baja diferenciación genética, encontrando un valor de $F_{st} = 0,0122$ y concluye que no observa diferencias entre estas localidades de la costa chilenas restringida a estas dos regiones.

Por último, Astorga et al. (2015), al analizar 7 localidades de la costa chilena observa baja divergencia genética entre localidades, pero destacan las diferencias observadas en 2 localidades, Raúl Marín Balmaceda, que se diferencia de casi todas las restantes localidades y Punta Arenas que presenta diferencias con Raúl Marín Balmaceda y Huinay.

iv. Diversidad entre especies del género *Mytilus*

Se realizó el análisis comparativo de los estimadores de diversidad, entre la especie presente en la costa chilena, *M. chilensis*, con aquellas restantes especies del género *Mytilus*, a partir de la recopilación de los indicadores de variabilidad de las restantes especies a través del mundo. Los

datos fueron separados por tipo de marcador molecular utilizado, para hacer posible la comparación entre especies.

Los datos de indicadores de variabilidad genética para las restantes especies del género en base a datos de secuenciación de DNA se observan en la Tabla 4.6. Debido a la alta diferenciación que se ha detectado en la especie *M. galloprovincialis* entre hemisferios (Gerard et al. 2008; Astorga et al., 2015), los datos fueron separados para esta especie entre hemisferios. La tabla 4.6 muestra los datos para *M. galloprovincialis*, *M. edulis*, *M. trossulus* y *M. californianus*, donde se indica el tipo de gen utilizado y luego los 5 estimadores de variabilidad genética. En esta tabla es posible ver la alta diferenciación de diversidad entre los genes utilizados, debido a que cada uno de ellos presenta tasas mutacionales de cambio diferenciado. Sin embargo, al observar la tabla resumen que entrega los promedios de los estimadores para cada especie y para cada gen analizado en las diferentes especies (Tabla 4.7), es posible detectar que la especie chilena *M. chilensis* presenta los mas bajos indicadores de variabilidad genética en relación a las restantes especies del mundo, destacando las diferencias significativas entre *M. chilensis* y *M. galloprovincialis* y con el estimador de diversidad haplotípica, sin embargo el de diversidad nucleotídica no muestra diferencias significativas, además, se observan diferencias significativas entre *M. chilensis* con *M. edulis*, en ambos indicadores de diversidad, esto medido en base a los datos de secuenciación de DNA de uno de los genes analizados (16S). Sin embargo, al comparar la especie chilena utilizando el otro gen analizado (COI) no se observa la misma tendencia y los estimadores de diversidad son relativamente similares y sin diferencias significativas. Por último, en la comparación mediante marcadores de microsatélites (Tabla 4.8) es posible ver los estimadores para las diferentes especies de *Mytilus* y su gran variedad de resultados en los datos. Sin embargo, en la tabla resumen (Tabla 4.9) es posible comparar entre las especies para este marcador, donde es posible detectar que solo el estimador de diversidad alélica muestra diferencias significativas entre *M. chilensis* y *M. galloprovincialis* y *M. edulis*, donde la especie *M. chilensis* presenta los valores mas bajos de diversidad en relación a las restantes especies, con la excepción de *M. trossulus* donde no muestra diferencias significativas. Los otros estimadores de diversidad no muestran diferencias significativas entre *M. chilensis* y las restantes especies.

3.4.4. Discusión

Ya que los aspectos relativos a parámetros biológicos de la dinámica de *M. chilensis*, su densidad y abundancia en bancos naturales y su comunidad asociada se revisan y discuten en los objetivos 1, 2 y 3, en este objetivo se concentrará la discusión en la relación de los bancos con la captación natural y la calidad genética de *M. chilensis*.

Molinet et al. (en prensa) sugieren dos dimensiones en la relación stock recluta en bancos naturales de mitilidos donde se realiza actividad de captación en sustrato artificial (cuerdas de cultivo). Por un lado está la relación entre el stock natural de *M. chilensis* y el reclutamiento en el banco natural un y por otro lado estaría la relación entre el stock natural de *M. chilensis* y la captación de semillas.

En el banco natural donde se asienta y recluta *M. chilensis* existe un sustrato sólido, sometido a variaciones mareales, fuertes cambios ambientales e interacciones biológicas (Viviani 1979, Daneri et al. 2009, Castillo et al. 2015, Molinet et al. 2015), lo que disminuiría la probabilidad de llegada de larvas VC a este sistema natural.

Por otro lado, la captación en cuerdas se realiza en la columna de agua a la profundidad que se estima están presentes larvas veliger competentes, por lo que el suministro larval para este sustrato es más probable que para la roca (asociada al banco natural), y por lo tanto más probable de obtener asentamiento exitoso. Al respecto se ha demostrado que la baja velocidad de natación de la mayoría de las larvas planctónicas asegura que procesos hidrodinámicos juegan un rol importante en determinar la tasa de contacto de la larva con el sustrato (Eckman 1996, Butman 1986). En este sentido se sugiere que en el fiordo Reloncaví (y probablemente en otros sectores donde se instalan colectores) estos procesos hidrodinámicos son perturbados por la presencia de miles de m² de sustrato artificial, cuya fricción (ver Rosland et al. 2011) disminuye la velocidad de flujo y por tanto mejora la probabilidad de adherencia de larvas veliger competente a estos sistemas.

De esta forma larvas VC que llegan a la roca enfrentan la restricción de la disponibilidad de espacio (e.g. Rogharden et al. 1986), mientras que aquellas larvas VC en cuerdas llegan a un sustrato libre y de acuerdo a Molinet et al. (en revisión) más exitoso para su asentamiento (coincidente con lo sugerido por Tamarin 1979) y aparentemente sin depredadores directos.

Además, se estima que 90-100% de la semilla recolectada en centros de cultivo del fiordo Reloncaví es removida de las zonas de captación y trasladadas a centros de engorda (información de los productores locales).

Un efecto esperable de esta intervención se debería evidenciar en el aumento de sustrato libre en el banco natural y en una contracción de la población de *M. chilensis*, lo que ha sido sugerido por Molinet et al. (2015), en el seguimiento de las AMERbs en el fiordo Reloncaví y observado en nuestros resultados que muestran menores densidades y abundancia de chorito en el Fiordo Reloncaví.

En relación a la calidad genética es posible determinar que existen muy pocos trabajos en las especies de *Mytilus*, ya sea en Chile y el mundo, que estimen indicadores de diversidad genética y con un enfoque poblacional. Muchos de los trabajos encontrados se centran en establecer identidad a nivel de especie o relaciones evolutivas entre ellas.

De la información revisada y de la propia, es posible establecer que las estimaciones de diversidad genética para *M. chilensis* son altamente heterogéneas, ya que dependen fuertemente del tipo de herramienta molecular utilizada, y solo se puede comparar información entre estudios que utilizan un mismo tipo de marcador. La diferencia de genes analizados, genera un problema similar, esto debido a que diferentes genes poseen diferentes tasas mutacionales, lo que permite, en sentido estricto, solo comparar entre genes con una misma tasa de cambio.

En total fue posible encontrar 10 trabajos que incluyen datos genéticos de *M. chilensis*, de los cuales, 4 utilizaban marcadores moleculares poco informativos de diversidad genética (RAPD y PCR-RFLP), otros 2 utilizaban marcadores de baja diversidad y actualmente poco utilizados (Alozimas), y 4 con marcadores de mayor diversidad y adecuados para estos análisis (secuenciación y microsatélites).

Al observar los estimadores de diversidad genética de *M. chilensis* entre diferentes autores, es posible observar una alta similitud de resultados para la especie. Luego cuando se observan los resultados separados por localidades, para los datos de secuenciación destacan las diferencias observadas para la localidad de Puerto Natales, con baja diversidad en ambos genes secuenciados y opuesto a la localidad de Raúl Marín Balmaceda que muestra mayor diversidad, también con ambos genes y Maullín y Chaihuin también con alta diversidad con uno de los genes analizados. Estas diferencias entre localidades expuestas de la costa en relación a localidades de ambientes cerrados, pueden ser el resultado de procesos de aislamiento por distancia facilitado por la menor

capacidad de dispersión de larvas en sectores de canales, fiordos y archipiélagos (Palumbi 1994; Becker et al., 2007) y definidas por las condiciones oceanográficas que pueden facilitar o restringir el flujo de larvas que aseguran la conectividad entre localidades (Wares & Cunningham 2001). En el caso del uso de marcadores de alozimas por localidad no se observan diferencias entre localidades en sus niveles de diversidad, esto es esperable debido a que la capacidad de resolución de dichos marcadores es menor que lo entregado por otro tipo de marcadores como la secuenciación de DNA que en este caso esta mostrando diferencias.

Cuando determinamos los patrones de diferenciación genética entre localidades, fue posible establecer que solo dos localidades mostraban diferencias con el resto de las analizadas, esto era Punta Arenas, la cual presentó diferencias en la mayoría de los trabajos que mostraban estos indicadores, la localidad de Raúl Marin Balmaceda que mostró diferencias con todas las localidades restantes, exceptuando Yaldad, por último, la localidad de Huinay que mostró diferencias con todas las localidades exceptuando Chaihuín y Yaldad.

Este patrón permite confirmar un posible proceso de aislamiento por distancia y acentuado por barreras a la dispersión larval entre localidades de Chile continental separadas por el conjunto de canales y fiordos y una posible mayor conexión con localidades aledañas y distribuidas en mar expuesto, las que tendrían mayor probabilidad de dispersión por el patrón de flujo en zonas abiertas. Esto debido a que destaca la tendencia encontrada a diferenciar entre localidades restringidas a la zona de canales distribuidos en Chile Continental de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, pertenecientes a lo que se denomina el Archipiélago Chileno.

Al comparar los estimadores de diversidad de la especie chilena *M. chilensis*, con las restantes del mundo, es posible establecer que el estimador de secuenciación del gen 16S, muestra una menor diversidad en esta especie, en relación a las otras especies de *Mytilus*. Este patrón puede ser explicado por los rangos de distribución entre especies, donde observamos que *M. galloprovincialis*, *M. edulis* y *M. trossulus*, presentan amplios rangos de distribución y en diferentes continentes a diferencia de *M. chilensis* que solo se restringe a Sudamérica (Gerard et al., 2008; Astorga et al. 2015). Sin embargo, los restantes estimadores de diversidad no muestran un patrón consistente de diferenciación de los estimadores de diversidad genética. Por esto es posible afirmar que la especie *M. chilensis* presenta patrones de diversidad genética relativamente similares a las restantes especies del mundo, por lo que su cultivo o presión de extracción no hace evidente una reducción en la diversidad.

A partir de estos resultados, es posible establecer que los niveles de diversidad genética de la especie *M. chilensis*, parecieran ser adecuados para permitir su sustentabilidad en el tiempo, ya que posee niveles de variabilidad que le permitirían responder a procesos de cambio microevolutivos (i.e. selección natural), lo que indicaría que la calidad genética de la especie no ha sido reducida a niveles que pueda ocurrir erosión genética y que esta especie no sea capaz de responder a los cambios ambientales o a procesos de selección.

Se sugiere a futuro que este tipo de análisis pueda ser complementado con otros que permitan evaluar en forma mas completa el estado del recurso, esto es estimadores de tamaños efectivos poblaciones (N_e) a partir de datos genéticos o estructuras poblacionales que determinen posibles restricciones al flujo génico de algunos bancos naturales (Hartl & Clark, 1997), o bien adaptaciones locales (Bierne et al. 2011) que permitiría detectar un banco o lugar único o diferenciado genéticamente del resto.

3.4.5. Conclusiones

Las tendencias de la densidad y abundancia de *M. chilensis* en los bancos naturales analizados sugieren que es necesario priorizar un mejor manejo de los bancos naturales para asegurar el abastecimiento de semillas para la mitilicultura.

La relación entre la población adulta y el reclutamiento en bancos naturales puede ser afectada por la captación de semillas en sustrato artificial (cuerdas), disminuyendo la probabilidad de éxito en los bancos naturales y explicando la tendencia a la disminución de la densidad y abundancia de mitilidos en bancos naturales. Sin descartar el efecto de la pesca y otras variables sobre el reclutamiento en bancos naturales.

Es posible confirmar un posible proceso de aislamiento de algunos bancos naturales debido a la existencia de barreras que impiden la dispersión larval en sistemas semiencerrados (ej. Fiordos) o la existencia de barreras biogeográficas.

Mytilus chilensis presenta patrones de diversidad genética relativamente similares a las restantes especies distribuidas en el mundo, por lo que su cultivo o presión de extracción no parece amenazar con una reducción de su diversidad genética. Estos niveles de diversidad genética paracen adecuados para sus sustentabilidad, lo que sugiere que su calidad genética no ha sido afectada o reducida a niveles en que pueda ocurrir erosión genética.

No obstante, se sugiere mantener un sistema de monitoreo costo/eficiente de la calidad genética de este recurso, o la realización de estudios que permitan evaluar de forma más completa el estado de este recurso (ej. Con estimadores de tamaños efectivos). Esto considerando que de acuerdo a los resultados de este estudio y de Molinet et al (2015), los individuos que habitan en intermareal son los que predominan en las poblaciones de los fiordos, los que parecen estar expuestos a presión de selección de acuerdo a lo observado por Astorga et al. (en preparación).

3.4.6. Tablas

Tabla 4.1. Resumen de localidades y tipos de marcadores utilizados en los diferentes trabajos realizado en genética de *Mytilus chilensis*.

Localidad	Marcador	Autor
Maullín, Canal de las Montañas (Pto. Natales)	Secuenciación 16S	Gérard et al., 2008
Maullín, Canal de las Montañas (Pto. Natales)	Secuenciación COI	Gérard et al., 2008
Puerto Saavedra, Queule, Chaihuín, Huinay, Yaldad, Marin Balmaceda, Punta Arenas	Secuenciación 16S	Astorga et al., 2015
Puerto Saavedra, Queule, Chaihuín, Huinay, Yaldad, Marin Balmaceda, Punta Arenas	Secuenciación COI	Astorga et al., 2015
Piedra azul, Pichicolo, Canutillar, Caleta la Arena	Microsatélites	Larraín et al, 2014
Caicaén, Puerto Montt	Microsatélites	Ouagajjou et al., 2011
Arauco, Queule, Valdivia, Calbuco, Ancud, Yaldad, Marin Balmaceda, Punta Arenas	RAPD	Toro et al., 2004
Valdivia, Quellón, Ancud, Puerto Montt	Aloenzimas	Cárcamo et al. 2005
Arauco, Queule, Valdivia, Calbuco, Ancud, Yaldad, Marin Balmaceda, Punta Arenas	Aloenzimas	Toro et al., 2006
Isla Peel, Piedra Azul, Pichicolo, La Arena, Canutillar, Piedra Blanca, Canal Coldita, Canal Caicaén, Estero Chauquiar, Canal Chidguapi, Estero Chope	PCR-RFLP	Larrain et al. 2012
Bahía Corral - Chaihuín	PCR-RFLP	Toro, 1998
Bahía Corral	PCR-RFLP	Toro, 1998b

Tabla 4.2. Indicadores de variabilidad genética de la especie *M. chilensis* en base a trabajos realizados por diferentes autores utilizando marcadores de secuenciación de DNA.

N° localidades	Gen	N° secuencias	N° de haplotipos	Sitios polimórficos (S)	Diversidad Haplotípica	Diversidad Nucleotídica	N° nucleótidos diferentes (K)	Autor
3	16S	57	ND	ND	0,405	0,0026	ND	Gérard et al., 2008
7	16S	84	15	22	$0,519 \pm 0,07$	$0,002 \pm 0,001$	$0,843 \pm 0,29$	Astorga et al., 2015
3	COI	36	ND	ND	0,879	0,0092	ND	Gérard et al., 2008
7	COI	117	53	81	$0,927 \pm 0,02$	$0,008 \pm 0,001$	$4,252 \pm 1,44$	Astorga et al., 2015

Tabla 4.3. Indicadores de variabilidad genética de la especie *M. chilensis* en base a trabajos realizados por diferentes autores utilizando microsatélites y aloenzimas.

N° de localidades	Marcador	N° de loci	Heterocigosidad observada	Numero de alelos/locus	Fis endogamia	Autor
8	Aloenzimas	7	0,293	3,86	0,290	Toro et al., 2006
4	Aloenzimas	26	ND	2,83	0,134	Cárcamo, 2005
4	Microsatélites	9	0,388	6,70	ND	Larraín et al., 2014
2	Microsatélites	9	0,468	6,30	0,331	Ouagajjou, 2011

Tabla 4.4. Valores de diversidad genética separados por localidad de la costa chilena, basado en datos de secuenciación de DNA en *M. chilensis*.

Nº localidades	Gen	Nº secuencias	Diversidad Haplotípica	Diversidad Nucleotídica	Autor
Mauñín	16S	10	0,51	0,0013	Gerard et al. 2008
Pto Natales	16S	39	0,24	0,0006	Gerard et al. 2008
Queule	16S	16	0,425	0,001	Astorga et al. (2015)
Pto. Saavedra	16S	15	0,467	0,002	Astorga et al. (2015)
Chaihuin	16S	12	0,439	0,001	Astorga et al. (2015)
Huinay	16S	14	0,670	0,002	Astorga et al. (2015)
Yaldad	16S	13	0,718	0,002	Astorga et al. (2015)
Marin Balmaceda	16S	9	0,750	0,002	Astorga et al. (2015)
Pta. Arenas	16S	13	0,526	0,001	Astorga et al. (2015)
Mauñín	COI	7	1,00	0,008	Gerard et al. 2008
Pto Natales	COI	20	0,75	0,005	Gerard et al. 2008
Queule	COI	12	0,894	0,003	Astorga et al. (2015)
Pto. Saavedra	COI	9	0,833	0,003	Astorga et al. (2015)
Chaihuin	COI	9	1,000	0,008	Astorga et al. (2015)
Huinay	COI	13	0,936	0,007	Astorga et al. (2015)
Yaldad	COI	16	0,908	0,003	Astorga et al. (2015)
Marin Balmaceda	COI	11	0,909	0,003	Astorga et al. (2015)
Pta. Arenas	COI	29	0,800	0,004	Astorga et al. (2015)

Tabla 4.5. Valores de diversidad genética separados por localidad en la costa chilena, basado en los datos de alozimas, para *M. chilensis*.

Localidad	Marcador	Ho observada	He esperada	Numero de alelos/locus	Autor
Arauco	Alozimas	0,29	0,37	3,714	Toro et al. 2006
Queule	Alozimas	0,32	0,40	3,429	Toro et al. 2006
Valdivia	Alozimas	0,31	0,40	3,571	Toro et al. 2006
Calbuco	Alozimas	0,30	0,42	3,571	Toro et al. 2006
Ancud	Alozimas	0,32	0,41	3,286	Toro et al. 2006
Yaldad	Alozimas	0,26	0,38	3,571	Toro et al. 2006
Marin Balmaceda	Alozimas	0,25	0,38	3,286	Toro et al. 2006
Pta Arenas	Alozimas	0,30	0,51	3,571	Toro et al. 2006

Tabla 4.6. Comparación de estimadores de variabilidad genética entre las especies descritas del grupo *Mytilus* en base a marcadores de secuenciación de DNA. (HS: hemisferio sur; HN: Hemisferio norte).

Especie	Genes	Nº de haplotipos	Sitios polimórficos	Diversidad Haplotípica	Diversidad Nucleotídica	Nucleotidos diferentes (K)	Autor
<i>M. galloprovincialis</i> HS	16S	20	19	0,428	0,002	S.I.	Gérard, 2008
<i>M. galloprovincialis</i> HS	16S	10	13	0.89	0.006	2.198	Astorga et al., 2015
<i>M. galloprovincialis</i> HN	16S	17	37	0,826	0,027	9,806	Astorga et al., 2015
<i>M. galloprovincialis</i> HS	COI	59	104	0,856	0,085	S.I.	Gérard, 2008
<i>M. galloprovincialis</i> HS	COI	28	63	0.932	0.038	14.185	Astorga et al., 2015
<i>M. galloprovincialis</i> HN	COI	13	10	0,749	0,004	S.I.	Korrida, 2010
<i>M. galloprovincialis</i> HN	COI	21	29	S.I.	S.I.	S.I.	Zardi, 2007
<i>M. galloprovincialis</i> HN	COI	28	31	0.808	0.013	3.187	Astorga et al., 2015
<i>M. galloprovincialis</i> HN	COIII-ND2	195	106	0,910	0,023	S.I.	Smietanka, 2009
<i>M. galloprovincialis</i> HN	COIII-ND2	145	128	0,990	0,013	S.I.	Smietanka, 2009
<i>Mytilus edulis</i>	AB15-AB16	334	262	0,960	0,015	S.I.	Smietanka, 2014
<i>Mytilus edulis</i>	COIII-ND2	145	219	0,950	0,010	S.I.	Smietanka, 2009
<i>Mytilus edulis</i>	COI-COIII	8	S.I.	S.I.	0,998	S.I.	Riginos, 2008
<i>Mytilus edulis</i>	COI-COIII	9	S.I.	S.I.	0,495	S.I.	Riginos, 2008
<i>Mytilus edulis</i>	COI	41	48	0,901	0.009	3.259	Astorga et al., 2015
<i>Mytilus edulis</i>	16S	14	33	0,890	0.029	11.053	Astorga et al., 2015
<i>M. californianus</i> F	Nad, COI, ATP6	82	260	0,997	0,005	S.I.	Ort, 2007
<i>M. californianus</i> M	Nad, COI, ATP6	84	432	0,999	0,041	S.I.	Ort, 2007
<i>M. trossulus</i>	16S	6	36	0,627	0,012	4,464	Astorga et al., 2015
<i>M. trossulus</i>	COI	12	16	0,962	0,010	3,810	Astorga et al., 2015

S.I.: Sin información.

Tabla 4.7. Estimadores promedio por especie del género *Mytilus* para los datos recopilados de secuenciación de DNA.

Especie	Genes	Nº de haplotipos	Sitios polimórficos	Diversidad Haplotípica	Diversidad Nucleotídica	Nucleótidos diferentes (K)
<i>Mytilus chilensis</i>	16S	15	22	0,423	0,0013	0843
<i>M galloprovincialis</i>	16S	16	23	0,788 *	0,011 ns	6,002
<i>Mytilus edulis</i>	16S	14	33	0,890*	0,029	11,053
<i>M. trossulus</i>	16S	6	36	0,627	0,012	4,464
<i>M. chilensis</i>	COI	53	81	0,901	0,007	4,252
<i>M. galloprovincialis</i>	COI	30	47	0,836 ns	0,014 ns	8,686
<i>M. edulis</i>	COI	41	48	0,901	0,009 ns	3,259
<i>M. trossulus</i>	COI	12	16	0,962	0,011	3,810

Tabla 4.8. Comparación de estimadores de variabilidad genética entre las especies descritas del grupo *Mytilus* en base a microsatélites. (HS: hemisferio sur; HN: Hemisferio norte).

Especie	Numero de Loci	Heterocigosidad observada	Diversidad alélica	Fis	Autor
<i>M. galloprovincialis</i> HN	S.I.	0,772	11,9	S.I.	Diz, 2008
<i>M. galloprovincialis</i> HN	S.I.	0,778	18,6	S.I.	Diz, 2009
<i>M. galloprovincialis</i> HS	9	0,469	5,80	0,445	Ouagajjou, 2011
<i>Mytilus edulis</i>	4	0,452	4,10	0,356	Ouagajjou, 2011
<i>Mytilus edulis</i>	10	0,653	20,0	S.I.	Lallias, 2009
<i>Mytilus edulis</i>	S.I.	0,169	4,43	S.I.	Hummel, 2001
<i>Mytilus trossulus</i>	9	0,257	4,50	0,627	Ouagajjou, 2011
<i>Híbridos edulis / gallo</i>	S.I.	0,159	4,14	S.I.	Hummel, 2001
<i>M. edulis- trossulus</i>	S.I.	0,174	4,00	S.I.	Hummel, 2001

S.I.: Sin información.

Tabla 4.9. Estimadores promedio por especie del genero *Mytilus* para datos de microsatélites.

Especie	Numero de Loci	Heterocigosidad observada	Diversidad alélica	Fis
<i>Mytilus chilensis</i>	9	0,428	6,5	0,331
<i>M. galloprovincialis</i>	9	0,673 ns	12,1 ***	0,445 ns
<i>M. edulis</i>	7	0,425 ns	9,51 ***	0.356 ns
<i>M. trossulus</i>	9	0,257 ns	4,50 ns	0,627 ns

3.5. Objetivo 5

Diseñar y proponer un plan de monitoreo y seguimiento de bancos naturales incluyendo indicadores poblacionales, basado en la información recopilada y considerando su importancia dentro de las actividades de captación de semillas y engorda.

3.5.1. Antecedentes

Para diseñar un plan de monitoreo y seguimiento de bancos naturales de *Mytilus* spp. se debe considerar que por sus características sus poblaciones están organizadas en unidades metapoblacionales altamente estructuradas. Esto da lugar a poblaciones adultas espacialmente estructuradas en subpoblaciones localizadas de acuerdo a la distribución del tipo de hábitat e interconectadas a través de dispersión larval (Roughgarden et al. 1985, Hanski & Gilpin 1991, Widdows 1991, Orensanz et al. 1998). La dinámica de estas subpoblaciones puede ser observada a través de su contracción y expansión, que son mediadas mayoritariamente por la advección de larvas y la disponibilidad de hábitat. Las subpoblaciones pueden persistir, extinguirse y resurgir en periodos de tiempo que incluyen más de una generación y cuyos cambios pueden ser lentos y ruidosos (Caddy 1989, Hunt & Scheibling 2001, Orensanz et al. 2006).

En los fiordos del sur de Chile, *Mytilus chilensis* ha sido observado en estrechos “cinturones” de aproximadamente 6-15 m de ancho (Viviani 1979, Molinet et al. 2015, Objetivo 2 de este proyecto), en un hábitat caracterizado por la presencia de un fuerte gradiente de salinidad entre aproximadamente 12 y 26 psu. La variación en el rango de distribución vertical de *M. chilensis* y cambios en su abundancia en esta dimensión pueden ser observado s con relativa precisión. Esto también permite la exploración de variables ambientales específicas (salinidad, lluvias, aportes terrígenos, otros) para explicar los patrones observados en la distribución vertical de especies de mitílidos en los fiordos.

Complementariamente, en el gradiente vertical es posible observar cambios en la estructura de las comunidades asociadas a *M. chilensis* (intermareales y submareales) en sistemas rocosos y sus interacciones con sus potenciales competidores y depredadores.

En este sentido y considerando que en la región de Los Lagos AMERBs asociadas a bancos naturales de chorito han incluido en sus Planes de Manejo la captación de semillas, parece del todo adecuado incluir este régimen en un Plan de Monitoreo a implementar, lo que debiera considerar las características particulares de la distribución de los mitílidos antes citada.

3.5.4. Metodología para la implementación de un plan de Monitoreo

a. Área de estudio

El área de estudio debe corresponder a aquellas zonas en las que se concentra la captación de semillas de choritos, incluyendo zonas control (fuera de las AMERBs). Actualmente muchas de las zonas de captación corresponden a Areas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs) (ver objetivo 1, Fig. 1.6), por lo que el análisis integrado por zona de la información de estas AMERBs (lo que podría incluir la integración de información de varias AMERBs) pudiera ser un elemento a considerar para el monitoreo de los bancos de mitilidos asociados a zonas de captación de choritos. De esta forma, la unidad de stock (Macroescala *sensu* Orensanz et al., 2006) puede estar en el contexto de las zonas (Fiordo Reloncaví, Estero Piti-Palena, otras zonas). En cualquier caso el diseño espacial debe considerar hipótesis de conectividad larvaria que podrían ser evaluadas en el futuro y probablemente sugerir modificaciones en la metodología de recolección de información (sin incluir mayor cantidad de información a recolectar) para este tipo de AMERB.

b. Frecuencia de muestreo

El seguimiento de las AMERBs es anual y bi-anual lo que parece una escala adecuada para el estudio de las tendencias de estas poblaciones.

c. Identificación y fundamentación de indicadores

De acuerdo a los resultados de los objetivos 2, 3 y 4 se sugiere basar el monitoreo de bancos de mitilidos en la tendencia de la dinámica de contracción/expansión (CE) de subpoblaciones (ej. Caddy 1989, Orensanz & Jamieson 1998, Orensanz et al. 2006), que en el caso del chorito en los fiordos puede ser también observada en el gradiente batimétrico. A continuación se proponen un listado de indicadores que son posibles de obtener desde los seguimientos de las AMERBs (particularmente cuando estas son utilizadas para la captación de semillas de choritos) y que aportarían información valiosa para observar tendencias en la dinámica de la población. A medida que se aumente el número de indicadores aumenta gradualmente i) la complejidad del muestreo, ii) los tiempos de procesamiento y análisis y iii) los costos.

Nosotros sugerimos que la metodología más adecuada para el seguimiento de la dinámica CE de parches debe considerar la realización de transectas desde el submareal y hacia el intermareal, de tal manera de “atravesar” el cinturón de mitílicos (ver Fig. 2.3, objetivo 2). La metodología puede ser la recolección de cuadratas (no menos de 10 por transecto), la filmación u otra que permita registrar (contar) el nº de individuos. El número de transectos (de las características de aquellos presentados en el objetivo 2 de este reporte) debería permitir estimar las abundancia del stock con un coeficiente de variación (CV) alrededor de 20 a 25% como máximo. La metodología de análisis de la información debería permitir estimar el área ocupada por el stock con un CV inferior a 20%.

i. Área con presencia de choritos

Esta área será obtenida de los registros de presencia/ausencia de choritos en una AMERB o subpoblación delimitada. Los registros deben ser obtenidos del despliegue de transectas ubicadas a una distancia apropiada (verificada a través del CV). Se sugiere trabajar con información georreferenciada de manera de poder aplicar herramientas geoestadísticas para obtener los estimadores para cada estación ó subpoblación muestreada. La proporción del área con choritos será obtenida de la proporción de celdas que presenten al menos un chorito. El área (Alfa) de distribución de la subpoblación y su error estándar pueden ser estimados usando métodos geoestadísticos siguiendo a Roa-Ureta & Nilitschek (2007). Aunque esta información debiera ser parte de los seguimientos de las AMERBs, es necesario revisar la metodología que se aplica para su obtención.

ii. Densidad media y abundancia de choritos en la subpoblación

Esta información puede ser obtenida desde los transectos descritos en el punto **c** para cada subpoblación. Sin embargo, dirigido a obtener una comprensión más profunda al modelar la correlación espacial dentro cada parche, se deberían aplicar procedimientos geoestadísticos (ej. Roa-Ureta & Niklitschek, 2007). De esta forma es posible ajustar un modelo binomial para los datos de presencia/ausencia y un modelo Gaussiano para las observaciones positivas densidad (box-cox transformado). Por lo tanto, se evalúan dos procesos de correlación espacial separadas. Mientras que el primer modelo evalúa si existe correlación espacial en la distribución de recursos (presencia/ausencia) a través del parche, el segundo mide si las observaciones positivas son

correlacionadas espacialmente a través del subconjunto celdas donde la población está presente. Este último modelo estima un valor de densidad media de choritos y su error estandar. Con el área ocupada por los choritos y la densidad se obtiene la abundancia total de choritos en la subpoblación y su error estandar.

iii. Biomasa de choritos

La biomasa de choritos se obtiene de la expansión de la distribución de tamaños a la abundancia total de choritos. Para obtener la biomasa es necesario recolectar una muestra representativa de choritos a través de buceo, para obtener la distribución de tamaños y peso de los individuos. Luego se ajusta una curva longitud peso para obtener los parámetros y realizar una estimación de la biomasa considerando la distribución de tamaños y la abundancia total registrada en la subpoblación. Por lo general este valor se obtiene de los seguimientos de AMERBs, ya que con el se obtiene la cosecha (captura solicitada a Subpesca).

iv. Distribución de tamaños

La longitud de la concha se obtiene desde una muestra recolectada por buceo y es parte del seguimiento de AMERBs.

Con esta información es posible construir la estructura de tallas para la subpoblación para lo cual el tamaño de la muestra por subpoblación debería ser de alrededor de 600 ejemplares medidos. Desde esta muestra se puede obtener la proporción de choritos sobre talla mínima legal, reclutamiento, proporción de la población que se reproduce (ver Objetivo 3).

v. Reclutamiento

Los choritos en el banco natural del Fiordo Reloncaví alcanzan 10-25 mm en el primer año de vida, lo que puede ser detectado a través de la recolección de las muestras en las AMERBs y/o la grabación de videos. De esta forma se propone que reclutas de *M. chilensis* sean considerados a aquellos entre 10 a 20 mm de longitud, los que pueden ser representados como la fracción (abundancia) de choritos en la subpoblación.

Por otro lado y considerando la importancia que tiene para los mismos pescadores la sustentabilidad de sus bancos es recomendable implementar sistemas de monitoreo de reclutamiento en los bancos naturales aledaño a las zonas de instalación de colectores. Para ello

se puede aplicar la metodología descrita en el objetivo 3. La tendencia de este tipo de indicadores podría sugerir aplicar reglas de decisión tales como: i) evitar cosechar toda la captación obtenida y “sembrar” choritos en las orillas, ii) disminuir el N° de colectores, iii) identificar zonas en las que no se instalen colectores u otras acciones.

vi. Perfiles de distribución de choritos intermareal y submareal

La presencia de *M. chilensis* en el intermareal y submareal sugiere la existencia de un gradiente en la franja que ocupa *M. chilensis* en su distribución espacial, donde aquellos individuos que habitan el intermareal muestran un mejor índice de condición e índice gonádico. Por otro lado, la escasez de chorito en el submareal y las menores densidades de chorito en el intermareal comparado con lo observado por Lizama (2003), sugieren disminución de la abundancia de *M. chilensis* en el fiordo Reloncaví y en el Estero Piti-palena. La dinámica de Contracción/expansión de los bancos de mitilidos en el gradiente vertical parece una buena herramienta para el monitoreo de estas poblaciones espacialmente estructuradas. Por lo anterior, pareciera deseable entender de mejor manera si existe alguna diferenciación en el aporte reproductivo de choritos que habitan el submareal y el intermareal. Hasta ahora no logramos entender si la presencia de choritos en el intermareal y submareal son indicadores del estado de salud del banco, lo que parece prioritario si se busca entender la dinámica de estas poblaciones.

vii. Comunidad asociada

La estructura de las comunidades intermareales en sistemas rocosos y sus interacciones han sido descritas y discutidas en la literatura científica (ej Connel 1961, Paine 1974, Reusch et al. 1997, Hunt and Scheibling 2001, Saixso 2004) y sugieren la presencia de competencia intra e interespecifica entre organismos que se adhieren al sustrato y depredación por ejemplo por Equinodermata. Lamentablemente en Chile la ecología del intermareal en fiordos y canales ha sido escasamente descrita (ej. Viviani 1979), lo que contrasta con la importancia productiva y el uso que ha alcanzado este sistema en las últimas tres décadas. En el caso específico de *M. chilensis* existe una comunidad asociada que varía de acuerdo a los gradientes salinos (ver Objetivo 3 y 4). Cambios en la salinidad de la columna de agua en el largo plazo podrían modificar la disponibilidad de hábitat y los efectos de la depredación de especies de Equinodermata sobre los choritos. Este indicador de diversidad también está incorporado en los

seguimientos de las AMERBs, por lo que su análisis podría entregar información acerca de su inclusión dentro de un plan de monitoreo.

viii. Variables ambientales

Coincidente con lo descrito por Viviani (1979), *M. chilensis* fue observado en estrechos “cinturones” de aproximadamente 6 m de ancho en el Fiordo Reloncaví y de 1 m de ancho en el Estero Piti-Palena, en un hábitat caracterizado por la presencia de un fuerte gradiente de salinidad entre aproximadamente 12 y 26 psu. En el intermareal *M. chilensis* puede soportar variaciones de temperatura ambiental entre 0 y 30 °C, mientras en la columna de agua la temperatura varía entre 12 y 26 °C (Buschbaun et al. 2009). En tal sentido se propone que el gradiente de salinidad debe jugar un rol importante en la estructura de la comunidad. Allí bancos de *M. chilensis* estarían confinados a un estrecho hábitat que limita con restricciones físico-químicas hacia la parte superior y con restricciones dadas por la competencia y depredación hacia la parte inferior de su distribución.

Por lo tanto se sugiere en la medida de lo posible, el registro de perfiles de temperatura y salinidad (al menos) de la columna de agua, lo que puede ser complementado con información de descargas de ríos y de estaciones meteorológicas locales.

ix. Registro de información de captación de semillas

Este registro que actualmente lleva Sernapesca, debe ser incluido en los análisis integrados que se realice en cada zona definida. Esto permitirá tener una mejor aproximación a la mirada global en la zona de interés y por lo tanto contribuirá a una mejor toma de decisiones de los usuarios del sistema.

3.5.4. Discusión

En el actual escenario observado para los bancos naturales estudiados se espera que en el mediano-largo plazo la población de choritos se siga contrayendo lo que, sin un monitoreo poblacional, sólo sería evidenciado a través de fallas de las captaciones en los colectores instalados por los mitilicultores.

Las implicancias ecológicas para las poblaciones naturales de mitilidos y su comunidad asociada, son impredecibles y deben ser estudiadas. Las consecuencias para la mitilicultura podrían ser

muy negativas, ya que ésta es una de las actividades de acuicultura más acoplada con el medio ambiente, obteniendo semillas y alimento para la engorda a través de servicios ecosistémicos (e.g. Fisher et al. 2009). Esto se refleja en bajos costos de producción y acceso a esta actividad para pequeños productores (tales como los pescadores artesanales en Chile). Por esta razón es fundamental que esta actividad incorpore en su planificación la aproximación ecosistémica para la acuicultura (FAO 2010, 2015) y desarrolle y aplique planes de manejo orientados a su sustentabilidad.

Las AMERBs cuya especie objetivo sea *M. chilensis* y además incluyan la captación de semilla como una actividad del Plan de Manejo, deberían ser la base de un sistema de monitoreo de los bancos naturales y su relación con la captación de semillas para la mitilicultura. La información de AMERBs para el fiordo Reloncaví (ver Objetivo 1, Fig. 1.9) es aproximadamente coincidente con lo observado en este estudio indicando una tendencia hacia la disminución de las densidades y la abundancia a lo largo del fiordo, particularmente en la costa sur. En este sentido se sugiere realizar una revisión de los protocolos de muestreo y análisis de este tipo de AMERBs para que su seguimiento permita satisfacer las necesidades de información para conocer la tendencia de la dinámica poblacional de los bancos naturales y para la toma de decisiones sobre el mejor manejo de estas subpoblaciones.

Para el sector mitilicultor la falta de estrategias adecuadas para el manejo de los bancos naturales se verá invariablemente reflejada en malos resultados de captaciones futuras, como sucedió con la captación de semillas de *M. chilensis* en áreas de captación tradicionales (e.g. Avendaño et al. 2011), induciendo a la sustitución de la función ecosistémica de provisión de semillas, por ejemplo a través de la producción de semillas en hatchery. Más allá de representar una innovación tecnológica, esta eventual sustitución de funciones ecosistémicas y sus consecuencias sociales (para los pescadores artesanales que realizan gran parte de la captación actualmente) y económicas, esto pondría en tela de juicio la probabilidad de aplicar exitosamente la aproximación ecosistémica para la acuicultura, cuestionando la capacidad del sector acuicultor y pesquero (AMERBs) (productores, estado, científicos) para el desarrollo sostenible.

3.5.4. Conclusiones

Se propone que el seguimiento de las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos que incluyan entre sus especies objetivos al recurso chorito e incluyan la captación de semillas

como actividades en su plan de manejo debe satisfacer las necesidades de información para conocer las tendencias de la dinámica de los bancos naturales de *M. chilensis*.

Las metodologías de muestreo y análisis así como los objetivos de sustentabilidad que persiguen este tipo de medidas deben ser transferidos a los usuarios de las Areas, quienes serán los principales afectados ante la declinación de las abundancias en los bancos naturales y por ende la captación de semillas.

Al menos en las zonas estudiadas los bancos han mostrado evidencia de disminución de la abundancia lo que indicaría que no es aconsejable entregar nuevos permisos que involucren la captación de semillas en estas áreas (Ya sea AMERBs, permisos de escasa importancia y/o concesiones de acuicultura).

3.6. Actividades de difusión y transferencia de resultados

3.6.1 Presentación en Congreso de Ciencias del Mar

Se realizó una presentación oral de parte de los resultados del proyecto en el XXXVI Congreso de Ciencias del Mar realizado en la ciudad de Concepción (Anexo 2).

3.6.2 Presentación de resultados a pescadores y usuarios en Cochamó

Se realizó una presentación y discusión de los resultados a pescadores de Cochamó (ver Anexo 2).

3.6.3 Presentación en Congreso de Mitilicultura

Se presentó parte de los resultados en el II Congreso de Investigación Aplicada en Mitilicultura (Anexo 2), organizado por el Instituto Tecnológico para la Mitilicultura, dependiente de la Asociación de Mitilicultores de Chile (AMI-Chile)

3.6.4 Presentación a Subpesca e IFOP

Con fecha 4 de noviembre de 2016 se realizó una primera reunión de coordinación entre la Unidad de Recursos Bentónicos (encargada de las AMERBs), Unidad de Acuicultura (encargada de este tema), IFOP (encargado del seguimiento de AMERBs y de larvas de mitílidos), y este consultor para presentar y discutir los resultados del proyecto en la que participaron:

Nombre	Institución-Unidad
María Alejandra Pinto	Subpesca (Unidad de Recursos Bentónicos)

Cristian Escalona	Subpesca (Unidad de Recursos Bentónicos)
Andrés Venegas	Subpesca (Unidad de Recursos Bentónicos)
Daisy San Pedro	Subpesca (División de Acuicultura)
Gabriel Jerez	Subpesca (Unidad de Recursos Bentónicos)
Tatiana Riquelme	Subpesca (División de Acuicultura)
Nancy Barahona	Instituto de Fomento Pesquero
Pedro Romero	Instituto de Fomento Pesquero
Carlos Techeira	Instituto de Fomento Pesquero
Lianella Díaz	Instituto de Fomento Pesquero
Claudia Vargas	Universidad Austral de Chile
Carlos Molinet	Universidad Austral de Chile

En esa reunión (ver ppt en Anexo 3). se acordó realizar una primera actividad de análisis de gabinete de la información de AMERBs de bancos de mitilidos cuyos planes de manejo incluyen captación de semillas.

4. PLAN DE ACTIVIDADES

4.1. Carta Gantt

Actividades	Meses																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
OBJETIVO 1																			
Taller de coordinación (presentación de plan de trabajo)																			
Solicitud de permisos y autorizaciones																			
Recopilación y sistematización de la información sobre bancos de mitílidos																			
Elaboración base de datos																			
Geo referenciación de bancos																			
Taller equipo de trabajo																			
OBJETIVO 2																			
Solicitud de permisos y autorizaciones																			
Diseño de muestreo																			
Coordinación muestreos																			
Registro de video-transectos y toma de muestras																			
Procesamiento de muestras																			
Procesamiento de video-																			

transectos																				
Análisis de datos																				
OBJETIVO 3																				
Solicitud de permisos																				
Coordinación muestreos																				
Toma de muestras índice de condición y gonádico																				
Toma de muestras primera madurez																				
Asentamiento / reclutamiento																				
Variables ambientales																				
Análisis de datos																				
OBJETIVO 4																				
Evaluación de bancos																				
Calidad genética																				
Análisis de datos																				
OBJETIVO 5																				
Análisis de información																				
Plan de monitoreo																				
Talleres de difusión																				
INFORMES																				
Informe de Avance 1																				
Pre-informe Final																				
Informe Final																				

5. EQUIPO PROFESIONAL

NOMBRE	TÍTULO	FUNCIÓN
Carlos Molinet Flores	Biólogo Marino, Dr. Ciencias	Jefe de Proyecto, análisis de datos, modelamiento.
Manuel Díaz Gómez	Ingeniero Naval	Recolección de muestras de campo, coordinación recolección de muestras, planificación de muestreo, análisis de datos.
Patricio Díaz Gómez	Biólogo Marino, Dr en Oceanografía	Elaboración y manejo base de datos, recopilación bibliográfica.
Thamara Matamala	Biólogo Marino	Recolección de muestras y actualización base de datos
Loreto Pino	Biólogo Marino	Procesamiento video-transectos
Katherine Espinoza	Ingeniero en Acuicultura	Recolección de muestras. Procesamiento de muestras y video-transectos
María Olga Millanao	Técnico en Producción Acuícola	Procesamiento video-transectos
Marcela Astorga	Dr. En Ciencias	Análisis características genéticas de las poblaciones de mitílicos.
Patricia Ruiz	Biólogo Marino, MSc en Pesquerías	Asesor en análisis Ojiva de madurez
Leny Cares	Biólogo Marino	Coordinación y ejecución actividades de difusión.
Jaime Valencia	Ingeniero en Ejecución en Maderas	Apoyo para recolección de muestras en Raúl Marín Balmaceda
Camilo Almonacid	Buzo Mariscador	Apoyo para recolección de muestras en campañas de muestreo
Nelson Muñoz	Buzo Mariscador	Buzo para apoyo en recolección de muestras.
Myriam Castillo	Contador Auditor	Administración del proyecto

6. DEDICACION AL PROYECTO DEL EQUIPO PROFESIONAL

Personal	Función	HH dedicadas al proyecto
Carlos Molinet	Jefe de proyecto. Identificación de bancos. Diseño de muestreo, análisis de datos. Elaboración de informes	440
Manuel Diaz	Coordinador actividades en terreno y logística de muestreo. Recolección de muestras y actualización base de datos.	680
Patricio Diaz	Elaboración y mantención base de datos, análisis estadísticos. Elaboración de informes	200
Thamara Matamala	Recolección de muestras y actualización base de datos	780
Loreto Pino	Procesamiento de video-transectos	780
Maria Olga Millanao	Procesamiento de video-transectos	300
Jessie Gipoulou	Procesamiento de video-transectos	500
Katherine Espinoza	Recolección de muestras; Procesamiento de video-transectos	300
Marcela astorga	Revisión bibliográfica características genéticas de poblaciones de Mytilus en Chile	250
Patricia Ruiz	Asesor en análisis Ojiva de madurez	130
Leny Cares	Coordinación y ejecución actividades de difusión y muestreo Fiordo Reloncaví	200
Jaime Valencia	Apoyo para recolección de muestras en Raúl Marín Balmaceda	1400
Camilo Almonacid	Apoyo para recolección de muestras en campañas de muestreo	800
Nelson Muñoz	Buzo para apoyo en recolección de muestras.	400
Myriam Castillo	Administración del proyecto	400

7. LITERATURA CITADA

- Akaike H (1974) A new look at the statistical model identification. *Automatic Control, IEEE Transactions* 19:716-723
- Aracena O (1983) El cultivo de *Choromytilus chorus* (Choro zapato) en Chile central y sur. *Memorias Asociación Latinoamericana de Acuicultura* 5:231-240
- Astorga M., Cardenas L., Vargas J. 2015. Phylogenetic approaches to delimit genetic lineages of the *Mytilus* complex of South America: How many species are there?. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 34, No. 3, 1–12.
- Avendaño M, Cantillán M, Le Pennec M, Varela C, Garcias C (2011) Distribución temporal de larvas de *Mytilus chilensis* (Hupé, 1954) (Mollusca: Mytilidae), en el mar interior de Chiloé, sur de Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research* 39:416-426
- Bierne, N., Welch, J., Loire, E., Bonhomme, F., & David, P. 2011. The coupling hypothesis: why genome scans may fail to map local adaptation genes. *Molecular Ecology*, 20(10), 2044-2072.
- Burnham KP, Anderson DR (2002) *Model selection and multimodel inference: A practical-theoretic approach*, Vol. Springer-Verlag, Amsterdam
- Buschbaum C, Dittmann S, Hong JS, Hwang IS and others (2009) Mytilid mussels: global habitat engineers in coastal sediments. *Helgoland Marine Research* 63:47-58
- Buzeta R, Winter J, Chaparro O, Toro J and others (1988) *Desarrollo de la Maricultura en Chiloé, Chile*. Universidad Austral de Chile, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID-Canada). Valdivia
- Caddy JF (1989) *Marine invertebrate fisheries. Their assessment and management*, Vol. J. Wiley and Sons, Inc, New York
- Cameron RA, Schroeter SC (1980) Sea urchin recruitment: effect of substrate selection on juvenile distribution. *Mar Ecol Prog Ser* 2:2434-2247
- Cárcamo C., Comesaña A., Winkler F., Sanjuan A. 2005. Allozyme identification of mussels (Bivalvia: *Mytilus*) on the pacific coast of South America. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 24, No. 4, 1101-1115.
- Chaparro O, Winter J (1983) The effect of winter period, gametogenesis and spawning on the calorific content of soft parts en *Mytilis Chilensis*. *Aquaculture* 32:419-422
- Clasing E, Oñate A, Arriagada H (1998) *Cultivo de choritos en Chile*, Vol, Valdivia

- Comesaña A., Toro J., Innes D., Thompson R. 1999. A molecular approach to the ecology of a mussel (*Mytilus edulis* - *M. trossulus*) hybrid zone on the east coast of Newfoundland, Canada. *Marine Biology* 133: 213-221
- Connell JH (1961) The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. *Ecology* 42:710-723
- Daguin C., Borsa P. 2000. Genetic relationships of *Mytilus galloprovincialis* Lmk. populations worldwide: evidence from nuclear-DNA markers. In Crame A., Harper E., Taylor J. (eds.), *Bivalve Systematics and Evolution. Geological Society of London Special Publications* 177, 389-397.
- Daneri G, Pizarro O, Figueroa D, Montero Pand others (2009) Evaluación de la capacidad de carga del estuario Reloncaví. Informe Final, Proyecto FIP 2007-21., Universidad Austral de Chile, Coyhaique
- Díaz P, Molinet C, Cáceres M, Valle-Levinson A (2011) Seasonal and intratidal distribution of *Dinophysis* spp in a Chilean fjord. *Harmful Algae* 10:155-164
- Diz A., Presa P. 2008. Regional patterns of microsatellite variation in *Mytilus galloprovincialis* from the Iberian Peninsula. *Mar Biol* 154:277–286
- Diz A., Presa P. 2009. The genetic diversity pattern of *Mytilus galloprovincialis* in Galician Rías (NW Iberian estuaries). *Aquaculture* 287 278–285.
- Faure M., David P., Bonhomme F., Bierne N. 2008. Genetic hitchhiking in a subdivided population of *Mytilus edulis*. *BMC Evolutionary Biology*, 8:164
- Gaines SD, Lafferty KD (1995) Modeling the dynamics of marine species: the importance of incorporating larval dispersal. In: McEdward LR (ed) *Ecology of marine invertebrate larvae*. CRC Press, Boca Raton Florida, USA, p 389-412
- Gérard K., Bierne N., Borsa P., Chenuil A., Féral J. 2008. Pleistocene separation of mitochondrial lineages of *Mytilus* spp. Mussels from Northern and Southern Hemispheres and strong genetic differentiation among southern populations. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 49 84–91
- Gulland JA, Rosenberg AA (1992) A review of length-based approaches to assessing fish stocks. *FAO Fish Res Paper* No 323 100 p

- Hanski I, Gilpin M (1991) Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. *Biological Journal of the Linnean Society* 42: 3-16
- Harrold C, Lisin S, Light K, Tudor S (1991) Isolating settlement from recruitment of sea urchin. *J Exp Mar Biol Ecol* 147:81-94
- Hartl, D. L., Clark, A. G., & Clark, A. G. 1997. Principles of population genetics (Vol. 116). Sunderland: Sinauer associates.
- Häussermann V, Försterra G (2009) Fauna Marina Bentónica de la Patagonia Chilena, Vol. Nature in Focus, Santiago, Chile
- Hughes G (1988) Models of crop growth. *Nature* 332:16
- Henriquez J, Molinet C, Valencia J (2014) Estudio de situación base plan de manejo y explotación, Raúl Marín Balmaceda Sector Brazo del Pillán, Universidad Austral de Chile
- Hummel H., Colucci F., Bogaards R., Strelkov P. 2001. Genetics traits in the bivalve *Mytilus* from Europe, with and emphasis on Arctic populations. *Polar Bios* 24: 44-52.
- Hunt HL, Scheibling RE (2001) Patch dynamics of mussels on rockyshores: Integrating process to understand pattern. *Ecology* 82:3213-3231
- Korrida A., Jadallah S., Izaabel H., Benhissoune S. 2010. Genetic Diversity Analysis of the Natural Populations of Mediterranean Mussels [*Mytilus galloprovincialis* (Lmk.)] in Agadir Bay: Assessment of the Molecular Polymorphism and Environmental Impact. *KBM Journal of Biology* 1 (2): 18-25.
- Lallias D, Stockdale R., Boudry P., Sapegue, A., Beaumont R.. 2009. Characterization of ten microsatellite loci in the blue mussel *Mytilus edulis*. *Journal Of Shellfish Research*, Vol. 28, No. 3, 1-5
- Larraín M., Vargas C., Díaz N., Araneda C., Lamas C. 2012. Genetic composition of *Mytilus* species in mussel populations from southern Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40(4): 1077-1084.
- Larraín M., Díaz N., Lamas C., Uribe C., Araneda C. 2014. Traceability of mussel (*Mytilus chilensis*) in southern Chile using microsatellite molecular markers and assignment algorithms. *Exploratory survey. Food Research International* 62, 104-110
- Leiva G, Santibañez C, Bartheld J (2007) Definición de criterios biológicos, ambientales, sanitarios y operativos para la instalación de colectores de moluscos bivalvos en la X Región. Informe final proyecto FIP 2005
- Lizama O (2003) Catastro de bancos naturales de mitilidos en el estuario Reloncaví. Cochamó

- Lorenzen S, Gallardo C, Jara C, Clasing E, Pequeño G, Moreno C (1979) Mariscos y peces de importancia comercial en el sur de Chile. Universidad Austral de Chile, Valdivia, p 131
- Lourenco C., Nicastro K., Serrao E., Castilho R., Zardi G. 2015. Behind the mask: cryptic genetic diversity of *Mytilus galloprovincialis* along southern European and northern African shores. J.Mollusc.Stud.eyv004.
- Marambio J, Maturana S, Campos B (2012) Modelo dinámico de crecimiento de la biomasa para *Mytilus chilensis* en sistemas de cultivo en líneas. Rev Biol Mar Ocenog 47:51-64
- McCullagh P, Nelder JA (1989) Generalized linear models, Vol 37, London
- Molinet, C., Díaz, M., Marín, S.L., Astorga, M.P., Ojeda, M., a, C.L., Asencio, E., In press. Relation of mussel spatfall on natural and artificial substrates: Analysis of ecological implications ensuring long-term success and sustainability for mussel farming. Aquaculture.
- Molinet C, Arevalo A, Barahona N, Ariz Land others (2008) Diagnóstico biológico –pesquero para recursos bentónicos de la zona contigua, X y XI region. Report No. FIP 2005-51, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt
- Molinet C, Díaz M, Arriagada C, Cares L, Marín S, Astorga M, Niklitschek E (2015) Spatial distribution pattern of *Mytilus chilensis* beds in the Reloncaví fjord: hypothesis on associated processes. Rev Chil Hist Nat 88:11
- Molinet C, Gavilán M (1994) Diseño y aplicación de una plan de manejo comunitario de bancos naturales de chorito, cholga y almeja y fomento a la Acuicultura en el Estero Pitipalena, Universidad Austral de Chile, Coyhaique
- Molinet C, Gonzalez C, Mora O, Valencia J, Barra J (2000) Desarrollo de la Acuicultura en 4 localidades del litoral Norte, Aysén, XI Región, Centro Universitario de La Trapananda, Universidad Austral de Chile, Coyhaique
- Molinet C, Torrijos C, Diaz P, Solari M, Marticorena F, Jerez P, Navarro M (2006) Seguimiento de la marea roja en dos localidades de la provincia de Aysén, Melinka y Raúl Marín Balmaceda, Universidad Austral de Chile, Coyhaique
- Navarro J, Winter J (1982) Ingestion rate, assimilation efficiency and energy balance in *Mytilus chilensis* in relation to body size and different algal concentrations. Mar Biol 67:255-266
- Orensanz JM, Jamieson GS (1998) The assessment and management of spatially structured stocks: an overview of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and

- Management. In: Jamieson GS, Campbell A (eds) Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management, Vol 125. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, p 441-459
- Orensanz JML, Parma AM, Jerez G, Barahona N, Montecinos M, Elias I (2005) What are the key elements for the sustainability of "S-Fisheries"? Insights South America. *Bulletin of Marine Science* 76:527-556
- Orensanz JM, Parma A, Turk T, Valero J (2006) Dynamics, assessment and management of exploited natural populations In: Shumway S, Parsons GJ (eds) *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Elsevier p765-868
- Ort S., Pogson G. 2007 Molecular Population Genetics of the Male and Female Mitochondrial DNA Molecules of the California Sea Mussel, *Mytilus californianus*. *Genetics* 177: 1087–1099
- Ouagajjou Y., Presa P., Astorga M., Pérez M. 2011. Microsatellites of *Mytilus chilensis*: A Genomic Print of Its Taxonomic Status within *Mytilus* sp. *Journal of Shellfish Research*, 30(2):325-330.
- Paine RT (1974) intertidal community structure: experimental studies on the relationship between competitor and its principal predator. *Oecologia* 15:93-120
- Palumbi, S. R. 1994. Genetic divergence, reproductive isolation, and marine speciation. *Annual review of ecology and systematics*, 547-572.
- Pereira E., Owen D., Skibinski F. 2008. Allozymes and nDNA markers show different levels of population differentiation in the mussel *Mytilus edulis* on British coasts. *Hydrobiologia* 620:25–33
- R Development Core Team (2012) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.r-project.org/>
- Ramorino L, Campos B (1983) Larvas y post-larvas de Mytilidae de Chile (Mollusca: Bivalvia). *Rev Biol Mar* 19:143-193
- Reusch T, Chapman A (1997) Persistence and space occupancy by subtidal blue mussel patches. *Ecol Monogr* 67:65-87
- Riginos C., Henzler C. 2008. Patterns of mtDNA diversity in North Atlantic populations of the mussel *Mytilus edulis*. *Mar Biol* 155:399–412

- Roa-Ureta R, Nickitscheck E (2007) Biomass estimation from surveys with likelihood-based geostatistics. *ICES J Mar Sci* 64:1723–1734
- Roughgarden J, Iwasa Y, Baxter C (1985) Demographic theory for an open marine population with space-limited recruitment. *Ecology* 66:54-67
- Sernapesca (2011) Anuario Estadístico de Pesca, Servicio Nacional de Pesca, Valparaíso
- Smietanka B., Burzyński A, Wenne R. 2009. Molecular population genetics of male and female mitochondrial genomes in European mussels *Mytilus*. *Mar Biol* 156:913–925
- Smietanka B., Burzyński A., Hummel H., Wenne R. 2014. Glacial history of the European marine mussels *Mytilus*, inferred from distribution of mitochondrial DNA lineages. *Heredity* 113, 250–258.
- Soto D, Molinet C, Jara F (1999) Herramientas metodológicas para definir los usos de áreas con bancos naturales en XI región. Informe Final, Proyecto FIP 97-41., Universidad Austral de Chile, Puerto Montt
- Subpesca (2012) Modificación de área FAN de *Alexandrium catenella*. Declaración del Estero Pitipalena área libre de FAN de *A. catenella*. Informe técnico (D. Ac.) N° 1267/2012. Subsecretaría de Pesca.
- Toro J., Ojeda J., Vergara A. 2004. The genetic structure of *Mytilus chilensis* (Hupe 1854) populations along the Chilean coast based on RAPDs analysis. *Aquaculture Research*, 35, 1466-1471
- Toro J., Castro G., Ojeda J., Vergara A. 2006. Allozymic variation and differentiation in the Chilean blue mussel, *Mytilus chilensis*, along its natural distribution. *Genetics and Molecular Biology*, 29, 1, 174-179
- Toro J. 1998. Molecular identification of four species of mussel from southern Chile by PCR-Based nuclear markers: The potential use in studies involving planktonic surveys. *J Shellfish Res* Vol. 17, No. 4, 1203-1205.
- Toro J. 1998b. PCR-Based nuclear and mtDNA markers and shell morphology as an approach to study the taxonomic status of the Chilean blue mussel, *Mytilus chilensis*. *Aquat. Living Resour* 11 (5) 347-353.
- Väinölä R., Hvilsum M. 1991. Genetic divergence and a hybrid zone between Baltic and North Sea *Mytilus* populations (*Mytilidae*: *Mollusca*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 43(2), 127-148.

- Viviani CA (1979) Ecogeografía del litoral Chileno. *Stud Neotrop Fauna Environ* 14:65-123
- Wares, J. P., & Cunningham, C. W. 2001. Phylogeography and historical ecology of the North Atlantic intertidal. *Evolution*, 55(12), 2455-2469.
- Widdows J (1987) Combined effects of body size, food concentrations and season on the physiology of *Mytilus edulis*. *J Mar Biol Ass UK* 58:109-124
- Widdows J (1991) Physiological ecology of mussel larvae. *Aquaculture* 94:147-163
- Winter J, Toro, J., Navarro, J., Valenzuela, G. and Chaparro, O. (1984) Recent developments, status, and prospects of molluscan aquaculture on the Pacific coast of South America. *Aquaculture* 39:95-134
- Zagal C, Hermosilla C, Riedeman A (2001) Guía de invertebrados marinos del litoral Valdiviano, Vol. Quebecor World Chile S.A.
- Zardi G, McQuaid C, Teske P, Barker N. 2007. Unexpected genetic structure of mussel populations in South Africa: indigenous *Perna perna* and invasive *Mytilus galloprovincialis*. *Mar Ecol Prog Ser* Vol. 337: 135–144.

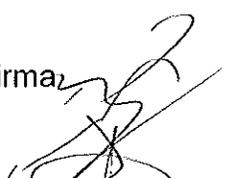
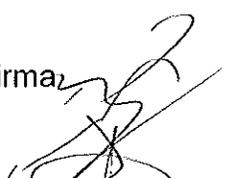
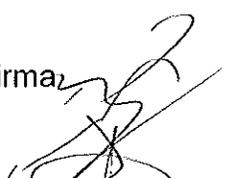
8. ANEXOS

Anexo 1: Acta reunion de Coordinación

ACTA DE REUNION DE COORDINACION

PROYECTO FIP 2014-57: PROSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE BANCOS NATURALES DE MITÍLIDOS EN LA ZONA SUR-AUSTRAL DE CHILE

EJECUTOR: UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

FECHA: 03/02/2015	LUGAR: FIP, VALPARAISO-VIDEOCONFERENCIA PUERTO MONTT																						
<p>TEMAS TRATADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Presentación general proyecto - objetivo 1: se entregará generalizado en formato ArcGIS - objetivo 2: se propusieron a priori 3 sitios, pero con el análisis ^{histórica} información se retiraron (El Estero Fierdo Meloncarl, Pti Palma, Yaldosa). Se usará trineo con cámara con buso. - objetivo 3: se hará otros módulos para Fierdo Meloncarl - se hará solicitud de modificación de plazo para 1er informe avance. 																							
<p>ASISTENTES</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="181 1528 503 1564">Nombre</th> <th data-bbox="503 1528 803 1564">Firma</th> <th data-bbox="803 1528 1507 1564">Institución</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="181 1564 503 1648">Alejandro Juncos</td> <td data-bbox="503 1564 803 1648"></td> <td data-bbox="803 1564 1507 1648">Subpeds.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="181 1648 503 1732">Daniela Guajardo</td> <td data-bbox="503 1648 803 1732"></td> <td data-bbox="803 1648 1507 1732">Subpeds.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="181 1732 503 1816">MAÚ ZAVANDO</td> <td data-bbox="503 1732 803 1816"></td> <td data-bbox="803 1732 1507 1816">FIP</td> </tr> <tr> <td data-bbox="181 1816 503 1858">CARLOS MOLINET</td> <td data-bbox="503 1816 803 1858">U AUSTRAL</td> <td data-bbox="803 1816 1507 1858">POR VIDEOCONFERENCIA</td> </tr> <tr> <td data-bbox="181 1858 503 1900">KATHERINE ESPINOZA</td> <td data-bbox="503 1858 803 1900">U AUSTRAL</td> <td data-bbox="803 1858 1507 1900">POR VIDEOCONFERENCIA</td> </tr> <tr> <td data-bbox="181 1900 503 1963">LENY CARLES</td> <td data-bbox="503 1900 803 1963">U AUSTRAL</td> <td data-bbox="803 1900 1507 1963">POR VIDEOCONFERENCIA</td> </tr> </tbody> </table>			Nombre	Firma	Institución	Alejandro Juncos		Subpeds.	Daniela Guajardo		Subpeds.	MAÚ ZAVANDO		FIP	CARLOS MOLINET	U AUSTRAL	POR VIDEOCONFERENCIA	KATHERINE ESPINOZA	U AUSTRAL	POR VIDEOCONFERENCIA	LENY CARLES	U AUSTRAL	POR VIDEOCONFERENCIA
Nombre	Firma	Institución																					
Alejandro Juncos		Subpeds.																					
Daniela Guajardo		Subpeds.																					
MAÚ ZAVANDO		FIP																					
CARLOS MOLINET	U AUSTRAL	POR VIDEOCONFERENCIA																					
KATHERINE ESPINOZA	U AUSTRAL	POR VIDEOCONFERENCIA																					
LENY CARLES	U AUSTRAL	POR VIDEOCONFERENCIA																					

Anexo II: Actividades de Difusión

Relación entre la captación de semillas en cuerdas y las poblaciones naturales de choritos: Bases para el éxito y sustentabilidad de la mitilicultura

Linking spatfall in ropes for mussel aquaculture to natural populations of mussels: Looking for success and sustainability of aquaculture

Molinet, C¹., Díaz Gomez, Manuel²., Astorga Opazo, Marcela Patricia¹., Marín Arribas, Sandra Lorena¹., Cares, Leny².,

¹Instituto de Acuicultura, Sede Puerto Montt, Universidad Austral De Chile.²Instituto de Acuicultura, Programa de Investigación Pesquera, Sede Puerto Montt, Universidad Austral De Chile.

Las características de los mitílidos además de su habilidad para asentarse en sustratos de tipo filamentosos son aprovechadas para su captación en cuerdas por los mitilicultores, lo que produce un fuerte impacto económico-social ya que permite que micro y pequeños productores puedan participar directamente de una actividad que produce más de 3 millones de toneladas anualmente a nivel global. Sin embargo, pese a la importancia de este servicio ecosistémico, en la literatura no se registra una asociación entre la dinámica de los bancos naturales y la explotación de semillas, lo que se traduce en un desacoplamiento/desconocimiento de la relación de esta importante actividad productiva con el medio natural. En este trabajo se presenta el caso de *Mytilus chilensis* (Hupe, 1854) una especie que domina las comunidades intermareales y submareales someras en estuarios de la costa chilena y parte de la costa Argentina y que su cultivo en Chile produce alrededor de 240,000 Tons. Nosotros estudiamos la dinámica de bancos naturales, suministro larval, asentamiento y reclutamiento de *M. chilensis* en el fiordo Reloncaví, una de las zonas más importantes para la captación de semillas en Chile, y la relacionamos con la captación de semillas en cuerdas instaladas por productores locales. Nuestros resultados muestran que el tamaño de la población de choritos está relacionada con el suministro larval, la captación en cuerdas y el asentamiento en sustrato natural, pero parece estar desacoplada con el reclutamiento en el banco natural. A la vez la excesiva oferta de sustrato artificial puede promover fallas de reclutamiento en los bancos locales lo que es una amenaza para la industria mitilicultora. En la búsqueda de una eventual sustitución de la función ecosistémica de provisión de semillas (eg. producción de semillas en laboratorio) para satisfacer las necesidades de la industria, se estaría contraviniendo principios del Enfoque Ecosistémico para la Acuicultura, además de amenazar la estabilidad de esta actividad productiva. Finalmente se sugiere la implementación de medidas de manejo para promover la sustentabilidad de esta actividad.

FONDECYT 1130716, FIP 2014-57



Universidad Austral de Chile
Instituto de Acuicultura

COMUNICADO

La Universidad Austral de Chile junto a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, a través de su Fondo de Investigación Pesquera (FIP), tiene el agrado de invitar a todos los pescadores artesanales, mitilicultores e interesados a un Taller de Resultados del proyecto **“Prospección y evaluación de la condición de bancos naturales de mitílicos en la zona sur-austral de Chile”**, el próximo viernes 24 de junio a las 15:00 horas en el Restaurant Pemauyen, ubicado en avenida Aeropuerto S/N°, Cochamó.

El objetivo es revisar el estado de los bancos naturales de choritos, sus proyecciones, propuestas de manejo entre otras temáticas.

La jornada será propicia para el tratamiento de los temas mencionados y atender las consultas de los asistentes, lo que será acompañado de un exquisito cóctel de bienvenida.

Se extiende la invitación para todos los interesados,

Carlos Molinet Flores
Instituto de Acuicultura, UACH
Puerto Montt

PD: Los interesados que tengan problemas de locomoción llamar a la radio o al Programa de Investigación Pesquera de la Universidad Austral de Chile a la srta. Leny Cares (Fono 65-2-437387)



Universidad Austral de Chile

Conocimiento y Naturaleza

INFORME TALLER DE FINALIZACIÓN

PROYECTO FIP 2014-57: **“Prospección y evaluación de la condición de bancos naturales de mitílicos en la zona sur-austral de Chile”**.

- **OBJETIVO:** Presentar y discutir los resultados del proyecto con el fin de obtener retroalimentación y proponer en conjunto proyecciones y planes de manejo.
- **PARTICIPANTES:** Se hizo extensiva la invitación a toda la comunidad del estuario Reloncaví. Se informó del evento con anticipación mediante avisos radiales. Asistieron pescadores artesanales de distintos sindicatos y sectores y representantes de la comunidad, se adjunta listado de asistentes y aviso radial.
- **PROGRAMA Y MATERIAL DE DIFUSIÓN:** Se les entregó una carpeta con el programa y un resumen del proyecto y material para que tomen apuntes. Material en adjunto.
- **DESARROLLO DEL TALLER:** Se presentaron los resultados del proyecto, además de otros proyectos realizados en la misma área y en la región de Aysén, para contrastar los resultados. Se realizó una discusión de los resultados y de las medidas a adoptar por el sector mitilicultor.
- **CONCLUSIONES:**
 1. Se acepta que existe un deterioro en los bancos naturales de choritos, sobre todos los que están ubicados en el submareal o chorito limpio.
 2. Reconocimiento que las captaciones naturales de semillas han disminuido en comparación a otros años en el sector de la cabecera del estuario (Cochamó).
 3. Se requiere continuar con el seguimiento de las captaciones de semillas en cintas y rocas, para evaluar el reclutamiento de mitílicos.
 4. Los participantes manifiestan su desagrado con las empresas salmoneras por la cantidad de antibióticos y químicos que liberan al agua, atribuyéndole las bajas captaciones de semillas.
 5. Se manifiesta el interés de la comunidad para trabajar en conjunto con la Universidad, mediante la creación de un Convenio con la Escuela Fronteriza Juan Soler Manfredini, con los alumnos de enseñanza media. Este convenio se encuentra en espera de firmas.

INFORMACIÓN:

Fecha: Viernes, 24 de junio 2016

Lugar: Cochamó, Salón Pemauyén

Los Pinos s/n, Balneario Pelluco - Campus Puerto Montt – Puerto Montt - Chile

Casilla 1327 - Fono: 56 65 277122 - Fax: 56 65 255583 - email: iacui@uach.cl www.uach.cl



Universidad Austral de Chile

Conocimiento y Naturaleza

TALLER DE RESULTADOS PROYECTO FIP 2014-57 "PROSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE BANCOS NATURALES DE MITÍLIDOS EN LA ZONA SUR-AUSTRAL DE CHILE"
COCHAMÓ, 23 DE JUNIO 2016

NOMBRE	INSTITUCIÓN	E-MAIL	FIRMA
Ricardo Fajriny Fuentes	Industria Pesquera	RFAJRI@Gmail.com	Ricardo Fajriny Fuentes
Jose Vidar Parrao Saravia	Sindicato Coscopal Cooperativa Cochamo	71396245 pspatriciosaldiva@gmail.com	[Signature]
Deputada Mendy Rojas	Cooperativa Cochamó	radio.sadist@elaurice.cl	[Signature]
Ricardo Quelobena	Sindicato Coscopal	cochamovicardob@gmail.com 99912078	[Signature]
Miguel Dosses D	A. G. Mitilicultores	mdosses@yaoo.es	[Signature]
José Flores	Comunidad Indígena	carlos25@gmail.com	[Signature]
VICTOR CARRERA	Sindicato Cochamo		[Signature]

PROGRAMA “II SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN APLICADA A LA MITILICULTURA”

28 JULIO 2016. CASINO ENJOY, CASTRO CHILOÉ

MAÑANA

- 08:30 hrs: Registro Participantes
- 09:00 hrs: Apertura Seminario. Sr. Eduardo Ferrari Pdte. INTEMIT
- 09:15 hrs: Atributos de la Plataforma Informática Georreferenciada y la necesidad de adaptarse a los desafíos ambientales y productivos futuros. **Expositor:** Dr. Cristian Segura- INTEMIT.
- 09:35 hrs: Sesión de preguntas y respuestas
- 09:50 hrs: Uso de plataformas satelitales en ecosistemas de Acuicultura: el Caso del Mar Interior de Chiloé. **Expositor:** Dr(c) Carlos Lara- UCN/MUSELS.
- 10:10 hrs: Sesión de preguntas y respuestas
-
- 10:25 hrs: **COFFE BREAK**
-
- 10:45 hrs: Sensores remotos aplicados a la mitilicultura: Una potencial herramienta para proyectar la disponibilidad de alimento. **Expositor:** Dr. Patricio Díaz- UACH.
- 11:00 hrs: Sesión de preguntas y respuestas
- 11:15 hrs: Relación entre la captación de semillas en cuerdas y las poblaciones naturales de choritos: Bases para el éxito y sustentabilidad de la mitilicultura. **Expositor:** Dr. Carlos Molinet-UACH.
- 11:35 hrs: Sesión de preguntas y respuestas
- 11:50 hrs: Suministro de larvas para la captación de semillas de mitílidos: Variabilidad espacio-temporal y su relación con variables ambientales. **Expositor:** MSc. David Opazo-IFOP.
- 12:10 hrs: Sesión de preguntas y respuestas
-
- 12:25 hrs: **ALMUERZO (LIBRE)**
-

PROGRAMA “II SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN APLICADA A LA MITILICULTURA”

28 JULIO 2016. CASINO ENJOY, CASTRO CHILOÉ

TARDE

- 14:30 hrs: xxxxxxxx **Expositor:** Dr. Nelson Lagos-UST/MUSELS
- 14:50 hrs: Sesión de preguntas y respuestas
- 15:05 hrs: ¿Responden los consumidores a cambios en atributos de los choritos debido al cambio climático?. **Expositor:** Dr. Felipe Vázquez- UDD/MUSELS.
- 15:25 hrs: Sesión de preguntas y respuestas
-
- 15:40 hrs: **COFFE BREAK**
-
- 16:00 hrs: Externalidades en la producción mitilicultora en Chile: La importancia de la congestión. **Expositor:** Dr. Jorge Dresdner- UdeC/Musels.
- 16:20 hrs: Sesión de preguntas y respuestas
- 16:35 hrs: Hoja de Ruta del Programa Estratégico Regional para la especialización inteligente de la industria de la mitilicultura de la Región de Los Lagos. **Expositor:** MSc. Alberto Augsburgger –UST/PER CORFO.
- 16:55 hrs: Sesión de preguntas y respuestas
- 17:10 hrs: Palabras al Cierre de Seminario
-
- 17:20 hrs: **COCTEL FINAL**
-

Anexo III: Presentación y discusión de resultados (ppt)



Prospección y evaluación de la condición de bancos naturales de mitílicos en la zona sur-austral de Chile



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza

Instituto de Acuicultura
Programa de Investigación Pesquera

Carlos Molinet, Manuel Díaz, Patricio Díaz, Leny Cares

Proyecto FIP 2014-57

Objetivo General

Identificar y caracterizar el estado de bancos naturales de choritos (*Mytilus spp.*), asociados a la obtención de semillas desde el medio natural para la mitilicultura en la X y XI regiones, y proponer un programa de seguimiento para bancos naturales de la especie.

Proyecto FIP 2014-57

Objetivos específicos

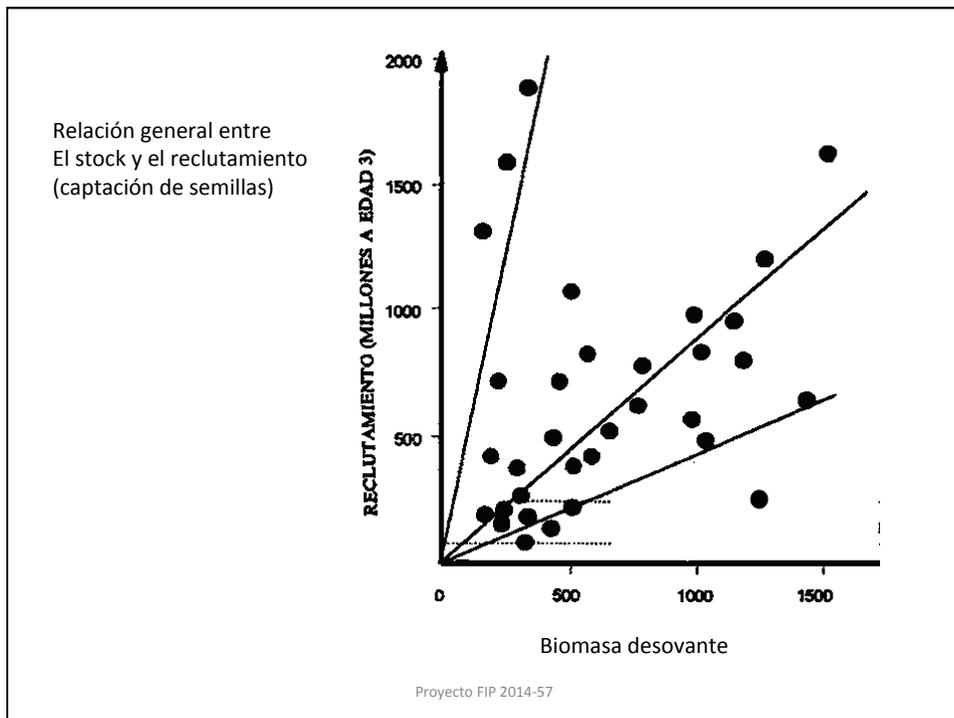
1. Recopilar y analizar información histórica respecto a la ubicación y el estado de bancos naturales de mitílidos para la X y XI.
2. Identificar y delimitar espacialmente bancos naturales y estimar su abundancia en número y biomasa, de las distintas poblaciones de *Mytilus* spp en áreas con captación histórica de semillas.
3. Identificar y caracterizar parámetros poblacionales y reproductivos en bancos naturales de *Mytilus* spp identificados previamente.
4. Evaluar el estado general de los bancos naturales identificados y caracterizados considerando su abundancia, cobertura, densidad y comunidad asociada.
5. **Diseñar y proponer un plan de monitoreo y seguimiento de bancos naturales incluyendo indicadores poblacionales, basado en la información recopilada y considerando su importancia dentro de las actividades de captación de semillas y engorda.**

Proyecto FIP 2014-57

Contexto

Captación de semillas para la Mitilicultura
Bancos naturales

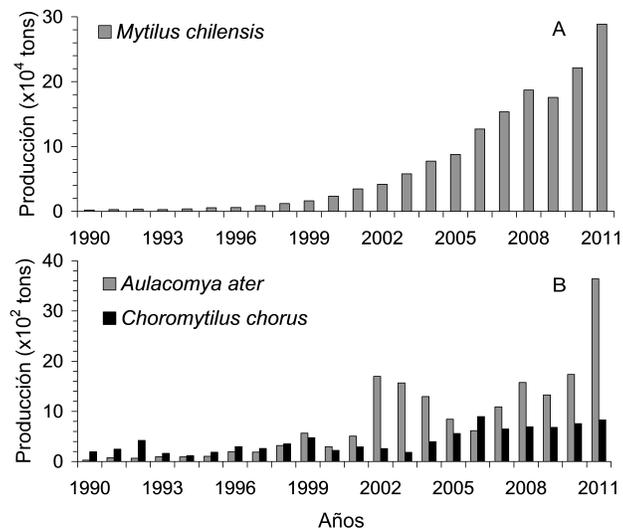
Proyecto FIP 2014-57



Antecedentes

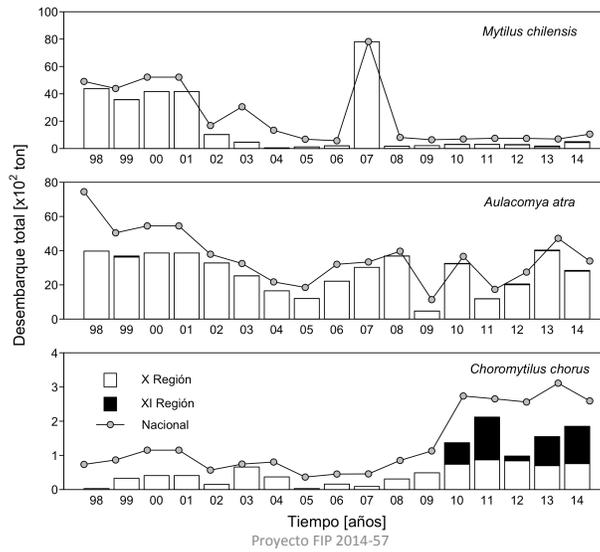
Proyecto FIP 2014-57

Producción total anual de mitílidos cultivados en Chile entre 1990 y 2011. A) *Mytilus chilensis*, B) *Aulacomya ater* y *Choromytilus chorus*. Fuente: Sernapesca.

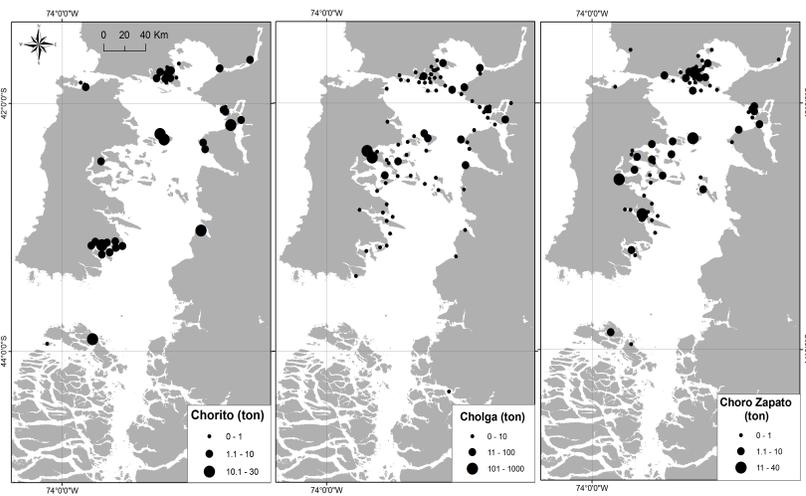


Proyecto FIP 2014-57

Desembarque total (anual) de mitílidos registrado en bancos naturales entre 1998 y 2014 a nivel nacional, X y XI regiones. Fuente: Sernapesca

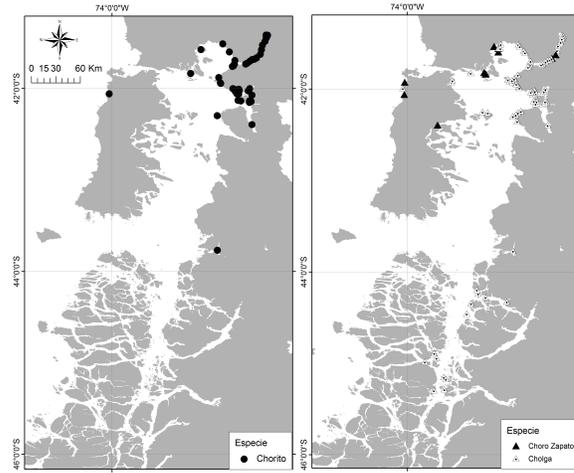


Desembarques muestreados de los recursos cholga, chorito y choro zapato a través del Programa de Seguimiento Bentónico del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) entre los años 2002 y 2013 en la X y XI regiones



Distribución general de AMERBs para los recursos chorito, cholga y choro zapato.

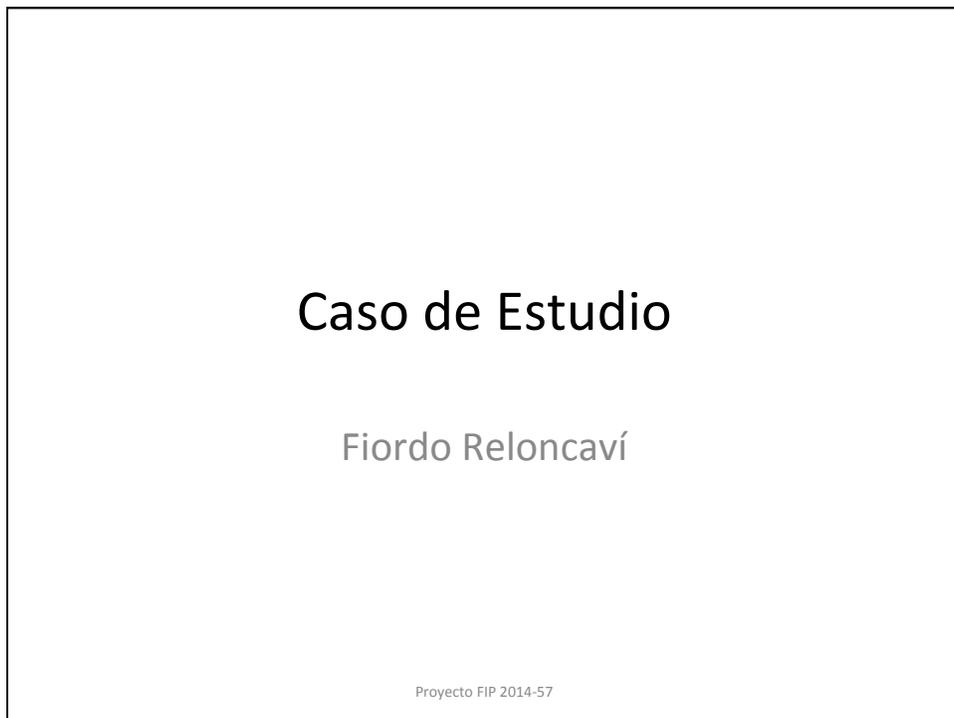
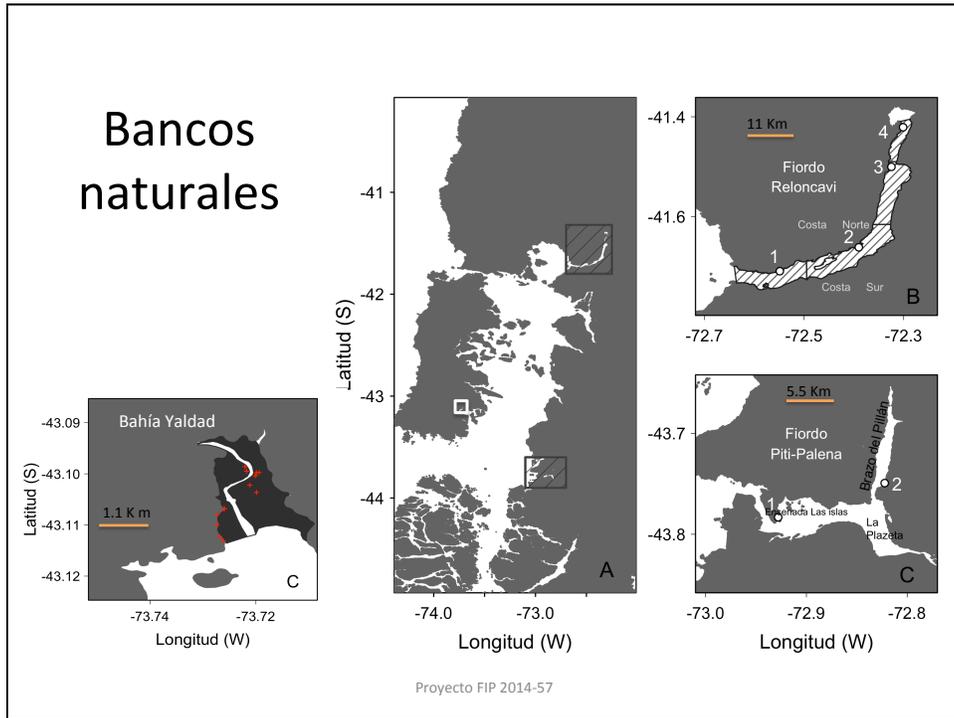
Región	Cholga	Chorito	Choro Zapato
X	134	86	14
XI	18	1	
Total	152	87	14

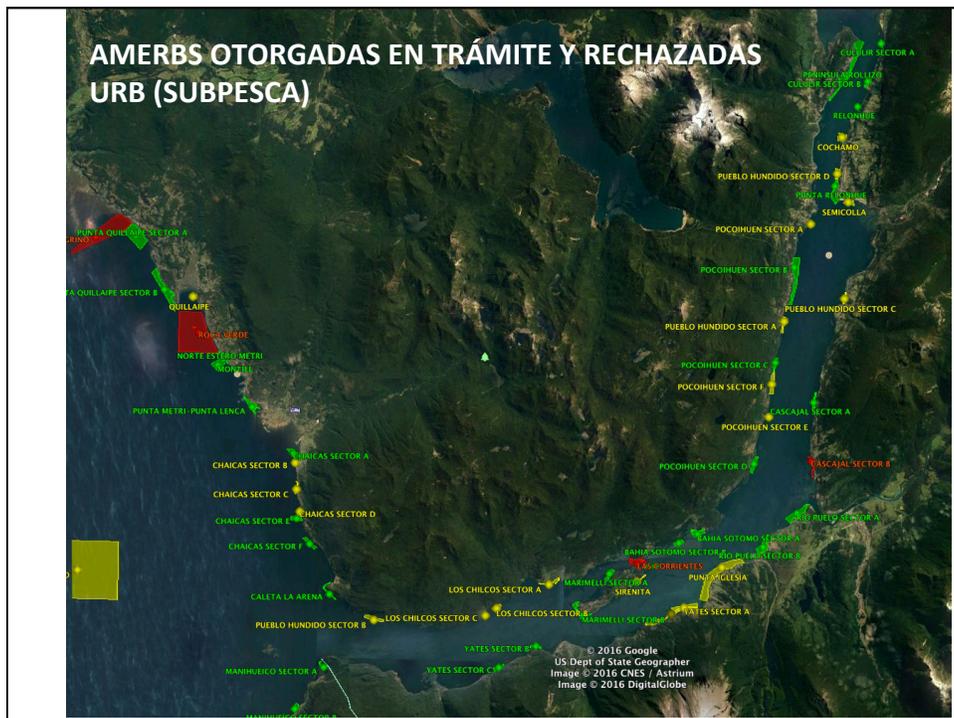
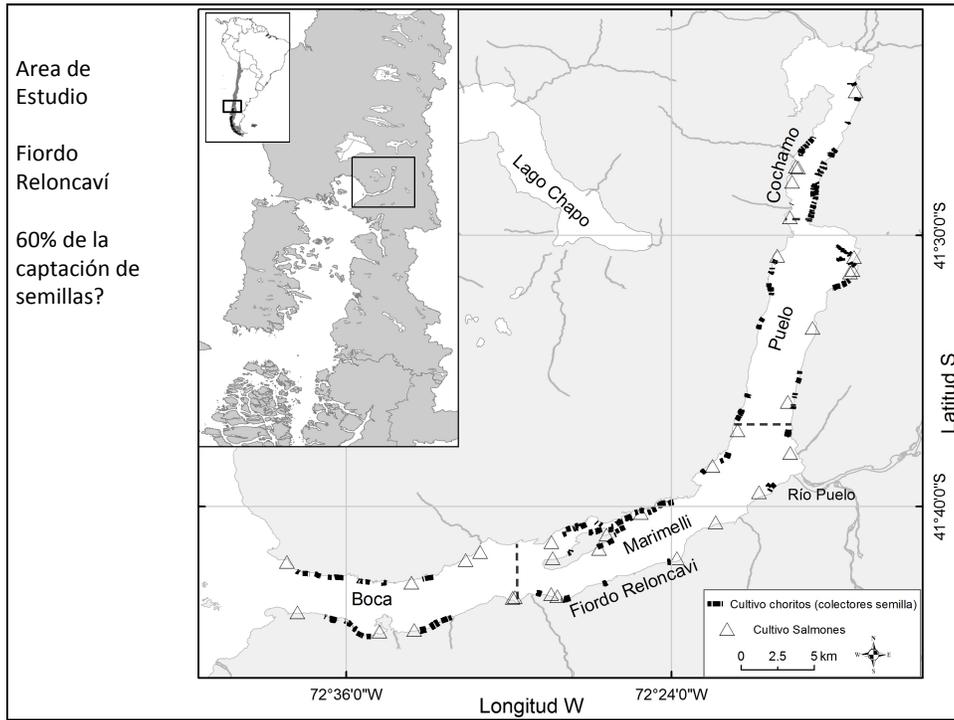


Area de estudio

Proyecto FIP 2014-57

Proyecto FIP 2014-57

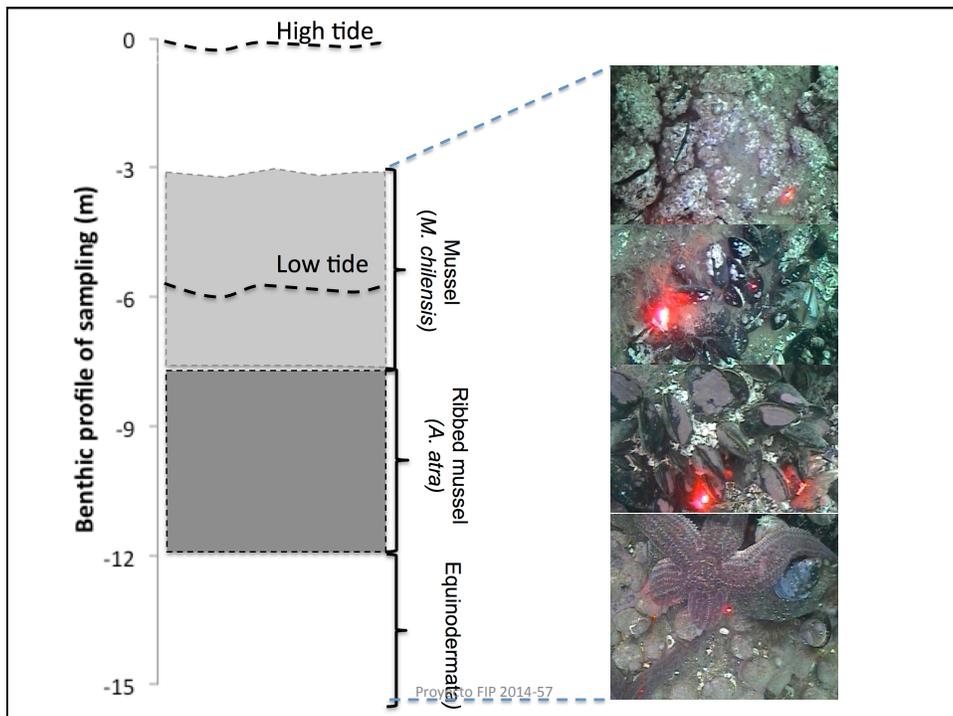


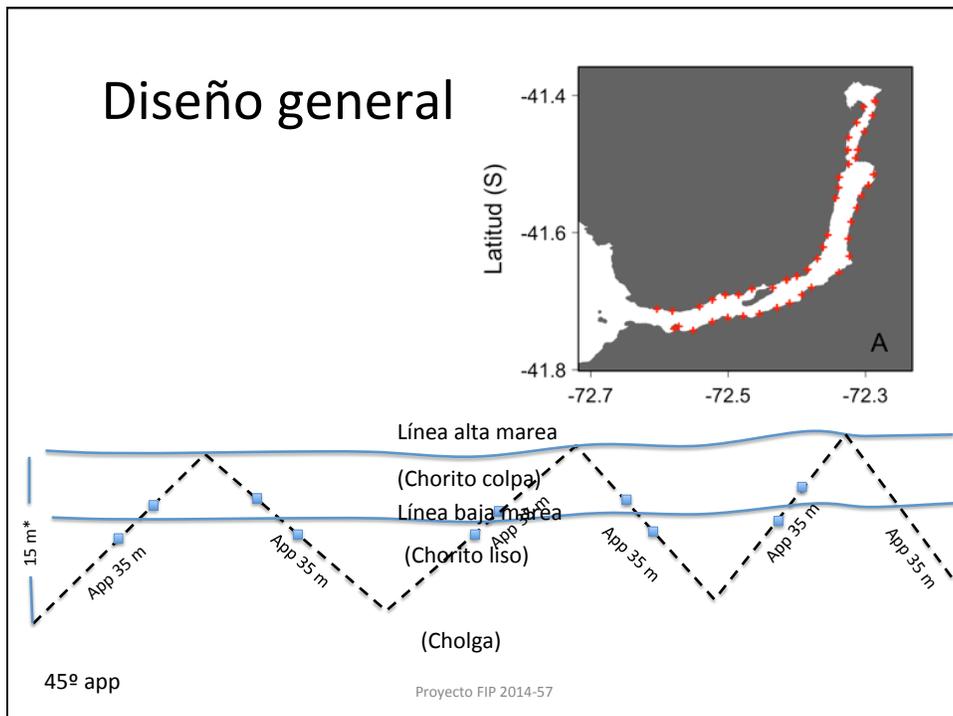
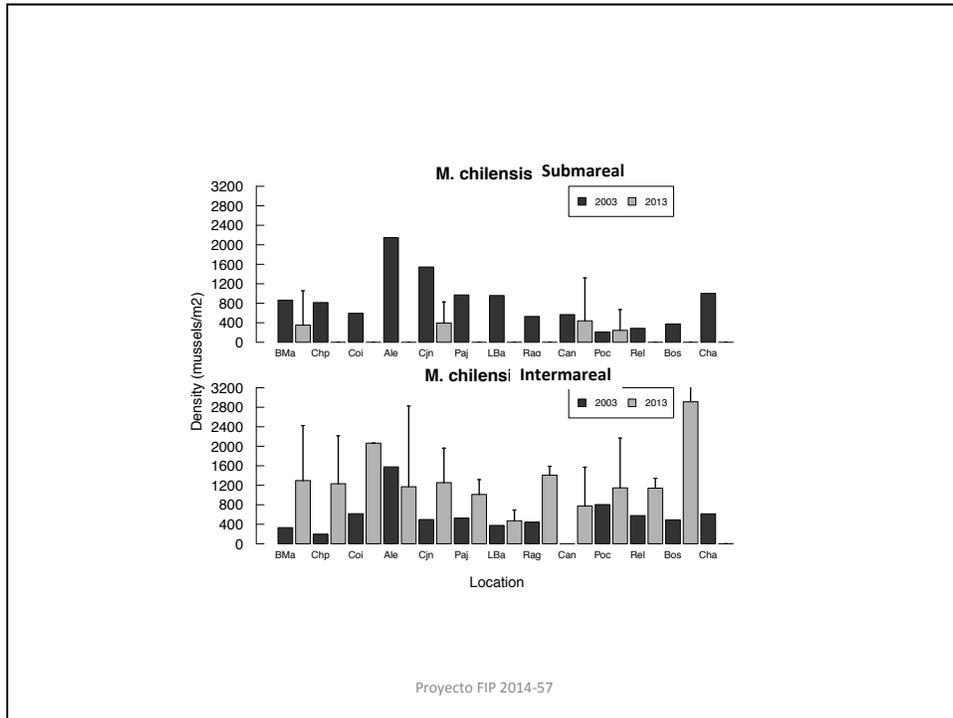


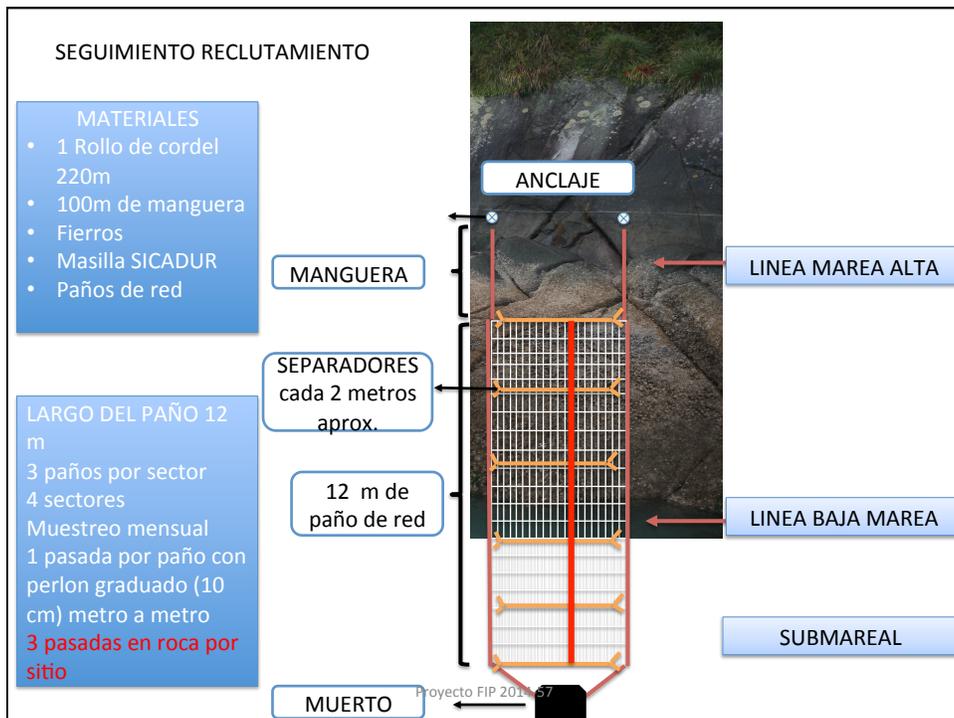
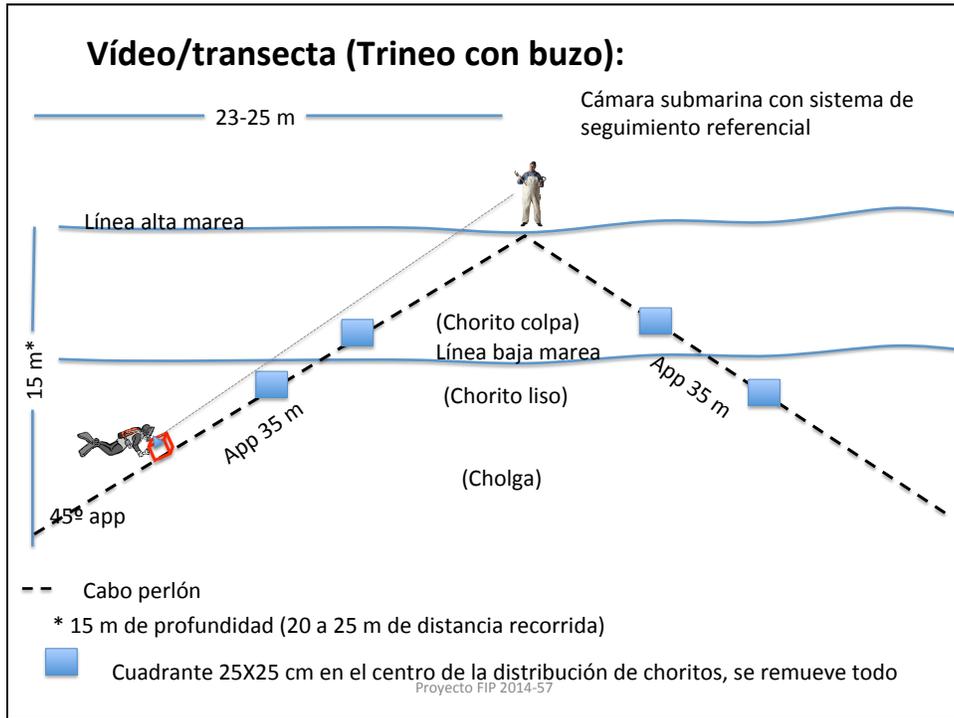
DISEÑO DE MUESTREO

MITILIDOS EN FIORDOS

Proyecto FIP 2014-57



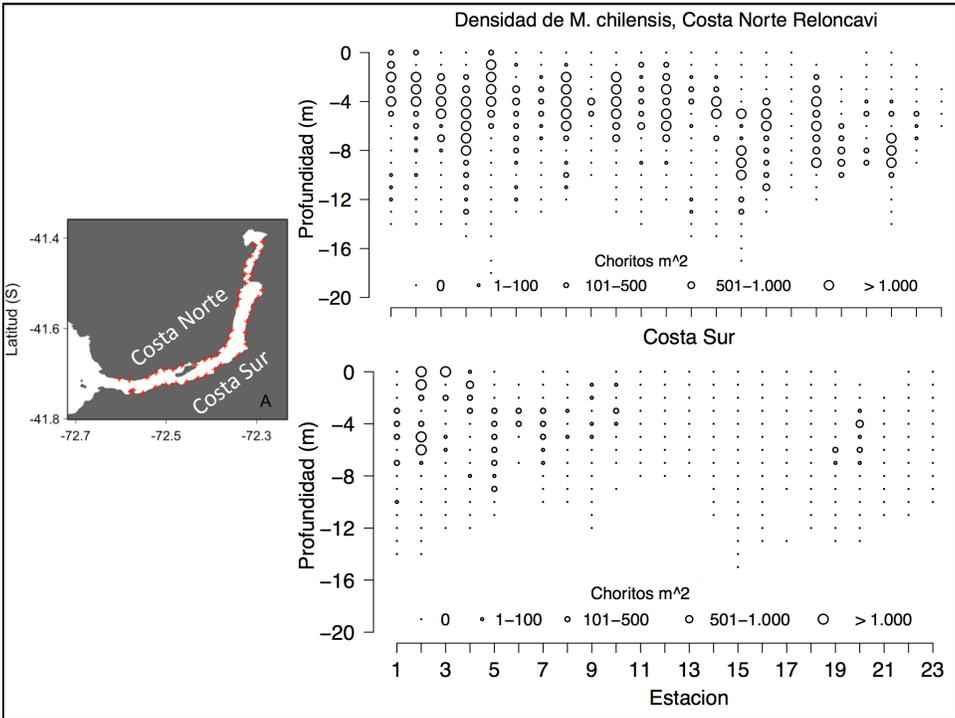


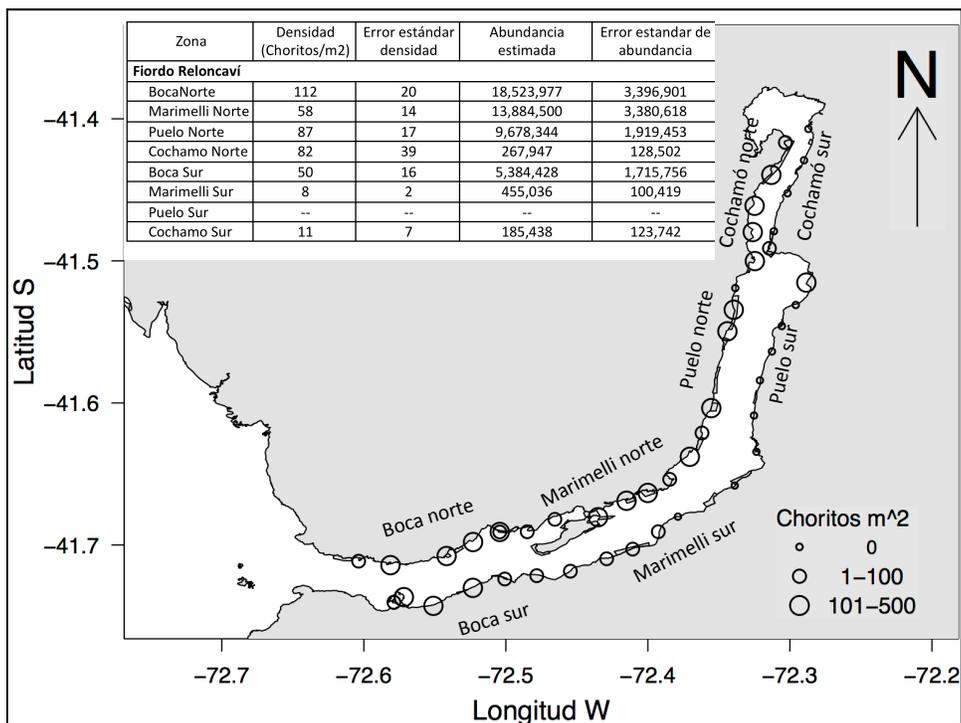


RESULTADOS

Densidad y abundancia de bancos

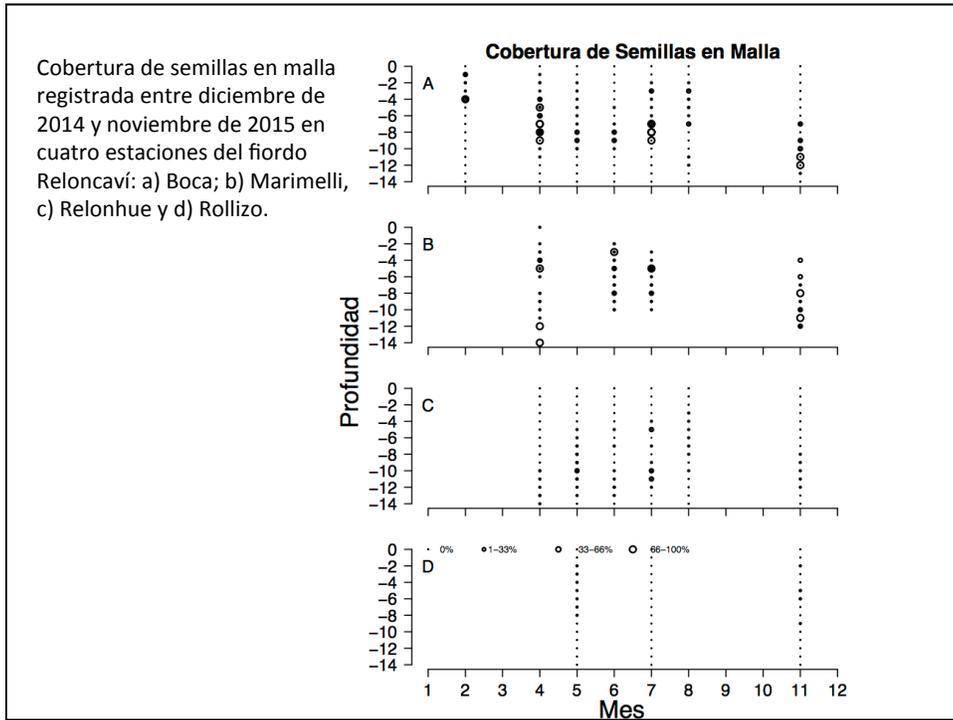
Proyecto FIP 2014-57





Densidad de choritos en AMERBs con información comparado con este estudio (*)

Zona	AMERB	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2015*
Marimelli N	Bahia Sotomo Sector A		396.8	56.9		55.5		50.8	83.0		58.0
Marimelli N	Bahia Sotomo Sector B		379.1	360.5		309.1					58.0
Puelo S	Cascajal A								1790.0		-----
Cochamó S	Cululir Sector A			434.3	168.2	201.8		51.7		0.0	11.0
Cochamó S	Cululir Sector B			223.7	256.0		380.4	41.4		0.0	11.0
Marimelli N	Marimelli Sector A		1.9		367.2	49.9		83.8		135.8	58.0
Marimelli N	Marimelli Sector B		1.9			22.7	139.9	123.5		120.1	58.0
Cochamó N	Peninsula Rollizo	160.5		155.4		146.2		20.4		109.8	82.0
Puelo N	Pocoihuen Sector B		83.6		136.7	96.7		99.3		91.8	87.0
Puelo N	Pocoihuen Sector C		67.1		255.5	115.8		166.9		109.7	87.0
Puelo N	Pocoihuen Sector D		78.1		313.9	148.4		186.0		336.0	87.0
Cochamó S	Punta Relonhue		280.1	311.2		329.6		250.2		308.3	11.0
Cochamó S	Relonhue		442.5	351.7	354.7	363.7		526.5		254.4	11.0



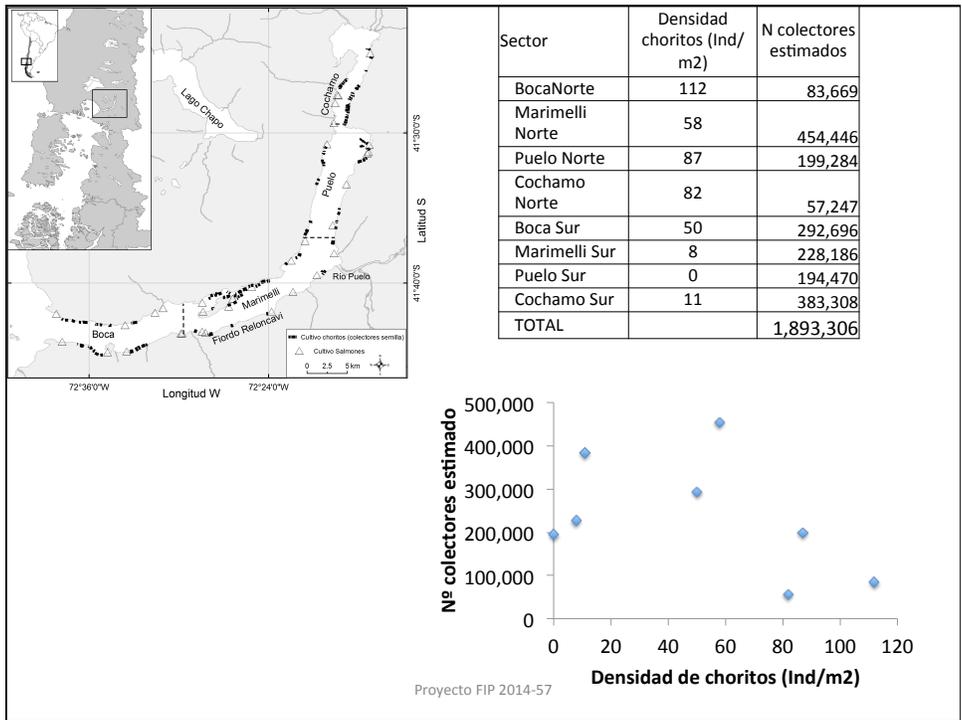
Discusión

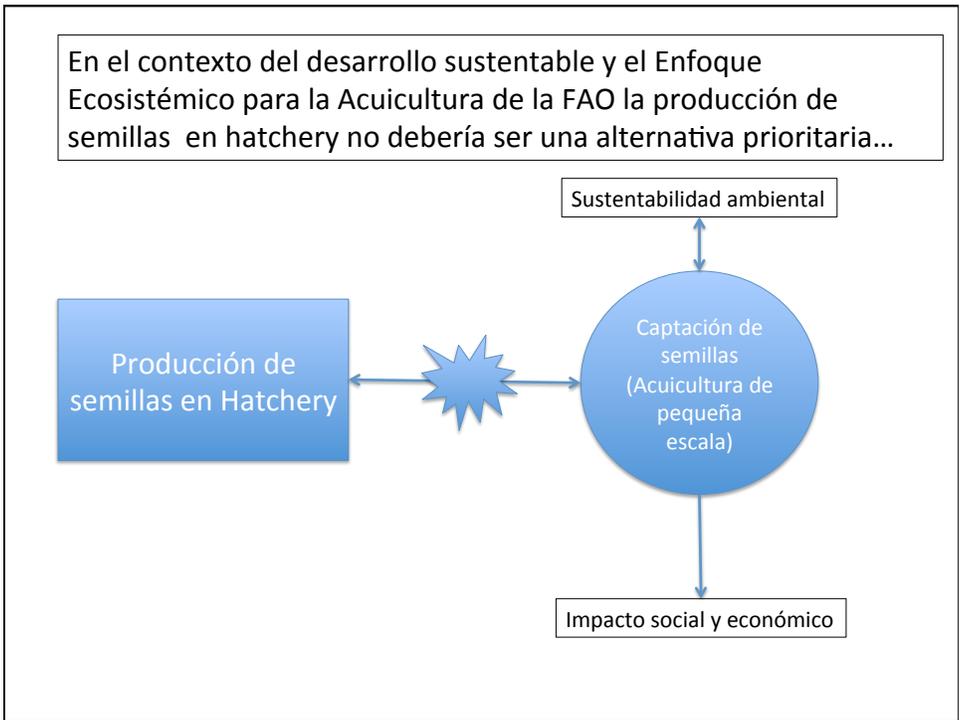
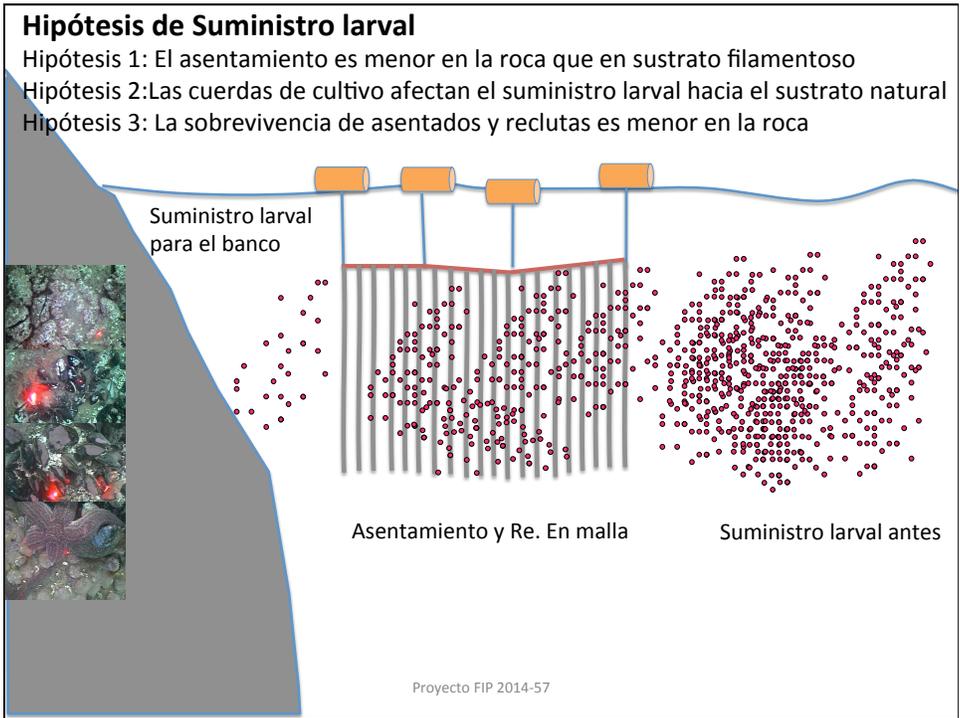
Relación stock/recluta
Bancos/semillas

M. Chilensis
Abundancia en bancos, larvas competentes reclutamiento y captación natural (2013)

Zona	Abundancia	Promedio larvas Competentes (Larvas/m ³)	Promedio semillas 1 mm en roca (Sem/m ²)	Promedio semillas 10 mm en roca (Sem/m ²)	Promedio de semillas de 10-15 mm en cuerda de cultivo (Sem/m ²)	Abundancia estimada semillas en cuerdas (Millones)
Cochamó	2,461,763	16*	-	-	15,333	5,509
Puelo	12,138,100	387	12,769	100	Sin información	
Marimelli	9,448,159	206	8,205	50	50,000	34,058
Boca	6,522,584	162	1,385	500	44,400	16,485

Proyecto FIP 2014-57





Aquaculture xxx (2016) xxx–xxx

Contents lists available at ScienceDirect



Aquaculture

journal homepage: www.elsevier.com/locate/aquaculture



Relation of mussel spatfall on natural and artificial substrates: Analysis of ecological implications ensuring long-term success and sustainability for mussel farming

Carlos Molinet ^{a,b,*}, Manuel Díaz ^b, Sandra L. Marín ^a, Marcela P. Astorga ^a, Marjorie Ojeda ^b, Leny Cares ^b, Eduardo Asencio ^b

^a *Universidad Austral de Chile, Instituto de Acuicultura, Chile*
^b *Programa de Investigación Pesquera, Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile, Chile*

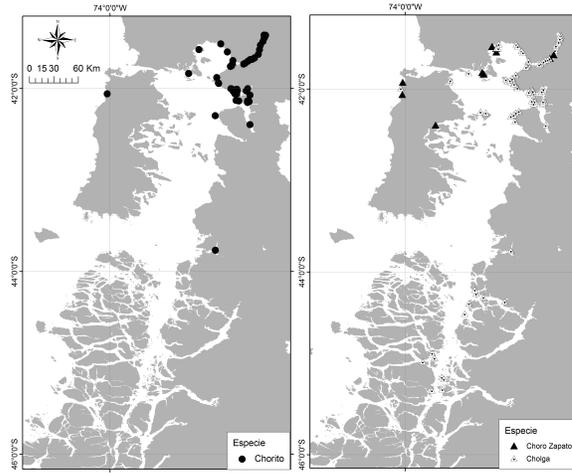
Proyecto FIP 2014-57

Recomendación Monitoreo de bancos de mitilidos

Basado en AMERBs para mitílicos

Proyecto FIP 2014-57

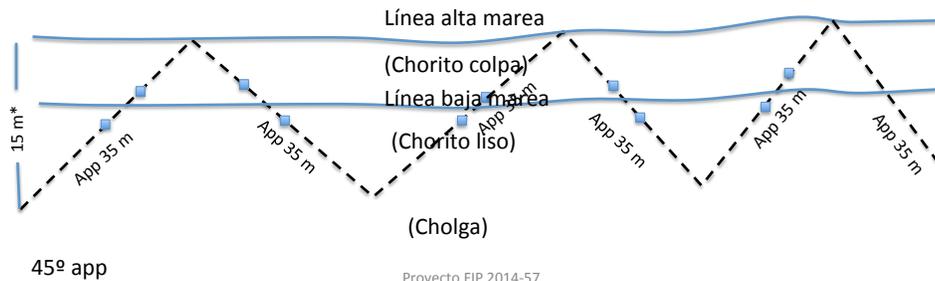
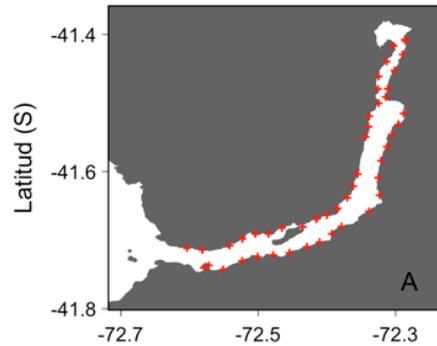
Utilizar los seguimientos de las AMERBs como un indicador del estado de los bancos de mitilidos. Especialmente *M. chilensis*

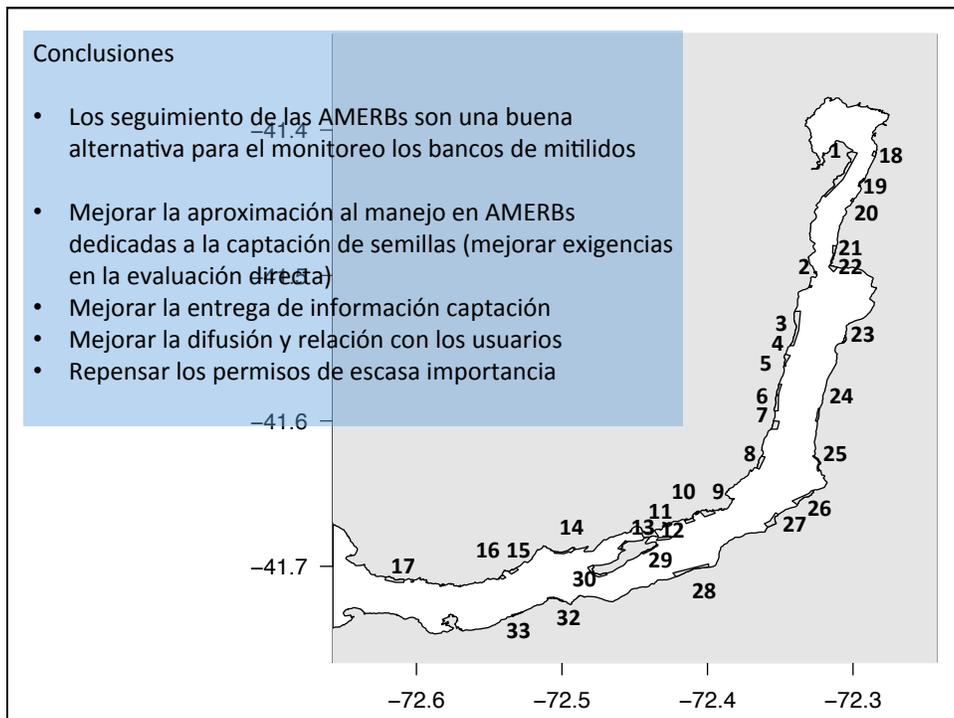
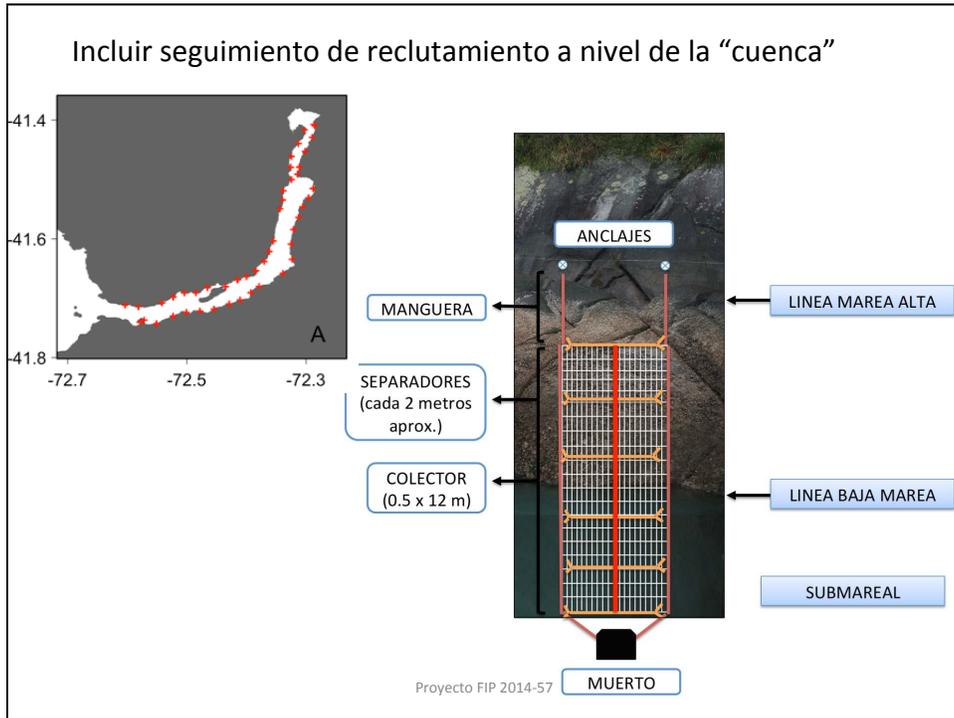


Proyecto FIP 2014-57

Realizar ajustes al diseño

- ¿agrupar áreas?
- ¿integrar diseños?
- Economía de escala
- Ajustes metodológicos para EVADIR





Agradecimientos:



Fondecyt 1130716

Proyecto FIP 2014-57