INFORME FINAL

P R O Y E C T O FIP N° 2007-44

"Estudio de poblaciones fuente (profundas) y flujo de dispersión larvaria y reclutamiento de erizos en la XI región (Fase I)"

PROPONENTE:

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Entidad Subcontratada

CONSULTORA PUPELDE

PUERTO MONTT

Septiembre de 2009

Tabla de autores

Nombre	Institución	Función
Dr. Carlos Molinet Flores	Universidad Austral de Chile	Jefe de Proyecto, coordinador actividades de campo, análisis de datos
Dr. Carlos Moreno Meier	Universidad Austral de Chile	Co-investigador asesor en ecología de poblaciones bentónicas
Biol. Mar. José Codjambassis	Universidad Austral de Chile	Evaluación directa, análisis de imágenes, muestreos estaciónales
Ing. Manuel Díaz	Universidad Austral de Chile	Apoyo cartográfico, muestreos estaciónales y evaluación directa
Ms (c) Luís Flores	Universidad de Concepción	Apoyo muestreos estaciónales
Ms. (c)Manira Matamala	Consultora Pupelde	Jefe equipo Pupelde
Ms. Viviana Almanza	Consultora Pupelde	Procesamiento de muestras
Biol. Mar. Jorge Enríquez	Consultora Pupelde	Procesamiento de datos
Biol Mar. (c) Mónica Neculman	Consultora Pupelde	Procesamiento de muestras
Biol. Mar. Edwin Cortez	Consultora Pupelde	Procesamiento de muestras
Dr. José Maria (Lobo) Orenzans	CENPAT-Argentina	Asesor
Dra. Ana Maria Parma	CENPAT-Argentina	Asesor

INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS **5**
INDICE DE FIGURAS **6**
RESUMEN EJECUTIVO **7**
1 INTRODUCCION **11**
2 OBJETIVOS **15**
2.1 Objetivo General 15
2.2 Objetivos Específicos 15
2.3 Observaciones de los evaluadores 16
3 DESARROLLO **20**
3.1 Objetivo 1: 20
3.1.1 Metodología 20
3.1.1.1 Primer taller de trabajo 20
3.1.1.2 Obtención de permisos 20
3.1.1.3 Exploración de área de estudio y selección de los sitios de muestreo 20
3.1.1.4 Diseño, construcción y prueba de rastra 22
3.1.2 Resultados 23
3.1.2.1 Área de estudio y selección de los sitios de muestreo 23
3.2 Objetivo 2 29
3.2.1 Introducción 29
3.2.2 Metodología 32
3.2.2.1 Área de estudio 32
3.2.2.2 Evaluación directa de áreas de muestreo 33
3.2.2.3 Estimación de la superficie por área y estrato. 34
3.2.2.4 Análisis de la información 37
a) Estructura de tallas de la población por área 37
b) Estimación de abundancia del stock por área. 38
3.2.3 Resultados 39
3.2.3.1 Evaluación directa de áreas de muestreo. 39
3.2.3.2 Estimación de la superficie por área 39
3.2.3.3 Estructura de tallas de la población por área 40
3.2.3.4 Densidad de erizos 40
3.2.3.5 Estimación de abundancia del stock por área 41
3.2.4 Discusión 42
3.3 Objetivo 3 62
3.3.1 Introducción 62
3.3.2 Metodología 68
3.3.2.1 Área de Estudio 68
3.3.2.2 Recolección de muestras 68
3.3.2.3 Registro de covariables 70
3.3.2.4 Procesamiento de las muestras 70
3.3.2.5 Análisis de Datos 71

3.3.3 Resultados 73
3.3.4 Discusión 78
3.4 Objetivo 4 110
3.4.1 Antecedentes 110
3.5 Objetivo 5 114
3.5.1 Antecedentes 114
4 CONCLUSIONES 115
5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 116
6 ANEXOS 122

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.1: Sitios de extracción profunda de erizos: 28
Tabla 3.1.2: Sitios de extracción profunda de erizos: 28
Tabla 3.2.2: Sitios visitados en el polígono 7:..... 57
Tabla 3.2.3: Presencia de erizos por estrato, sustrato y polígono:..... 57
Tabla 3.2.4: Superficie efectiva, disponible y total: 58
Tabla 3.2.5: Superficie efectiva, disponible y total: 58
Tabla 3.2.6 ANOVA para el modelo GLM Densidad=Estrato+sustrato+área..... 59
Tabla 3.2.7: Abundancia total por estrato y área para el Polígono 6..... 59
Tabla 3.2.8: Abundancia total y Biomasa total para las 4 estaciones del Polígono 6. 59
Tabla 3.2.9: Abundancia total por estrato y área para el Polígono 7..... 60
Tabla 3.2.10: Abundancia total y Biomasa total para las 8 estaciones del Polígono 7. 60
Tabla 3.2.11 Resultados del registro de desembarque 2007-2008 61
Tabla 3.3.1: Escala de madurez sexual propuesta por Gutiérrez & Otsu (1975). 106
Tabla 3.3.2: Analisis de desvianza para éxito de desove. 107
Tabla 3.3.3 Análisis de desvianza para Nº de ovocitos:..... 107
Tabla 3.3.4 Nº de ovocitos desovados y peso de la gónada por mes:..... 108
Tabla 3.3.5 Stock desovante de erizos por área de muestreo y por estrato de profundidad, expresado en número de individuos 109

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.1: Sistema de muestreo bentónico:.....25
Figura 3.1.2: Distribución de frecuencias de las profundidades: 26
Figura 3.1.3: Sitios de extracción profunda de erizo (>20 m):.....27
Figura 3.2.1: Áreas de trabajo seleccionadas: 45
Figura 3.2.2: Prospecciones y muestreos realizados: 46
Figura 3.2.3: TIN de profundidad por estrato: 47
Figura 3.2.4 Presencia de erizos por estrato de profundidad y tipo de sustrato 48
Figura 3.2.5 Superficie efectiva, disponible y total para áreas de polígono 7.....48
Figura 3.2.6 Superficie efectiva, disponible y total para áreas de polígono 7.....50
Figura 3.2.7 Estructura de tallas de erizos:.....51
Figura 3.2.8 Relación Talla (mm) Peso (g): 52
Figura 3.2.9 Densidad de erizos por área de trabajo 53
Figura 3.2.10 Distribución de densidad de erizos por tipo de sustrato.....54
Figura 3.2.11 Distribución de tallas de erizos Seguimiento vs Evaluación: 55
Figura 3.2.12 Biomasa por distribución de tallas:.....56
Figura 3.3.1 Áreas de recolección de muestras:.....81
Figura 3.3.2 Escala de coloración de la gónada…….....82
Figura 3.3.3. Inducción al desove para erizos, tomado de Bustos y Olave (2001). 83
Figura 3.3.4 Distribución de tallas por estratos:.....84
Figura 3.3.5 Variación del diámetro de la testa por estrato y polígono.....85
Figura 3.3.6 Proporción sexual de erizos en ambos polígonos 86
Figura 3.3.7 Relación longitud-peso por estrato y polígono de muestreo.....87
Figura 3.3.8 Relación diámetro vs peso de la gónada por polígono y estrato. 88
Figura 3.3.9 Relación peso de la gónada vs peso total.....89
Figura 3.3.10 Relación peso de la gónada vs peso total.....90
Figura 3.3.11 Variación del IGS por polígono y estrato de profundidad 91
Figura 3.3.12 Coloración de la gónada por estrato y polígono.....92
Figura 3.3.13 Variación del color de la gónada con el IGS.....93
Figura 3.3.14 Estado de madurez macroscópico (Gutierrez $ Otsu 1975).....94
Figura 3.3.15 Coloración de la gónada para los estados de madurez.....95
Figura 3.3.16 Variación del diámetro de los ovocitos por estado de madurez.....96
Figura 3.3.17 Diámetro de la testa para los estados de madurez.....96
Figura 3.3.18 IGS para los estados de madurez 98
Figura 3.3.19 Éxito de inducción al desove por sexo.....99
Figura 3.3.20 Éxito de inducción al desove por sexo.....100
Figura 3.3.21 Coloración de la gónada vs éxito en inducción al desove……100
Figura 3.3.22 Número de ovocitos desovados por mes y por polígono……..101
Figura 3.3.23 Número de ovocitos por estrato de profundidad y mes……102
Figura 3.3.24 Temperatura (arriba) y salinidad (abajo) en el polígono 7.....104
Figura 3.3.25 Temperatura (arriba) y salinidad (abajo) en el polígono 6.....104

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe muestra los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto *Estudio de poblaciones fuente (profundas) y flujo de dispersión larvaria y reclutamiento de erizos en la XI región (Fase I).*

El proyecto se inició con una reunión de trabajo de discusión y ajuste metodológico considerando las observaciones realizadas por los evaluadores. Paralelamente se realizó la solicitud de permisos que permitieran llevar a cabo los muestreos con las metodologías propuestas para este estudio.

El proyecto sufrió un retraso en el inicio de las actividades de campo producto del retraso en la obtención del Permiso de Pesca de Investigación, explicado por la interacción del proyecto con el Plan de Manejo de la Zona Contigua X y XI regiones, el cual opera con una Pesca de Investigación. Lo anterior fue debidamente informado al Fondo de Investigación Pesquera y fue aprobado un plazo de extensión para la entrega del primer informe de avance.

El objetivo Nº 1 del proyecto "*Proponer una metodología de trabajo que permita obtener muestras de erizos en el rango batimétrico de 0 a 100 m de profundidad y seleccionar estratos espaciales específicos del hábitat de este recurso y que cubra una escala geográfica representativa de la zona de estudio, donde se aplicarán las metodologías propuestas"*. El diseño construcción y uso de los equipos para la recolección de muestras se logró en 100%. La metodología de recolección de muestras en lo referente al área de estudio fue basada en trabajos previos que proponen una zonificación de las regiones X y XI para el análisis de las pesquerías bentónicas incluidas en el Plan de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de la Zona Contigua. Para trabajar al interior del área o polígono definido alrededor de Quellón y Melinka se aplicaron encuestas, se revisaron las bases de datos de IFOP y finalmente se trabajó en cada campaña de muestreo con buzos mariscadores locales y con experiencia anterior en la extracción de erizos. Los equipos utilizados para la exploración de las áreas (cámaras submarinas y un vehículo remoto submarino) permitieron obtener un set de imágenes que se adjuntan como material complementario del proyecto. La recolección de muestras se planificó en dos etapas, una de observación exploratoria y otra de recolección de la muestra. El diseño fue implementado

exitosamente en la primera salida a terreno realizada entre el 08 de septiembre y el 16 de septiembre de 2008 y posteriormente fue repetida hasta marzo de 2009 cuando se realizó la última campaña.

En el objetivo Nº 2 "*Estimar la abundancia del stock en el rango batimétrico de 0 a 100 de profundidad en cada una de las zonas propuestas*", se obtuvo muestras de 4 áreas en el polígono 6 (Quellón) y 8 áreas en el polígono 7 (Melinka). Las muestras fueron analizadas de manera separada considerando las características agregadas que presentaron los parches de erizo en cada área. En el polígono 6 la presencia de erizos fue particularmente agregada en todos los estratos muestreados lo que dificultó la definición de la superficie sobre la que se realizó la evaluación de stock, particularmente en los sectores cercanos a Quellón. En el polígono 7 la distribución de erizos fue más uniforme en el estrato de 0 a 10 m de profundidad. Sin embargo, en los estratos 11 a 30 m, 31 a 60 m y 61 a 100 m de profundidad la distribución fue muy agregada.

Los resultados obtenidos muestran que, de las más de 350 transectas muestreadas, el 80 % de la población de erizos fue observada entre 2 y 10 m de profundidad, alrededor de un 15% entre 11 y 15 m de profundidad y sólo alrededor de 5% se encontraría bajo 15 m de profundidad y con una distribución muy dispersa.

La estimación del stock obtenida para las áreas del polígono de Quellón no fueron consistentes con los reportes de las capturas de la pesca de investigación, ya que la biomasa total evaluada fue de 2700 toneladas en el polígono 6, mientras que la pesquería ha reportado para las áreas de muestreo específicas alrededor de 4.000 Tons durante 2007 y 2008 en este polígono.

Las distribuciones de talla observadas mostraron el predominio de individuos bajo 6 cm de diámetro de testa, lo que nuevamente no es consistente con los reportes de la pesquería que dan cuenta de una distribución de tallas concentrada entre 6 y 7 cm.

En el objetivo Nº 3 "*Estimar el potencial reproductivo en el rango batimétrico de estudio (0 y 100 m) en cada uno de estos estratos*", se realizó los 4 muestreos comprometidos en el proyecto. Debido a la sugerencia del evaluador y a la información biológica disponible se decidió realizar los muestreos con un intervalo de 45 a 60 días. Sin embargo, el costo de cada muestreo por el concepto de arriendo de embarcación (aproximadamente $1.500.000)

no permitieron proyectar una quinta o sexta salida, por lo que sólo se cubrió el periodo reproductivo descrito en la literatura para *L. albus*.

El potencial reproductivo se expresó como la fecundidad potencial de los erizos en los diferentes estratos de profundidad y áreas, lo que se estimó realizando experiencias de inducción al desove para todas las muestras recolectadas. Además se registró a cada erizo el diámetro de la testa, el peso, coloración de gónadas, otras características de la gónada, el sexo, número de ovocitos. Usando estas variables se obtuvo indicadores del estado reproductivo de los erizos que son discutidos en el texto.

Prácticamente todas las variables registradas y por lo tanto los indicadores del estado reproductivo de los erizos fueron fuertemente influenciados por la profundidad y por el periodo de muestreo. Aunque los erizos de estratos más profundos fueron significativamente más grandes que los erizos provenientes de estratos más someros, y el tamaño de los erizos tuvo un efecto significativo en la fecundad potencial, esta variable sólo aportó un 2% para explicar la variabilidad observada en la fecundidad potencial.

El índice gonadosomático (IGS) fue mayor durante septiembre lo que no coincidió con el índice de madurez utilizado en este estudio y a la vez no coincidió con el éxito de inducción al desove en este periodo, el que fue muy bajo. Esto puede ser explicado debido a que las gónadas no sólo están constituidas por células reproductivas lo que ha sido discutido por varios autores.

Además se observó un aumento del IGS en marzo de 2009 el que coincidió con el mayor éxito de inducción al desove observado en este estudio, expresado en número de individuos que desovan. Este eventual aporte a la fecundidad potencial observada durante marzo se discute en referencia a lo descrito por algunos autores en el sentido de que la recuperación de biomasa gonadal en los erizos en este periodo sería posteriormente reabsorbida para ser re-utilizada como fuente energética y por lo tanto, no implicaría un aporte a la dinámica de la población en términos del aumento en número de nuevos individuos incorporados a la población.

Además debido a que alrededor del 95% de la biomasa estimada de los erizos se registró en profundidades entre 2 y 15 m de profundidad, el aporte a la fecundación potencial de las poblaciones profundas parece ser marginal. Esto considerando que efectivamente los erizos encontrados en los estratos profundos pueden desovar naturalmente.

En el objetivo Nº 4 "*Comparar las abundancias y el potencial reproductivo por áreas de estudio y rango batimétrico (0 a 100 m)"* Se observó diferencias en las abundancias entre los dos polígonos, las que fueron analizadas en mayor detalle en el capítulo 2.

Por otro lado el éxito en la fecundación y el número de ovocitos desovados varió al interior de cada polígono, lo que también fue afectado por el estrato de profundidad.

En el objetivo Nº 5 "*Socializar los resultados a través de la realización de presentaciones de resultados parciales y resultados finales al Grupo Técnico Asesor (GTA) y a la Comisión del Plan de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de la zona contigua, X y XI regiones (COMPEB)*", El estado de avance del proyecto a Diciembre fue presentado en la reunión del GTA-erizos realizado el día 19 de diciembre 2008. De la misma manera los resultados finales del proyecto se presentaron en la reunión de GTA que se realizó durante julio de 2009.

Como conclusión global del estudio se puede señalar que en las áreas estudiadas la distribución de la población se concentra entre 0 y 20 m de profundidad y por lo tanto es absolutamente vulnerable a la pesquería. El aporte a la biomasa desovante de los erizos encontrados en estratos profundos aparece como marginal en las áreas muestreadas, lo que se constata con los resultados de la evaluación directa realizada con ROV en la que se observa una baja presencia y abundancia de individuos.

La estimación del stock muestra que estas áreas no serían capaces de resistir el esfuerzo de pesca que se aplicó sobre ellas durante 2007 y 2008.

1 INTRODUCCION

En estudios de campo de regulación de poblaciones, varios autores han discutido la necesidad de distinguir entre hábitat “fuente“ y sumidero“. Sin embargo, la mayoría de los tratamientos teóricos de la dinámica de poblaciones de una especie en hábitat espacialmente divididos no han sido direccionados explícitamente al estudio de las poblaciones en hábitats donde la reproducción no es suficiente para balancear la mortalidad local (Pulliam 1988). Se ha demostrado que la dispersión pasiva desde un hábitat fuente puede mantener a una población en un hábitat sumidero y que la suma de sumidero y fuente puede exceder lo que podría ser mantenido sólo en el hábitat fuente (Holt 1985). Holt argumentó, sin embargo, que la dispersión pasiva entre hábitat fuente y sumidero en un ambiente temporalmente constante puede ser selectivamente desventajosa, implicando que poblaciones sumidero serán transientes en un tiempo evolutivo. Pulliam (1988) consideró las consecuencias de dispersión activa (es decir, selección de hábitat basada en diferencias de calidad de hábitat) sobre la dinámica de una población en ambientes espacialmente heterogéneos. También argumentó que la dispersión activa desde hábitat fuente puede mantener grandes poblaciones en hábitat sumidero y que tal dispersión puede ser evolutivamente estable.

En poblaciones de erizos se ha evaluado la hipótesis de la existencia de hábitat fuentes y sumideros (Wing *et al.* 2003), examinando la estructura poblacional del erizo de Nueva Zelanda, *Evechinus chloroticus*, a lo largo de un sistema estratificado con una capa superficial de baja salinidad y una circulación media estuarina en el complejo de fiordos Doubtful-Thompson Sound. Ellos observaron importantes diferencias en abundancia, crecimiento, desarrollo gonadal y asentamiento larval en 9 sitios en el área de estudio. Los resultados encontrados por Wing et al (2003) sugieren que las poblaciones de erizo en este complejo de fiordos están compuestas probablemente de áreas reproductivas distintas de hábitat fuentes y hábitat sumideros en la dimensión horizontal, es decir a lo largo de los fiordos.

La existencia de hábitat fuente en especies como los erizos podría estar fuertemente relacionada con el éxito de fecundación, ya que se ha propuesto que el tamaño de grupo, el grado de agregación (Pennington 1985; Levitan 1988; Levitan 1991), la posición en un grupo desovante (Pennington 1985) y el flujo de agua afectan el éxito de la fertilización en

distintas especies de invertebrados marinos, así como en el erizo *S. franciscanus* (Levitan et al. 1992). Incrementos en tamaño de grupo y agregación, disminución de la velocidad de flujo y una posición central o corriente abajo respecto de la agregación favorecen un aumento en el éxito de fertilización (Levitan 1991; Levitan et al. 1992). Esta observación tiene implicancias también para poblaciones de erizos explotadas, ya que se esperaría que el grado de explotación de éstas tenga alguna relación con su potencial reproductivo.

La existencia de hábitat fuente y sumidero también está asociada a mecanismos específicos de transporte que subyacen a un asentamiento exitoso, los que sólo han sido identificados para unas pocas especies (Shanks 1995; Wing et al. 1995). Varios mecanismos que vinculan condiciones oceanográficas físicas a asentamiento larval han sido investigadas (Roughgarden et al. 1988; Poulin et al. 2002). Estos resultados han sugerido que el reclutamiento de organismos bentónicos puede ser controlado por movimientos océano-costa de frentes de surgencias que capturan o recolectan larvas y las trasladan hacia la costa durante los periodos de relajación de la surgencia. El asentamiento ocurre cuando un frente rico en larvas choca con la costa y el asentamiento es escaso cuando los frentes se están formando (Fairweather 1991; Wing et al. 1995). Algunos estudios sugieren que hay periodos en los que ondas internas trasportan larvas a la costa resultando en asentamientos más abundantes que durante periodos cuando ondas internas son débiles o ausentes (Wing *et al.* 1995).

Loxechinus albus (Molina, 1782) comúnmente denominado erizo comestible, rojo o blanco, es uno de los herbívoros bentónicos más importante de las costas chilenas (Guisado and Castilla 1987). Esta especie se distribuye desde el litoral peruano (6° S) hasta el extremo sur de Chile (55°S) y está presente desde la zona intermareal hasta 340 m de profundidad (Larraín 1975) habitando principalmente sobre fondos duros. *Loxechinus albus* es una especie dioca, sin dimorfismo sexual externo y fecundación externa. Alcanzan la talla de primera madurez sexual entre los 3,5 a 5,0 cm de diámetro de testa (D.T) (Larraín 1975; Bay-Schmith et al. 1981; Arias et al. 1995), la fecundidad potencial es de 5 – 7,2 millones de ovocitos en organismos entre 52- 72 mm D.T (Guisado *et al.* 1998).

El desarrollo larval de este equinodermo ha sido ensayado con éxito en condiciones de laboratorio, describiéndose sus estadíos de desarrollo desde la fecundación hasta el asentamiento, con una duración de entre 23 a 40 días. La larva equinopluteus metamorfosea

a un individuo juvenil de aproximadamente 524 ± 24 µ (Arrau 1958; Bustos et al. 1987; Guisado and Castilla 1987; Bustos and Olave 2001). La información publicada sobre el desarrollo larval y asentamiento de *L. albus* en el ambiente es escasa, lográndose hasta ahora identificar larvas de equinoideos (Bustos *et al.* 1987) y algunos antecedentes de su abundancia temporal.

Evaluaciones o seguimiento del asentamiento de *L. albus* en la costa chilena también son escasos. En la zona central de Chile el asentamiento se ha observado principalmente en el intermareal rocoso entre diciembre y febrero, particularmente en grietas intermareales con abundante conchilla, donde los reclutas se alimentan preferentemente de diatomeas bentónicas, algas crustosas y estadios recientes de macroalgas (Guisado and Castilla 1987). En otras áreas del país como la costa valdiviana también se ha reportado la presencia de pequeños reclutas (2-3 mm D.T) entre marzo y abril en pozas del intermareal inferior, entre y sobre algas calcáreas, cohabitando con individuos de un amplio rango de tallas (Gebauer and Moreno 1995). Stotz et al. (1992) observó individuos entre 1-3 mm D.T. en zonas con abundante *Gelidium* y C*oralina oficinalis.*

Individuos entre 20-45 mm D.T. que forman parte de las poblaciones intermareales se ubicarían en pozas formadas en esta zona, consumiendo algas a la deriva, para posteriormente migrar a zonas más profundas (Guisado and Castilla 1987) implicando una migración ontogénica. Puntualmente se ha documentado fallas en el reclutamiento en las poblaciones de erizos de la XII Región (Stotz *et al.* 1998).

Los stocks adultos de *L. albus* presentan una distribución gregaria formando grandes aglomeraciones sobre sustratos duros, lo que ha sido atribuido a la existencia de asentamientos y posteriores reclutamientos masivos de una cohorte (Moreno 2003). Debido a su importancia económica, los erizos que habitan en fondos someros han sido afectados por la explotación comercial, lo que ha modificado los patrones de distribución de esta especie. Lo anterior plantea la problemática de cómo los hábitat pueden ser recolonizados luego de una explotación, si es que esto sucede, ya sea por reclutamiento o inmigración de adultos. Por otro lado, la explotación comercial modifica los patrones de mortalidad, haciendo que esta sea más intensa en el hábitat somero donde los buzos mariscadores tienen mayor facilidad para acceder. Desde esta perspectiva el rol de los erizos de hábitat

profundo puede ser fundamental si la reproducción en el hábitat somero no es suficiente para balancear la mortalidad ejercida por la explotación comercial.

Los industriales de la pesquería del erizo y pescadores artesanales afirman que la fracción de erizos que se encuentra en hábitat profundo (inalcanzables por ahora para los buzos) es extensa, sosteniendo que la pesquería es inagotable debido a este aporte. Esta afirmación se ve fortalecida debido a i) la distribución batimétrica que ha sido reportada hasta 350 m de profundidad para esta especie (Larraín 1975), ii) lo reportado por Inostroza et al. (1983), quienes observaron erizos hasta 90 m de profundidad, iii) que en determinadas áreas se ha registrado extracción de *L. albus* hasta 60 m de profundidad (Barahona *et al.* 2003) y iv) a las hasta ahora escasas posibilidades de estudiar ambientes bentónicos bajo 30 m de profundidad de manera intensiva.

En este contexto, en este proyecto se estudió *la distribución y abundancia de erizos (Loxechinus albus) en un rango batimétrico de 0 a 100 m de profundidad y su potencial reproductivo en zonas de extracción de la zona contigua de la* X y XI regiones. Para esto se elaboró un diseño de muestreo, para explorar y muestrear parches de erizos ubicados a más de 20 m de profundidad, que es la profundidad límite a la que los buzos mariscadores pueden acceder por la normativa de la Armada de Chile.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar la distribución y abundancia de erizos (*Loxechinus albus*) en un rango batimétrico de 0 a 100 m de profundidad y su potencial reproductivo en zonas de extracción de la zona contigua de la X y XI regiones.

2.2 Objetivos Específicos

1) Proponer una metodología de trabajo que permita obtener muestras de erizos en el rango batimétrico de 0 a 100 m de profundidad y seleccionar estratos espaciales específicos del hábitat de este recurso y que cubra una escala geográfica representativa de la zona de estudio, donde se aplicarán las metodologías propuestas.
2) Estimar la abundancia del stock en el rango batimétrico de 0 a 100 m de profundidad en cada una de las zonas propuestas.
3) Estimar el potencial reproductivo en el rango batimétrico de estudio (0 a 100 m) en cada uno de estos estratos. Se deberá registrar parámetros biológicos y reproductivos de los erizos a distintas profundidades (e.g. talla, peso, fecundidad, color de la gónada).
4) Comparar las abundancias y el potencial reproductivo por áreas de estudio y rango batimétrico (0 a 100 m).
5) Socializar los resultados a través de la realización de presentaciones de resultados parciales y resultados finales al Grupo Técnico Asesor (GTA) y a la Comisión del Plan de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de la zona contigua, X y XI regiones (COMPEB).

2.3 Observaciones de los evaluadores

Evaluador 1

II. **RESUMEN EVALUACION**

	Puntaje base	Puntaje propuesta	Sin observa-ciones	Con observa-ciones menores	Con observa-ciones
Metodología de trabajo	35	28,9		x	
Plan de actividades	25	21,3		x	
Equipo de trabajo	20	17,7			
Experiencia anterior	20	20			
Puntaje técnico	100	87,9			

NOTAS :

- ☐ Si el puntaje técnico es inferior a 70 puntos, la propuesta se debe considerar **reprobada** según el decreto supremo MINECON N° 100.
- ☐ En el caso que la propuesta sea **aprobada** con observaciones menores o mayores, el evaluador deberá especificar claramente los puntos a reformular por el proponente.

PUNTOS A REFORMULAR :

1. uno de los objetivos específicos 1 consiste en "proponer una metodología de tabajo que permita de... seleccionar estratos espaciales especificos". En la propuesta de delimita estratos a priori. Queda este punto pendiente.}
2. en el objetivo 3, el intervalo entre muestreos es de 3 meses, lo que parece muy largo. Revisar el compromiso entre número de muestreos y número de muestras.
3. en el objetivo 4, los análisis estadísticos no incluyen la serie temporal de datos y no se adecuan a los análisis espaciales a lo largo de un transecto
4. Para evaluar el punto 1 del plan de actividades, falta la lista de equipos disponibles para realizar el proyecto

1. La clasificación de los estratos se realizó considerando los siguientes elementos: (revisado)

- Estrato 0 a 15 m, es la profundidad que más frecuentemente se reporta en el desembarque de las pesquerías
- Estrato 16 a 30, si bien es reportada en los desembarques de la pesquería su frecuencia es menor y su límite en 30 m se adoptó considerando que esta fue la profundidad máxima reportada en gran parte de las procedencias de IFOP.
- Estrato 31 a 60 m, fueron las mayores profundidades reportadas para la pesquería, concentradas principalmente en la zona del canal de Chacao en la región de los Lagos.
- Estrato 61 a 100 m, de estas profundidades no se registraron antecedentes de desembarque, sin embargo Inostroza et al. (1983) describe erizos a esas profundidades.

2. Considerando lo propuesto por el evaluador los 4 muestreos propuestos se concentraron entre septiembre de 2008 y marzo de 2009, con una frecuencia media de 45 días entre muestreos. Lamentablemente no se pudo incorporar nuevos muestreos debido al alto costo de la operación para estas expediciones (1.5 a 2.5 millones de pesos por expedición sólo en arriendo de embarcaciones).

3. Los análisis estadísticos se revisaron para incorporar la serie temporal y la variación espacial.

4. Listado de equipos:

- 1 Rastra, que incluye un sistema de huinche hidráulico y un generador
- 2 cámaras submarinas con 150 m de cable
- 1 Little benthic vehicle (LBV200) sea botix, para 200 m de profundidad y con 300 m de cable de fibra óptica. Incluye sistema de tracking Micron Nav USBL y sistema de escalamiento usando dos láser
- 2 monitores
- 2 cámaras de video.
- Balanzas

Evaluador **2**

FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

REPUBLICA DE CHILE
Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción
SUBSECRETARIA DE PESCA

II. RESUMEN EVALUACION

	Puntaje base	Puntaje propuesta	Sin observa-ciones	Con observa-ciones menores	Con observa-ciones mayores
Metodología de trabajo	35	34.4		X	
Plan de actividades	25	24.4			
Equipo de trabajo	20	20			
Experiencia anterior	20	20			
Puntaje técnico	100	**98,8**			

NOTAS :

- Si el puntaje técnico es inferior a 70 puntos, la propuesta se debe considerar **reprobada** según el decreto supremo MINECON N° 100.
- En el caso que la propuesta sea **aprobada** con observaciones menores o mayores, el evaluador deberá especificar claramente los puntos a reformular por el proponente.

PUNTOS A REFORMULAR :

Metodología de trabajo:
- Aclarar el método para obtener los datos a usar en el cálculo del potencial reproductivo. ¿Con que objeto se medirá diámetro de ovocitos y óvulos en frotis de muestra de ovario?

- Un muestreo de frecuencia trimestral para determinar el potencial reproductivo de las poblaciones más profundas puede ser insuficiente para pesquisar desfases en la madurez (si llegaran a existir) respecto de las poblaciones someras.

- Para obtener una aproximación al cálculo de potencial reproductivo se utilizará la fecundidad potencial obtenida al través del conteo de Nº de ovocitos inducidos al desove. Esta será posteriormente expandida a la biomasa desovante estimada por área y estrato de profundidad
- El muestreo fue replanificado considerando entre 45 a 60 días entre cada una de las 4 recolecciones de muestra, las que considerando los costos de arriendo de embarcación y las otras actividades de evaluación directa, no pudieron ser aumentadas.

3 DESARROLLO

3.1 Objetivo 1:

Proponer una metodología de trabajo que permita obtener muestras de erizos en el rango batimétrico de 0 a 100 m de profundidad y seleccionar estratos espaciales específicos del hábitat de este recurso y que cubra una escala geográfica representativa de la zona de estudio, donde se aplicarán las metodologías propuestas.

3.1.1 Metodología

3.1.1.1 Primer taller de trabajo

Se efectuó un primer taller de trabajo el día 28 de Abril de 2008. En este taller se discutieron las observaciones de los evaluadores y se efectuaron aclaraciones metodológicas para el desarrollo del proyecto. El taller se realizó en la ciudad de Puerto Montt y se contó con la participación de: Carlos Molinet, Carlos Moreno, Manira Matamala, Alejandra Arévalo, Viviana Almanza, Bernardo Bello, Manuel Díaz, Patricio Díaz y José Codjambassis de manera presencial y el Dr. José María Orenzans y la Dra. Ana Parma quienes participaron a través de video conferencia (El detalle de este taller se presenta en el Anexo 1).

3.1.1.2 Obtención de permisos

Con el objeto de obtener muestras biológicas de erizo de todas las clases de talla y durante todo el periodo de estudio, y dado que el arte a utilizado fue un artefacto tipo “rastra”. Se solicitó, con fecha 24 de Abril de 2008 a la Subsecretaría de Pesca, un permiso de Pesca de Investigación el que fue otorgado con fecha 9 de Septiembre de 2008 (Anexo 2).

3.1.1.3 Exploración de área de estudio y selección de los sitios de muestreo

Como se describió en la propuesta técnica, para este estudio se seleccionó dos macro áreas principales, considerando los polígonos definidos en el proyecto FIP 2005-51 y descritos en los antecedentes de los términos de referencia del presente proyecto. Estas macro áreas, polígonos 6 y 7, (alrededores de Quellón y Melinka, respectivamente) fueron consideradas

debido a su importancia en el desembarque observado (30% y 17%, respectivamente) en pesca de investigación entre los años 2005 y 2007. La selección de estos dos polígonos también se relacionó con los costos de operación que incluye recorrer el área en su totalidad, considerando además que esta es la primera vez que se implementa una metodología de observación y recolección de muestras profundas de erizos.

En cada polígono seleccionado, se realizó un muestreo estratificado, con submuestreo de conglomerado en dos etapas. Las unidades de la primera etapa corresponden a la selección de 3 sitios dentro del polígono, las unidades de segunda etapa son los sub-estratos de profundidad (somero 0-15 m, medio 16-30 m, medio-profundo 31-60 m, profundo >60 m).

La identificación y selección de los sitios de muestreo se realizó en base a la siguiente información disponible:

a) Se consultó la base de datos del "Programa de Monitoreo de Pesquerías Bentónicas", entre los años 2002 y 2005, identificándose procedencias y profundidades medias informadas para la extracción del recurso.

b) Durante los meses de Mayo y Junio de 2008, se realizó una encuesta (Anexo 3) a buzos, tripulantes y patrones con el objetivo de identificar áreas de pesca en que se extraiga erizo profundo, aplicándose 30 encuestas en Quellón y 30 en Melinka.

c) Se utilizo el conocimiento de los miembros de la tripulación en cada expedición para aproximarse de mejor forma a los sitios identificados en a) y b).

Debido a que el permiso de pesca de investigación tuvo un retraso en su aprobación y a que los equipos para recolección de muestras no estuvieron disponibles, sólo se comenzaron las actividades en terreno a partir de septiembre de 2008. Este muestreo fue aplicado en los dos polígonos inicialmente propuestos como se detalla en el Objetivo 3.

3.1.1.4 Diseño, construcción y prueba de rastra

La rastra fue diseñada y construida especialmente para este proyecto. Se construyó un modelo a escala 1:4 basado en las descripciones e imágenes de una rastra tipo cadena de barrido "chain sweep" utilizada en recolección de erizo verde *Strongylocentrotus droebachiensis* en el estado de Maine, EEUU (Campagna et al. 2005). El modelo a escala fue probado en una serie de arrastres en tierra y se verificó su capacidad para levantar material desde el suelo. Una vez concluidas las pruebas del modelo a escala, se procedió a construir un modelo definitivo. Este modelo, de dimensiones 1,9 m de largo, 1 m de ancho y 0,3 m de altura fue puesto a prueba en arrastres en tierra. Paralelo a la construcción de la rastra se diseño y fabrico un sistema de levante hidráulico. Este sistema esta compuesto por un huinche y una central hidráulica. El huinche posee un motor hidráulico, una caja reductora y un rolete con capacidad para 350 m de cable de 8 mm. La central posee un motor bencinero de 13 Hp, una bomba hidráulica y un acumulador de 60 lts para el líquido hidráulico (Figura 4.1.1).

La prueba final del equipo, en fondo marino, se efectuó al sur de la Isla Tenglo en Puerto Montt el día 2 de Septiembre de 2008. Para esto, los lugares fueron previamente prospectados con cámaras submarinas remolcadas determinándose el tipo de fondo y presencia/ausencia de erizo, posteriormente se evaluó el desempeño de la rastra sobre distintos tipos de sustrato. En este caso particular se observó un parche de erizo *Pseudoechinus magellanicus,* los que fueron recolectados con la rastra obteniéndose individuos de una talla promedio de 20 mm aproximadamente.

La rastra recolectó ejemplares de erizo desde 20 mm de diámetro de la testa.

<u>Determinación de Factores Físicos (geográfico y hábitat):</u>

<u>Factores Geográficos</u>

- El factor regional fue incorporado seleccionando un polígono en cada región; el polígono 6 (alrededor de Quellón) en la región de Los Lagos y el polígono 7 (alrededor de Melinka) en la región de Aysén, de acuerdo a lo propuesto por Molinet et al. (2008).

- El factor expuesto/no expuesto fue incorporado en cada polígono considerando al menos una de las estaciones en un sector expuesto en cada polígono.

Factores de Hábitat

- El tipo de Hábitat y tipo de sustrato se obtuvo de las exploraciones realizadas con las cámaras submarinas, las que se recolectaron con el VRS y las cámaras submarinas. Además esta información fue complementada con la información obtenida de la cartografía del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.

3.1.2 Resultados

3.1.2.1 Área de estudio y selección de los sitios de muestreo

a) Base de datos IFOP.

La mayoría de los registros de procedencia reportados para la región de Los Lagos y de Aysén provienen de profundidades entre 0 y 10 metros, aunque existen algunas procedencias de las que se declaró extraer erizos hasta los 60 m (Figura 3. 1.2). Los sitios en los que se informó extracción de erizos en profundidades superiores a 20 m fueron considerados en la elección de los sitios de muestreo. Estos puntos se señalan en la figura 3.1.3.

b) Aplicación de encuestas.

De las 30 encuestas aplicadas en el puerto de Quellón, se identificaron 10 sitios en que se extraería erizo en profundidad. La consulta acerca de la profundidad de estos sitios arrojó como resultados que Laitec SW fue el sitio mas reconocido como banco profundo, seguido por Laitec N y Cailin NW (Tabla 3.1.1). En el Polígono 7 se reconocieron un total de 16 sitios de extracción profunda, el sitio más nombrado fue Canal Cuervo. Las profundidades informadas se encuentran alrededor de los 35 m (Tabla 3.1.2).

Selección de los sitios de muestreo

Después de un muestreo de prospección con cámara que se extendió durante 10 días en los 2 polígonos de estudio se seleccionaron los siguientes sitios:

Polígono 6 (Quellón): Norte Isla Cailin, Canal Laitec y Sur de Isla San Pedro.

Polígono 7 (Melinka) Guitecas Este, Oeste Isla Leucayec y Tres Canales (ubicado en la intersección de los canales Cuervo, Betecoi y Lagreze).

Figura 3.1.1: Sistema de muestreo bentónico:
Instalado en la embarcación de muestreo, se muestran los 3 componentes: Rastra, Huinche de levante hidráulico y Central hidráulica.

Figura 3.1.2: Distribución de frecuencias de las profundidades:
Registradas en el muestreo de desembarque en los puertos de la X y XI región (Fuente: IFOP 2005).

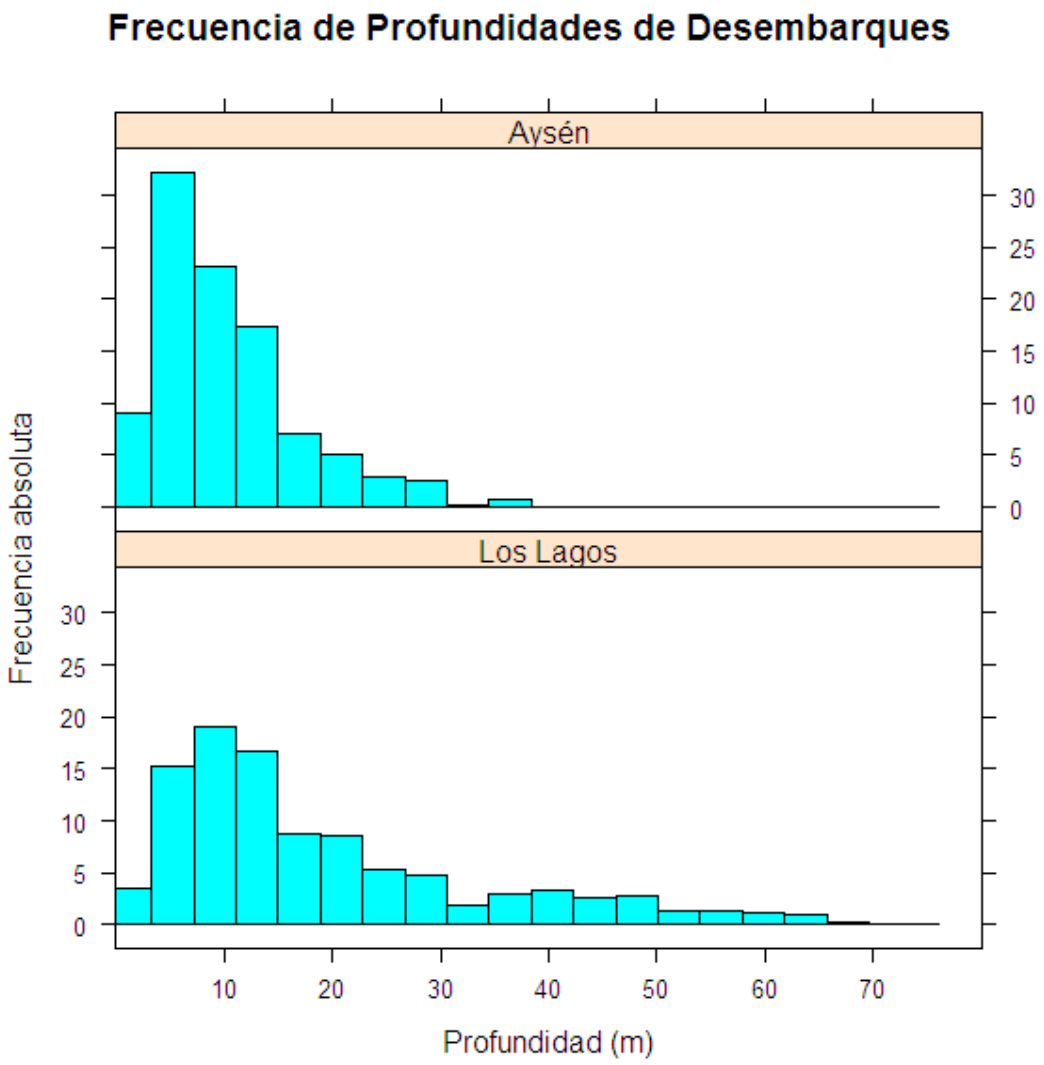


Figura 3.1.3: Sitios de extracción profunda de erizo (>20 m):
Obtenidos desde la base de datos IFOP (puntos rojos) y en la aplicación de encuestas (puntos negros).

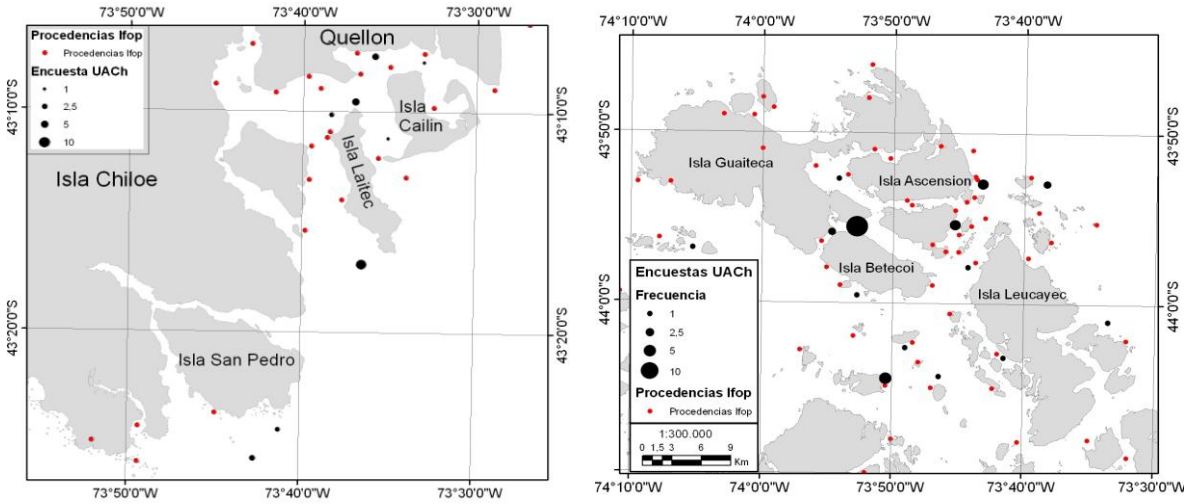


Tabla 3.1.1: Sitios de extracción profunda de erizos:
Identificados en la aplicación de encuestas en Puerto Quellón.

Nombre sitio	Frecuencia de aparición	Prof- prom
Cailin NW	5	40
Cailin SW	1	30
Cailin NE	1	25
Laitec N	5	38
Laitec NW	2	32
Laitec SW	9	42
San Pedro S	2	40
Canal Yelcho	1	45
Quellón	4	35
Islotes Guamblin	3	40

Tabla 3.1.2: Sitios de extracción profunda de erizos:
Identificados en la aplicación de encuestas en Puerto Melinka.

Bancos	Frecuencia de aparición	Prof Promedio
Canal Cuervo 1	15	40
Isla Amita	5	28
Isla Ascensión	4	35
Isla Clotilde	4	38
Canal Cuervo 2	2	37
Islas Peligroso	2	23
Canal Leucayec	1	30
Canal Puquitin	1	20
Isla Amortajado	1	25
Isla Betecoi	1	20
Isla Elvira	1	30
Isla Ovalada	1	30
Isla Queitao	1	25
Isla Sin Nombre	1	30
Isla Tuamapu	1	35
Islas Bajas	1	25

3.2 Objetivo 2

Estimar la abundancia del stock en el rango batimétrico de 0 a 100 de profundidad en cada una de las zonas propuestas.

3.2.1 Introducción

La necesidad de mejorar el manejo de las pesquerías erizos a nivel mundial ha sido un tema de discusión planteado por investigadores considerando el estatus de estas pesquerías a nivel Mundial (Andrew et al. 2002; Botsford et al. 2004).

La pesquería del erizo es una pesquería bentónica, espacialmente estructurada compuesta de stocks sedentarios, que ha sido catalogada como pesquería de pequeña escala (relativo al tamaño de las embarcaciones), adquiriendo la denominación de pesquerías tipo "S" (Orensanz *et al.* 2005). Los stocks de este tipo de pesquerías están espacialmente estructurados en subpoblaciones localizadas de acuerdo a la distribución del tipo de hábitat, típicamente interconectadas a través de dispersión larval, lo que sugiere que estas se organizan en unidades metapoblacionales (Roughgarden et al. 1985; Possingham and Roughgarden 1990; Hanski and Gilpin 1991; Gaines and Lafferty 1995; Orensanz and Jamieson 1998; Orensanz et al. 2006).

Las evaluaciones de stock en estas pesquerías han presentado varias complejidades, ya que los métodos tradicionalmente utilizados para la estimación de abundancia de un stock pesquero (métodos directos e indirectos) son prácticamente inaplicables a estas pesquerías, dada su complejidad espacial (Caddy 1975; Caddy 1989; Orensanz and Jamieson 1998; Prince 2005).

El enfoque precautorio para el manejo de las pesquerías sugiere el uso de Puntos de Referencia, como criterios de manejo que permitan capturar en términos claros los objetivos de manejo para las pesquerías (Caddy and Mahon 1995). Para implementar el manejo pesquero debe ser posible convertir los Puntos de Referencia conceptuales en un Punto de Referencia técnico, el cual pueda ser calculado o cuantificado sobre la base de características biológicas o económicas de la pesquería (Caddy and Mahon 1995).

Los puntos de referencia límite en una pesquería deberían reflejar la habilidad de una población para persistir, lo que depende de su periodo de vida de producción de huevos y su abundancia actual (Botsford *et al.* 2004).

En las pesquerías de Norte América donde por lo general se observó un rápido crecimiento y posterior depleción de los sctock de erizos (Andrew et al. 2002) se han adoptado medidas de manejo tales como capturas totales permisibles (CTP) adoptando el modelo logístico, drástica disminución de las capturas de manera arbitraria y posterior uso de modelos y rotación de áreas entre otros (Botsford et al. 2004).

Las evaluaciones de stock de estos recursos, en la mayoría de los casos, se realizan utilizando el modelo logístico, cuyos imput de información son datos provenientes de la pesquería. Otro modelo es el Análisis de captura a la talla (Zuleta *et al.* 1994) que ha sido usado para evaluar la pesquería de erizo en la zona de Islas Guaitecas (Schipmann 1996)

La pesquería de erizos en Chile no ha sido una excepción a lo que se ha reportado en las pesquerías mundiales en cuanto a su incierto estado de conservación y a la necesidad de mejorar la aproximación al manejo (Andrew et al. 2002).

En Chile la pesquería del erizo (*Loxechinus albus*) ha estado sometida a varios regímenes de acceso. Así intentando detener el proceso de sobrepesca de la pesquería en 1999 la autoridad pesquera introdujo el Régimen Bentónico, siguiendo el mismo modelo aplicado al recurso loco. Este sistema de manejo consistía en la fijación de cuotas de captura permisibles por región (CTP), las cuales se dividían en cuotas individuales (CI) que eran asignadas a cada pescador (Zuleta *et al.* 2008). Sin embargo, la estimación de la CTP basadas en reconstrucciones de stocks regionales usando modelos de “dynamic pool” basados en composiciones de talla, captura e índices de CPUE tuvieron las mismas dificultades que en el caso del loco. La incertidumbre de los datos y la deficiencia de los modelos para dar cuenta de la dinámica espacial del recurso y la pesca hacían muy inciertas las estimaciones de la CTP y un instrumento de manejo de dudosa efectividad para controlar los niveles de explotación. Por otra parte, los costos que implicaba establecer un procedimiento de manejo basado en cuotas de captura eran excesivamente elevados (Zuleta *et al.* 2008).

Las limitaciones del Régimen Bentónico, motivaron la búsqueda de procedimientos alternativos de evaluación de stock y manejo. En el año 1994 destaca como hito el primer

ejercicio de evaluación de stock realizado para el stock de Islas Guaitecas e islas aledañas en el archipiélago de los Chonos, considerando la información obtenida desde la pesquería. En esta evaluación se estimó un total de 439.160.762 erizos y 37.619 Tons de erizo (*L. albus*) de diámetro de la testa mayor 45 mm. En 1995, se hicieron dos talleres de manejo adaptativo con los pescadores, empresarios y administradores utilizando modelos de simulación como instrumento para sintetizar el conocimiento, facilitar la comunicación entre los actores y analizar escenarios de manejo (Zuleta et al. 1994; Zuleta et al. 1995; Moreno et al. 1996). En el año 2000 el Comité técnico para la pesquería del erizos de la Subsecretaría de Pesca, introdujo la idea de esquemas de regulación basados en controles directos del esfuerzo y rotación de áreas y la necesidad de explorar la factibilidad técnica de diseñar estrategia de manejos espacialmente explícitos lo que se exploró a través de dos proyectos de investigación denominados "*Bases biológicas para la rotación de áreas del recurso erizo Fase I y II"* (Barahona et al. 2003; Zuleta et al. 2008).

Desde la perspectiva institucional y administrativo, el manejo del recurso erizo se dificultó debido al conflicto de los pescadores de la X y XI regiones por la Zona Contigua entre estas dos regiones (Moreno 2003; Moreno et al. 2006). Esto condujo a la consideración del manejo del recurso con participación de los distintos grupos de actores. Así el Consejo Zonal de Pesca convocó una Mesa de Trabajo cuya misión fue la elaboración del Plan de Manejo de la pesquería de erizo de las X y XI regiones. Esta mesa ampliada fue asesorada por un Grupo Técnico cuya misión fue elaborar el Plan de Manejo. Una versión preliminar fue aprobada por la Mesa Técnica en mayo de 2003 (Moreno 2003).

A partir del año 2005 el recurso erizo que se cosecha en la XI región y en gran parte de la X región se realiza a través de la implementación de una pesca de investigación que es una de las medidas administrativas del Plan de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de la Zona Contigua X y XI regiones, el primer Plan de Manejo implementado en Chile para una pesquería. La estructura estratégica institucional consiste en un Co- Manejo, en el que la Subsecretaría de Pesca toma las decisiones, siendo asesorada por la Comisión de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de la Zona Contigua (COMPEB), asesoría que hasta 2009 ha sido completamente acogida por la Subsecretaría. A su vez la COMPEB es asesorada por grupos técnicos asesores (GTA), en este caso el GTA-erizos, el que está compuesto por investigadores relacionados al recurso.

El conjunto de medidas de manejo hasta ahora adoptadas son i) Control de cuota por macrozona (X región, XI región, zona contigua), ii) Control de acceso (parcialmente logrado), iii) Talla mínima (6 cm en P.I.) y iv) Veda biológica (15 de octubre al 28 de febrero.

Los resultados de la pesca de investigación han sido evaluados en un contexto espacial y las complejidades geográficas no han permitido una buena aproximación a la estimación del stock por área, por lo que el presente proyecto permite la primera oportunidad de explorar metodologías de evaluación directa para esta pesquería, bajo la hipótesis de que el recurso se distribuye de manera relativamente abundante entre el intermareal y 100 m de profundidad.

3.2.2 Metodología

3.2.2.1 Área de estudio

El área de estudio seleccionada para la evaluación directa fueron los polígonos 6 (alrededor de Quellón) y 7 (alrededor de Melinka) de acuerdo a la clasificación de polígonos propuesta por Molinet et al. (2008). Al interior de cada polígono seleccionado se realizó una estratificación en áreas más pequeñas utilizando un criterio de cercanía entre las estaciones de muestreo, su característica de *procedencia* (González *et al.* 2006) en la base de datos de IFOP y la continuidad de la línea de costa. De esta forma en el Polígono 6 se estudiaron 4 áreas: 1) Quellón, que consideró bahía Quellón y canales interiores entre Isla Laitec e Isla Cailin, 2) Sur Isla San Pedro, 3) Icolma y 4) Guapiquilan. En el Polígono 7 las áreas fueron: 1) Guaitecas SO (sur oeste Isla Gran Guaiteca), 2) Betecoi SO (sur oeste isla Betecoi), 3) Leucayec N(norte de isla Leucayec), 4) Peligroso (Grupo Islas Peligroso, 5) Tres Canales (Lagreze, Puquitin y Cuervo), 6) Guaitecas E(este de isla Gran Guaiteca e isla Ascensión), 7) Bahía Low, 8) Leucayec S (sur de isla Leucayec) (Figura 3.2.1).

En cada área se recolectaron muestras estratificadas en un gradiente batimétrico entre 0 y 100 m. Los estratos inicialmente seleccionados fueron 0-15 m, 16-30 m, 31-60 m y 61-100 m. Sin embargo al analizar las densidades entre los estratos se observó que la densidad observada entre 0 y 10 m fue significativamente distinta de la densidad observada

entre 11 y 15 m ($H_{0.05}$ $p < 0,05$) y que a su vez, la densidad de erizos entre 11 y 15 m no fue significativamente diferente a la encontrada entre 16 y 30 m ($H_{0.05}$ $p > 0,05$), por esta razón el estrato 2 incluyó desde 11 a 30 m.

Los sitios visitados se seleccionaron a partir de: i) Las procedencias históricas registradas por el "Programa de seguimiento de las pesquerías bentónicas" realizado por el Instituto de Fomento Pesquero desde 1996 y ii) Por sugerencias de buzos mariscadores, quienes son los usuarios del recurso.

3.2.2.2 Evaluación directa de áreas de muestreo

En cada área de la zona de estudio se realizó una evaluación directa en 2 etapas: i) Prospección y ii) Evaluación directa con buzo o VRS.

Prospección.

La metodología de prospección consistió en el despliegue de una cámara (Seaviewer, modelo Sea Drop 950) desde una embarcación artesanal de 13 a 16 m de eslora. La cámara fue remolcada por la embarcación con esta última a la deriva (por viento y/o corriente), por lo que la diferencia de posición entre la cámara y la embarcación no varió más allá de 15 m. Este procedimiento se efectuó para los 4 estratos mencionados anteriormente.

La distancia recorrida se obtuvo registrando el track de navegación en cada transecto usando un GPS-sounder Garmin modelo GPS Map 420 S, marcando el punto de inicio y el de término para cada estrato de profundidad, además de hitos tales como el inicio y final de un parche de erizos. El ancho de campo y por lo tanto del segmento muestreado se estimó considerando la luminosidad en la profundidad y la presencia de erizos que fueron recolectados y medidos posteriormente. Este se estimó en aproximadamente un metro para los estratos 1 y 2, 0,5 metros para el estrato 3 y 0,3 m para el estrato 4.

El análisis posterior de las imágenes para cada uno de los despliegues entrego información de presencia-ausencia de erizos, numero de erizos en el arrastre, profundidad y tipo de sustrato.

En las prospecciones, en que el numero de erizos fue superior a 10 ind/100 m de arrastre, se efectuó una evaluación directa de área barrida con buzo o un vehículo remoto submarino (VRS) LBV200.

Evaluación directa con buzo o VRS.

Para el estrato 1 se realizo una evaluación directa con las 2 metodologías, lo que dependió principalmente de la presencia de bosques de algas y oleaje en la orilla. En los estrato 2, 3 y 4 se utilizaron sólo VRS.

Buzo: La evaluación con buzo se realizo únicamente en el estrato 1. El buzo llevo la cámara utilizada en la prospección unida a la manguera de suministro de aire, obteniéndose una grabación de todo su recorrido. El transecto se inició en el punto de fondeo (aproximadamente 5 - 10 m de profundidad) de la embarcación y consistió en 2 recorridos de ida y vuelta a la costa.

Para calcular el área barrida se referenció el punto de inicio del transecto y se obtuvo un estimado de la distancia recorrida por observación del track de burbujas dejado por el buzo. Además para escalar el ancho del recorrido en el fondo, el buzo llevó consigo una regla graduada cada 5 y 10 cm, la que mantuvo delante del campo de grabación de la cámara y siempre sobre el sustrato. El ancho promedio del transecto determinado fue de aproximadamente 0,29 m. La regla fue utilizada además para obtener el diámetro de testa de los erizos que fueron muestreados de esta forma.

VRS: esta metodología se utilizo en los estratos 1, 2, 3 y 4. El VRS utilizado fue un Seabotix modelo LBV 200. El equipo dispone de 4 motores independientes, 2 cámaras digitales montadas sobre un eje de 180º de rotación y 2 punteros láser, paralelos al eje óptico de la cámara principal. Para el cálculo de área barrida se obtuvo la distancia recorrida a través del sistema de tracking Micron Nav USLB ensamblado al VRS. La estimación del ancho de campo se obtuvo a partir de los punteros láser del equipo. Los anchos difieren para cada estrato, resultando de 0,66, 0,46, 0,51 y 0,56 m para los estratos 1, 2, 3 y 4 respectivamente, lo que estuvo principalmente asociado a la luminosidad.

3.2.2.3 Estimación de la superficie por área y estrato.

La superficie sobre la cual se realizó la expansión de la abundancia de erizos por área de trabajo y por estrato se obtuvo utilizando distintas fuentes de información:

i) Solicitud de información al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), cuya respuesta fue que esta información no se encontraba disponible (ANEXO 4).

ii) Como alternativa a esto se digitalizaron las cartas SHOA en papel 7440 y 8100, utilizando el programa Arc View 9.3, posteriormente, y mediante la herramienta “Edit”, se seleccionó cada punto de batimetria y sustrato presente en ambas cartas.

iii) Además se incorporó la información recogida durante las campañas de terreno.

Dada la compleja topografía del sector (canales e islas), se consideró el uso de una red triangular irregular (TIN por su sigla en inglés) de forma de representar el área de estudio de la mejor forma posible. Las TIN’s son la representación de la elevación topográfica de una superficie, esto se obtiene a través de la generación de mosaicos de triángulos no sobrepuestos. Inicialmente se generaron TINs de profundidad y tipo de sustrato para cada polígono, estas TINs fueron fragmentadas mediante la herramienta “Clip” generándose TINs por área. En cada área las TINs de profundidad fueron separadas en 4 estratos (0-10 m, 11-30, 31-60 y 61- 100). Finalmente, en cada área se sobrepuso, la TIN de sustrato a los 4 TINs de profundidad.

El sustrato en las transectas muestreadas se clasificó a través del análisis de las imágenes, lo que condujo a una clasificación de 26 tipos de sustratos, mientras que para el resto del área de trabajo se utilizó la información contenida en las cartas de navegación del SHOA. Estas cartas incluyen las clasificaciones de fango, arena, piedra, roca, conchilla y mixto.

Con la finalidad de unificar ambas fuentes de información y para simplificar el análisis, se definieron cuatro criterios de agrupación del sustrato que se clasificó en:

i) Blando: sustrato dominado por arena y fango

ii) Bolón: sustrato donde dominaron los guijarros piedras, conchilla y bolones hasta 50 cm de diámetro.

iii) Duro: Sustrato dominado por rocas superiores a 50 cm de diámetro y planchones rocosos.

iv) Mixto: sustrato heterogéneo compuesto por arena o fango y cualquiera de las clasificaciones descritas en ii) y iii).

Para cada área de trabajo se estimaron 3 tipos de superficie:

Superficie total (S.T.): Superficie total del área de estudio por estrato de profundidad.

Superficie disponible (S.D.): Superficie del área total que posee un sustrato apropiado para la presencia de erizos.

Superficie efectiva (S.E.): Superficie en la que se registró presencia de erizos en las campañas de muestreo.

En algunos áreas, en el estrato 1 (0 a 10 m) no se dispuso de ningún tipo de información batimétrica por lo que para la estimación de la superficie en este estrato se realizó una estimación de una franja a lo largo de la línea de costa, considerando el ancho promedio del estrato obtenido de las evaluaciones directas de este estudio. Se obtuvo un ancho promedio de 50 m para ambos polígonos.

Finalmente, la superficie utilizada para expandir la densidad de erizos y estimar la abundancia de este recurso se estimó de la siguiente manera:

i) En el área de Quellón, San Pedro y Tres Canales, debido a la distribución agregada que mostraron los erizos en todos los estratos de profundidad, el área sobre la que se estimó la abundancia fue el área sobre la que se observó erizos, es decir la superficie efectiva.

ii) En las áreas de Icolma, Guapiquilán, Bahía Low, G. Peligroso, Guaitecas S.O. y Leucayec N, debido a que en cada estación de muestreo se registró erizos en el estrato 1 sobre sustrato duro, el área sobre la que se estimó la abundancia se obtuvo extrapolando la densidad de los parches muestreados, es decir, se incluyó la superficie efectiva y la superficie disponible del estrato entre 0 y 10 m de profundidad.

iii) En las áreas de Betecoi S.O., Leucayec S., la superficie sobre la que se estimó la abundancia se obtuvo interpolando la densidad de los parches muestreados a todo el sustrato disponible del estrato 1, considerando que en cada área muestreada se registró erizo en este estrato por lo que se presumió una distribución uniforme. Es decir se incluyó la superficie efectiva y la superficie disponible del estrato 1.

3.2.2.4 Análisis de la información

La información recolectada fue validada a través de un procedimiento de taller de trabajo y haciendo una lista de chequeo de los protocolos de trabajo. Posteriormente los datos fueron ingresados a una planilla de cálculo para su posterior análisis.

La variación del diámetro de la testa para los polígonos y los estratos de profundidad fue analizada usando un ANOVA (Zar 1999).

Para comparar la densidad de individuos entre estratos de profundidad se realizó un test no paramétrico de Kruskal Wallis (Test H) (Zar 1999).

La variación de la presencia de erizos en las distintas áreas, estratos y tipos de sustratos fue analizada usando Regresión Logística perteneciente a la familia de los Modelos Lineales generalizados. Se utilizó una distribución Binomial con un link logit, debido a la naturaleza dicotómica de los datos.

La variación de la densidad de erizos por estrato, área, polígono y sustrato fue analizada utilizando un modelo lineal generalizado Poisson con un link log (McCullagh and Nelder 1989). Los análisis estadísticos y los gráficos fueron elaborados usando el software R 2.8.0 (Dalgaard 2002; Crawley 2007; Sarkar 2008).

a) Estructura de tallas de la población por área

Para el análisis de la estructura de tallas de la población se utilizó la información recogida en la evaluación con buzo y VRS. Los estimadores utilizados fueron los siguientes:

Proporción del número de ejemplares de la talla k (p_k)

$$p_k = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_{ik}}{\sum_{k=1}^{n_k} \sum_{i=1}^{N} x_{ik}} \qquad (6)$$

Varianza del estimado $P_{k:}$

$$\hat{\text{var}}(p_k) = \frac{1}{n_k - 1} p_k (1 - p_k) \qquad (7)$$

Abundancia clase de talla k:

$$\hat{\tau}_{stk} = \hat{\tau}_{st} p_k \qquad (8)$$

Biomasa total clase de talla k:

$$\hat{B}_{stk} = \hat{N}_{stk} \overline{w}_k \qquad (9)$$

Peso promedio de la clase de talla k:

$$\overline{w}_k = a(l_k)^b \qquad (10)$$

Donde,

a y b: coeficientes de la relación longitud peso

l_k: longitud promedio de la clase de talla k

b) Estimación de abundancia del stock por área.

Se realizó una evaluación de Stock para cada área. El cálculo de los tamaños poblacionales en cada área se realizó de manera estratificada, se dividió el gradiente batimétrico en los 4 estratos mencionados en 4.2.1.1.

Estimador insesgado de la población media según Thompson (1992), es:

$$\overline{y}_{st} = \frac{1}{N}\sum_{h=1}^{L} N_h \overline{y}_h \qquad (1)$$

$$\overline{y}_h = \frac{1}{n_h}\sum_{i=1}^{n_h} y_{hi} \qquad (2)$$

donde

h : estrato

n_h : muestras del estrato h.

n : total de muestras.

L : número de estratos.

N_h : total de unidades muestrales del estrato h.

N : total unidades muestrales de la población.

Donde la varianza es:

$$\mathrm{var}(\overline{y}_{st}) = \frac{N-n}{nN}\sum_{h=1}^{L}\left(\frac{N_h}{N}\right)\sigma_h^2 + \frac{1}{n^2}\left(\frac{N-n}{N-1}\right)\sum_{h=1}^{L}\frac{N-N_h}{N}\sigma_h^2 \qquad (3)$$

Luego el estimador de la población total es:

$$\hat{\tau}_{st} = \sum_{h=1}^{L} N_h y_h \qquad (4)$$

y su varianza

$$\mathrm{var}(\hat{\tau}_{st}) = N^2 \ \mathrm{var}(\bar{y}_{st}) \qquad (5)$$

3.2.3 Resultados

3.2.3.1 Evaluación directa de áreas de muestreo.

En el polígono 6 se visitaron 147 sitios, de estos, 16 son del área Guapiquilan, 30 de Icolma, 69 de Quellón y 32 de San Pedro. Del total de sitios visitados 45 corresponden al estrato 1, 37 al estrato 2, 56 al estrato 3 y solo 9 al 4 (Fig. 3.2.2, Tabla 3.2.1). En el polígono 7 se visitaron 236 sitios los que se distribuyen principalmente en las áreas de Bahía Low (58), Guaitecas E (45) y Leucayec S (37). Del total de sitios visitados 70 corresponden al estrato 1, 83 al estrato 2, 59 al estrato 3 y 24 al estrato 4 (Fig. 3.2.2, Tabla 3.2.2).

3.2.3.2 Estimación de la superficie por área

El sustrato se clasificó como *disponible* considerando la presencia de erizos por tipo de sustrato. La variabilidad en la presencia de erizos es afectada significativamente por el tipo de sustrato y la profundidad (P<0,0001) y no por el polígono (P=0,07) (Tabla 3.2.3, Fig. 3.2.4). De esta forma, para la definición de superficie disponible se adoptó un criterio simplificado estableciéndose que los sustratos duros, bolón y mixto serían sustratos disponibles para la presencia de erizos. La superficie disponible sólo se pudo estimar para los estratos 1 y 2, ya que en el caso de los estratos 3 y 4 (más de 31 m de profundidad) ninguna de las fuentes de información utilizada permitió definir el sustrato disponible. Para el polígono 6 la superficie total fueron 38.962 Has, cuya mayor proporción se encuentra entre 11 y 30 m profundidad. La superficie disponible estimada fue alrededor de un 8% y en aproximadamente el 50% de la superficie disponible se encontró erizos (superficie efectiva) (Tabla 3.2.4, Fig. 3.2.5). En el polígono 7 la superficie total estimada fueron

106.807 Has, cuya mayor proporción se observó en el estrato entre 0 y 10 m de profundidad (42%). La superficie disponible fue alrededor de 9% del área total identificándose el 98% de esta entre 0 y 30 m de profundidad. La superficie efectiva fueron 6.651 Has, el 93% de las cuales se registró en el estrato entre 0 y 10 m de profundidad (Tabla 3.2.5, Fig. 3.2.6).

3.2.3.3 Estructura de tallas de la población por área

La distribución de los diámetros de la testa (talla) varió entre áreas y estratos como se muestra en la figura 3.2.6. En el Polígono 6 se observó que las tallas de los erizos están entre 20 y 100 mm, aunque más del 90% de la muestra está bajo 60 mm (talla mínima para la pesca de investigación del Plan de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de la Zona Contigua X y XI regiones). En el área de "Quellón" se registró erizos con mayor diámetro de testa, los que corresponden a aquellos encontrados en los estratos 3 y 4 de los sectores de Piedra Lile y Cailin.

En el polígono 7 la distribución de tallas sigue la misma tendencia que en el polígono 6 con un 91,7% de la muestra bajo 60 mm (Fig. 3.2.7).

En ambos polígonos se observaron diferencias significativas en el diámetro de la testa por estrato de profundidad ($H_{3,\ 0.05}$=536, $p < 0.001$), encontrándose los erizos más pequeños entre 0 y 10 m de profundidad y los erizos más grandes en los estratos ubicados a más de 30 m.

La relación Talla-Peso se obtuvo para ambos polígonos. Los parámetros de la relación para el polígono 6 fueron a= 0,0015 y b= 2,6676, para el polígono 7 resultaron de a= 0,002 y b= 2.5865 (Figuras 3.2.8).

3.2.3.4 Densidad de erizos

La densidad fluctuó en un rango con un máximo de 20 erizos/m^2 en los estratos superficiales y con un mínimo de 0 erizos/m^2 en varios sectores y estratos. El estrato entre 0 y 10 m fue donde se registraron las mayores densidades, con medianas que se extienden de 1 erizo/m^2 y de 10 erizos/m^2 (Fig. 3.2.9).

Existieron diferencias significativas en la densidad de los erizos entre los polígonos, las áreas, el tipo de sustrato y los estratos de profundidad (Fig. 3.2.9 y 3.2.10, Tabla 3.2.6),

observándose mayores densidades en el polígono 7, en el estrato superficial y en el sustrato duro.

3.2.3.5 Estimación de abundancia del stock por área

Se registró erizos en todas las áreas entre 0 y 10 m de profundidad (estrato 1), mientras que en los demás estratos la presencia de erizos fue irregular. En el polígono 6, el área "Quellón" presentó las mayores abundancias, y fue la única de las 4 áreas en las que se registró erizos en los 4 estratos de profundidad. En "Icolma" y "Guapiquilan" solo fueron observados erizos en el estrato 1 (donde predominó el sustrato rocoso) (Tabla 3.2.7), asociado al sustrato rocoso.

En el polígono 7 las áreas "Guaitecas O" y "Bahia Low" presentaron las mayores abundancias, aunque sólo se registró erizo en los estratos 1 y 2. En el estrato 3 de este polígono sólo se encontraron erizos en tres de las 8 áreas muestreadas: i) Guaitecas Este, ii) Leucayec y iii) Tres Canales (Tabla 3.2.9). En el estrato 4 se encontró erizo solo en el área Tres Canales en baja abundancia (Tabla 3.2.9).

La Abundancia total estimada de erizos resultó en 81.654.084 individuos (19%) para el polígono 6 y 357.412.969 (81%) para el polígono 7, lo que equivale a una biomasa estimada de 2.700 y 13.909 toneladas respectivamente (Tabla 3.2.8 a 3.2.10).

La estimación de esta abundancia presentó un coeficiente de variación (CV) entre 10 y 40% lo que es considerado alto, pero es menor al CV observado en muchas de las evaluaciones directas realizadas en AMERBs. El valor del CV se explica por la alta variabilidad de la densidad de erizos observadas por parche muestreado.

En el polígono 6 los erizos se concentraron en los dos primeros estratos, observándose que el 80% de la abundancia estimada se encontró en el estrato entre 0 a 10 m y el 19% se encontró en el estrato entre 11 y 30 m, dejando un marginal 1% a los estratos entre 31 y 100 m de profundidad.

En el polígono 7, el 97% de la abundancia de erizos se concentró entre 0 y 10 m de profundidad, mientras que el 3% restante de la abundancia se distribuyó entre 11 y 100 m de profundidad.

3.2.4 Discusión

Los resultados de la evaluación realizada muestran que la abundancia de erizos se concentra entre 0 y 10 m de profundidad, lo que en la zona de Guaitecas (polígono 7) da cuenta del 97% de la población en las áreas muestreadas. La abundancia de erizos en el estrato que se extiende de 11 a 30 m es más importante en el polígono 6, principalmente en el área de los canales interiores de Quellón, donde representa el 19%.

Aunque en los muestreos realizados se encontró erizo hasta 100 m de profundidad, los resultados de la estimación de la abundancia muestran que, principalmente, el estrato 1 (0-10 m) y parcialmente el estrato 2 (11-30 m) son las áreas en las que se distribuye el 97% de la población de erizos en las áreas muestreadas. Parches de erizo a mayores profundidades fueron escasos (un ejemplo de esto es el parche en canal Laitec a 100 m de profundidad) y más bien se encontró erizos dispersos con raras aglomeraciones de hasta 3 erizos.

Una de las limitaciones metodológicas para expandir la abundancia fue la estimación del área disponible para la distribución de los erizos. Lo anterior debido a que el SHOA manifestó no disponer de información de tipo de sustrato y batimétrica para dichas áreas en estudio y a que las cartas de navegación publicadas por el SHOA tienen por objetivo principal "*facilitar la navegación ya sea oceánica, costera, de aproximación o en canales estrechos*" (SHOA 2001). Por este motivo la información batimétrica y de sustrato entre la línea de costa y el veril de los 10 m no se encuentra convenientemente descrita para el área de estudio. Lo anterior provoca una inadecuada estimación del área total y disponible, lo que pudo haber afectado nuestra estimación del stock sobreestimándolo en algunas áreas donde se consideró que todo el estrato 1 correspondió a sustrato disponible como en el caso de Guapiquilan. Sin embargo, esto se podrá solucionar en el tiempo en la medida que se realicen nuevos levantamientos batimétricos los que al menos en la región de estudio están en proceso.

Las estructuras de talla encontradas muestran un bajo porcentaje de individuos sobre 60 mm que es la talla permitida en pesca de investigación en el Plan de Manejo que se aplica en la zona (7,8% y 8,3 % para los polígonos 6 y 7 respectivamente), particularmente en los estratos superficiales. Estos valores muestran una población *juvenilizada* en ambos estratos, lo que considerando las características de las poblaciones explotadas y

sobreexplotadas de erizo descritas por Andrew *et al*. (2002) y Botsford *et al*. (2004), sugieren que en ambos polígonos la situación del recurso es al menos delicada. Esto es particularmente notorio en el polígono 6 (alrededor de Quellón).

Los resultados de este estudio no parecen consistentes con los resultados del monitoreo biológico pesquero de la pesquería realizado por IFOP, ya que las distribuciones de tallas de dicho muestreo muestran una población de adultos que no es perceptible claramente de este estudio (Fig. 3.2.11)

La distribución de los erizos observados en las áreas del polígono 6, particularmente en las áreas de Quellón y San Pedro, fue muy agregada, observándose varias estaciones de muestreo en las que no se observó erizos en todos los estratos, aún existiendo sustrato disponible.

Por otro lado, las densidades de erizo en el polígono 7, particularmente en el estrato 1 fueron más uniformes ya que en cada estación de muestreo en este estrato se registró erizos en presencia de sustrato duro, aunque la densidad fue variable.

Las áreas estudiadas en este trabajo pueden ser comparadas con los reportes de las *procedencias* del Programa de Monitoreo de las Pesquerías Bentónicas que lleva el IFOP. Las procedencias declaradas en los reportes de IFOP coinciden con las áreas estudiadas en este trabajo, por lo que se estima que representan de buena manera la pesquería. Estas áreas son algunas de las zonas más productivas de acuerdo a la información recolectada en los programas de seguimiento y en conjunto con el grupo de Islas Desertores y la zona oeste del Archipiélago de los Chonos dan cuenta de alrededor del 90% de la pesquería del erizo (Molinet et al. 2008).

Por otro lado, cada área muestreada puede ser comparada con los registros de captura de la pesca investigación que realiza Consultora Pupelde, en el marco del Plan de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de la Zona Contigua.

Los resultados de esta pesca de investigación para los últimos 2 años se muestran en la tabla 3.2.11 y en ella se puede observar que en 2007 y 2008 se han declarado entre 3.400 y 3.750 Tons de las áreas muestreadas en el polígono 6, lo que no es consistente con lo observado en este estudio en el que en las mismas áreas se estimó una población total de 2700 Tons. En las áreas muestreadas en el polígono 7 se han declarado entre 1.600 y 1.800

Tons en 2007 y 2008 respectivamente, mientras que la biomasa total estimada es de alrededor de 13.000 toneladas lo que aparece más consistente (Fig. 3.2.12).

Existe una alta variabilidad en la abundancia y biomasa entre las estaciones, lo cual es reflejo de la alta variabilidad de la densidad encontrada entre los distintos parches, encontrándose estaciones con un CV de 40%. Aún cuando estos valores son considerados normales en evaluaciones directas sobre AMERBs, un valor de CV inferior al 20% es considerado adecuado (SUBPESCA 1995).

Los resultados de este estudio sugieren que en las áreas estudiadas la población de erizo es somera y que su estado de conservación parece estar fuertemente amenazado, lo que amenaza directamente la pesquería. Debido a que estos polígonos muestreados dan cuenta de alrededor del 40 a 50 % de la captura en pesca de investigación y a que la pesquería se concentra fundamentalmente en otros 3 polígonos se sugiere implementar a la brevedad un programa de evaluación directa de las áreas. Esto se podría realizar utilizando la metodología aplicada en este estudio, la que resultó exitosa en la captura de individuos de tallas comerciales y no comerciales, además de generar imágenes que permiten que estas estén disponibles para auditorias o futuras evaluaciones.

Además es fundamental implementar la red de estaciones fijas sugerida en el Plan de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de la ZC, en las conclusiones del proyecto FIP 2003-13 y en los reportes del GTA-erizos en los últimos 2 años. Esto permitirá tener un seguimiento de la dinámica poblacional de este recurso que incluya las principales zonas de extracción, lo que posteriormente podrá ser comparado con los resultados de la pesquería

Figura 3.2.1: Áreas de trabajo seleccionadas:

En estas áreas se recolectaron muestras para la evaluación directa en los polígonos 6 (arriba) y 7 (abajo).

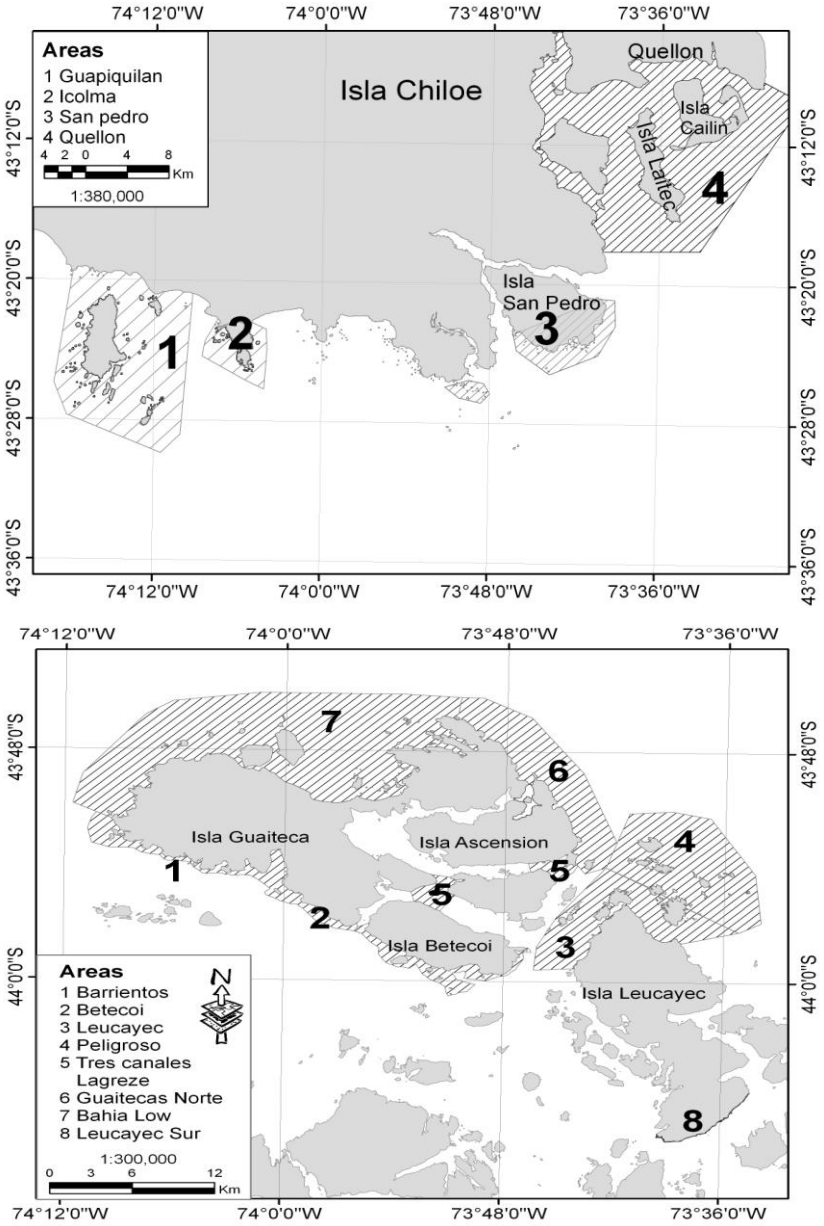
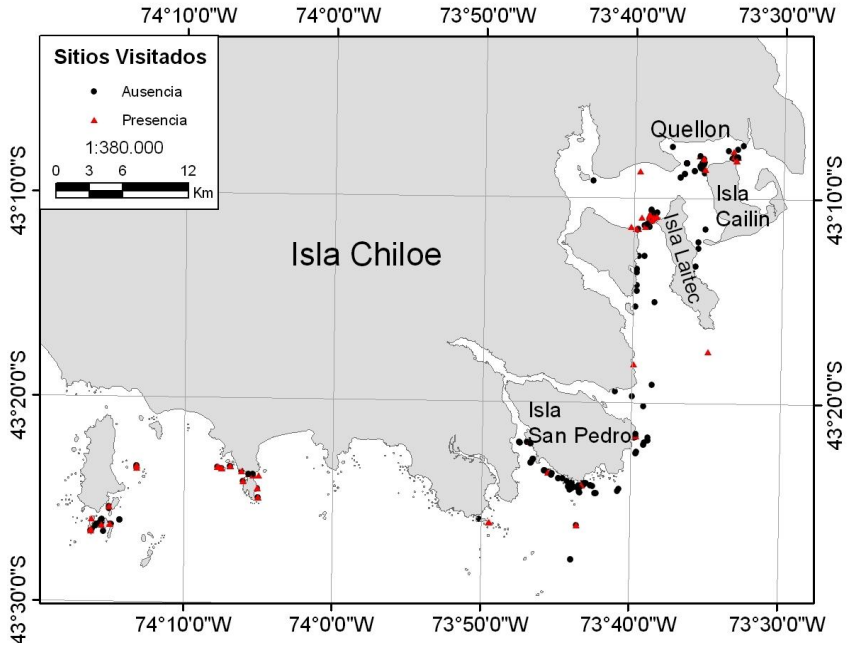


Figura 3.2.2: Prospecciones y muestreos realizados:

Muestras en el polígono 6 (arriba) y 7 (abajo). Los puntos rojos muestran presencia y los negros ausencia de erizo.



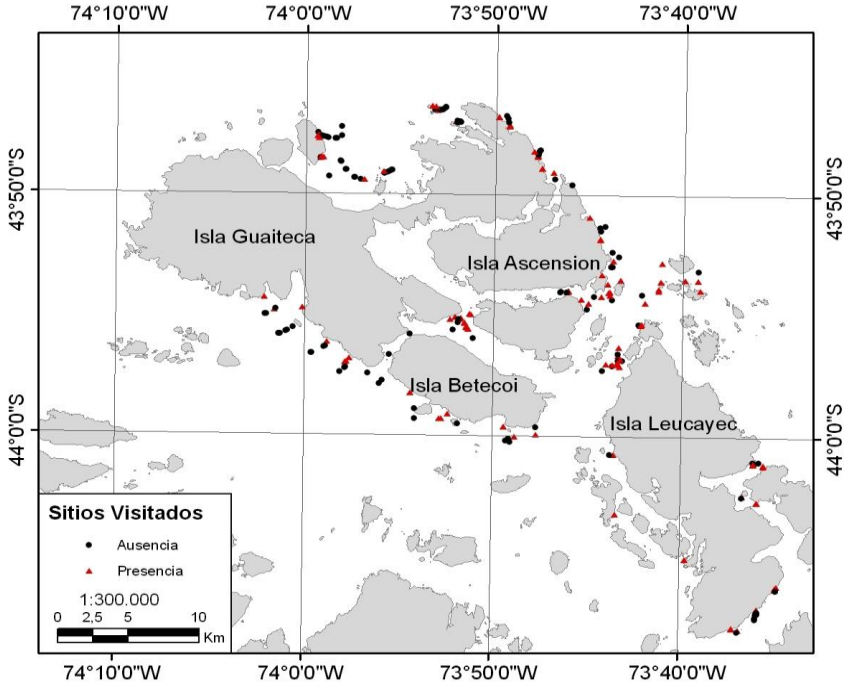


Figura 3.2.3: TIN de profundidad por estrato:

Generado para la superficie total del Polígono 6 (arriba) y 7 (abajo). La zona ubicada al Oeste de Isla San Pedro no registra cotas batimétricas en las cartas SHOA.

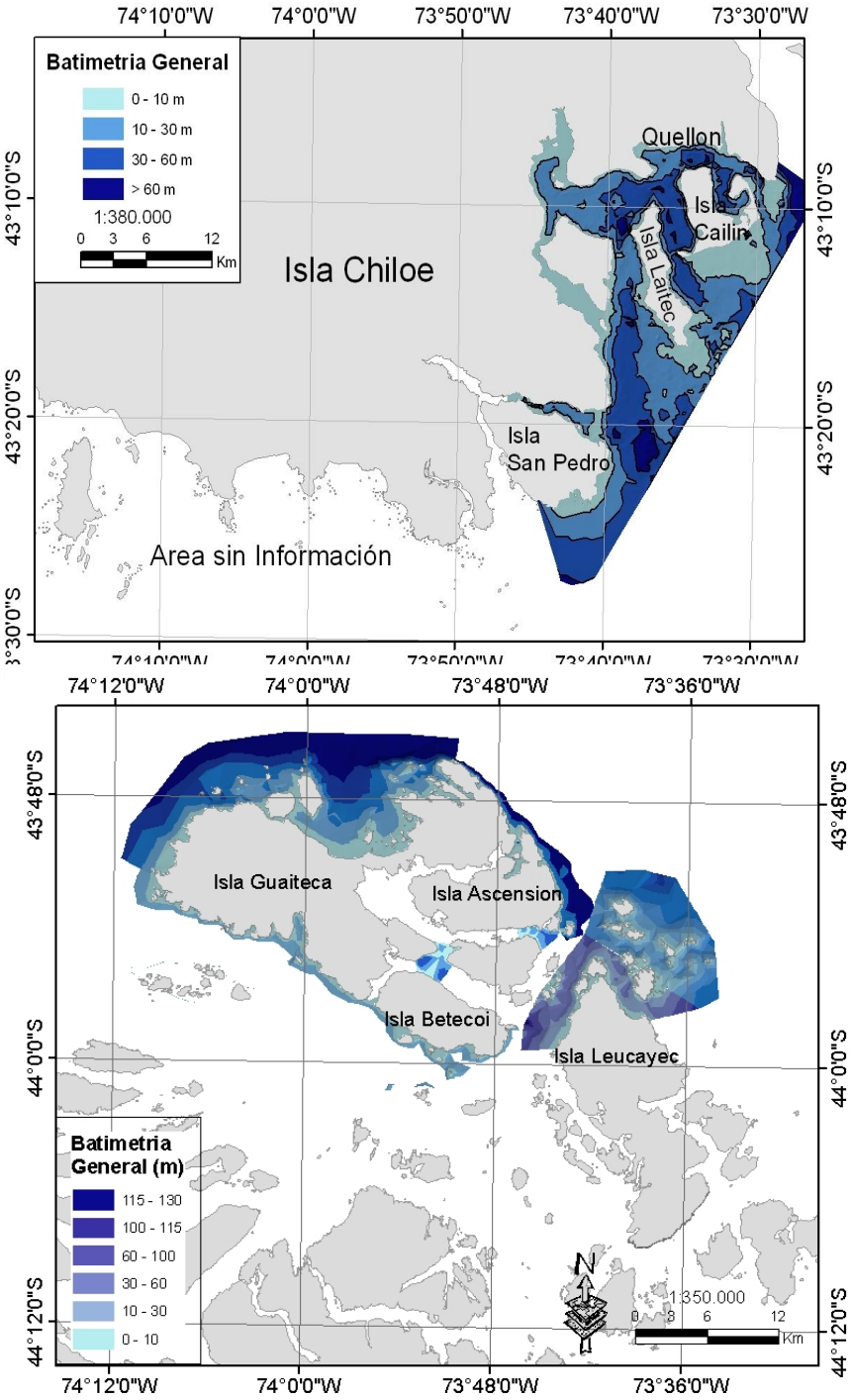


Figura 3.2.4 Presencia de erizos por estrato de profundidad y tipo de sustrato

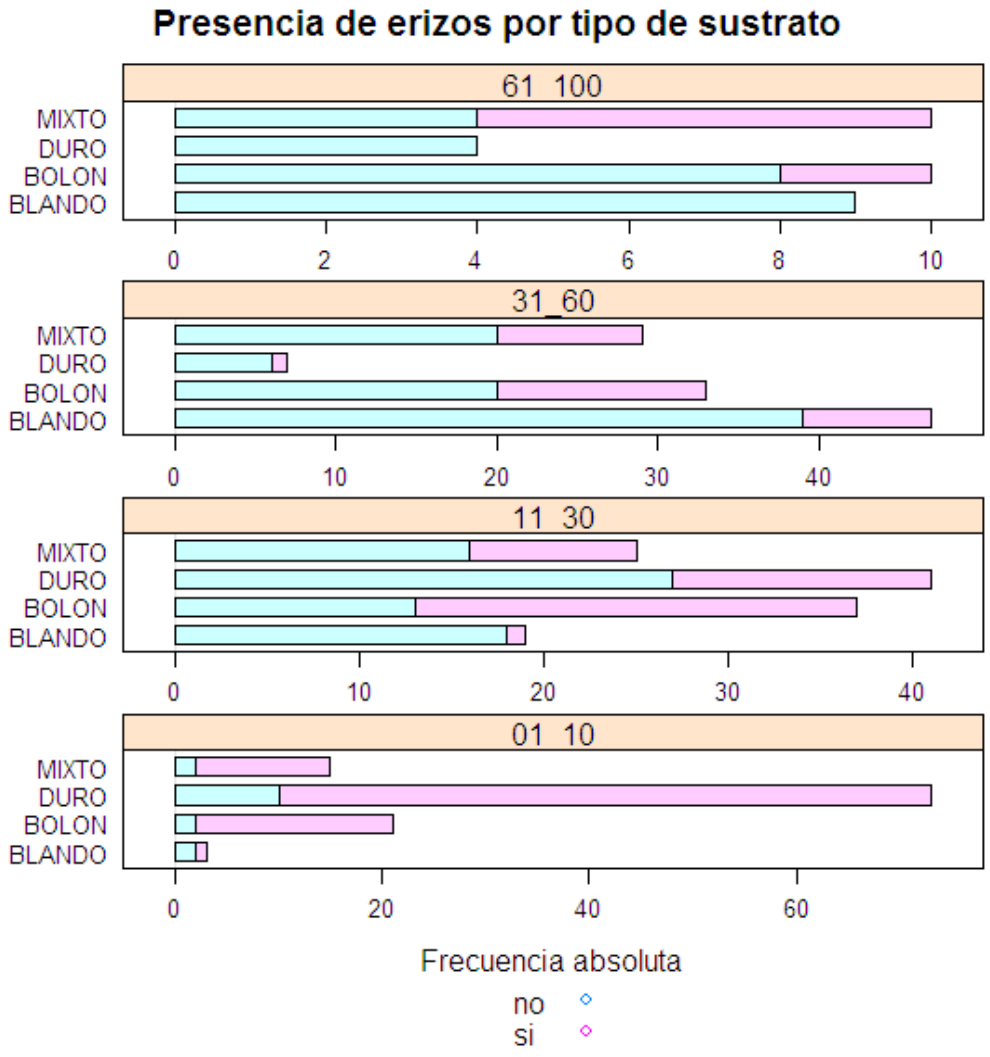


Figura 3.2.5 Superficie efectiva, disponible y total para áreas de polígono 7

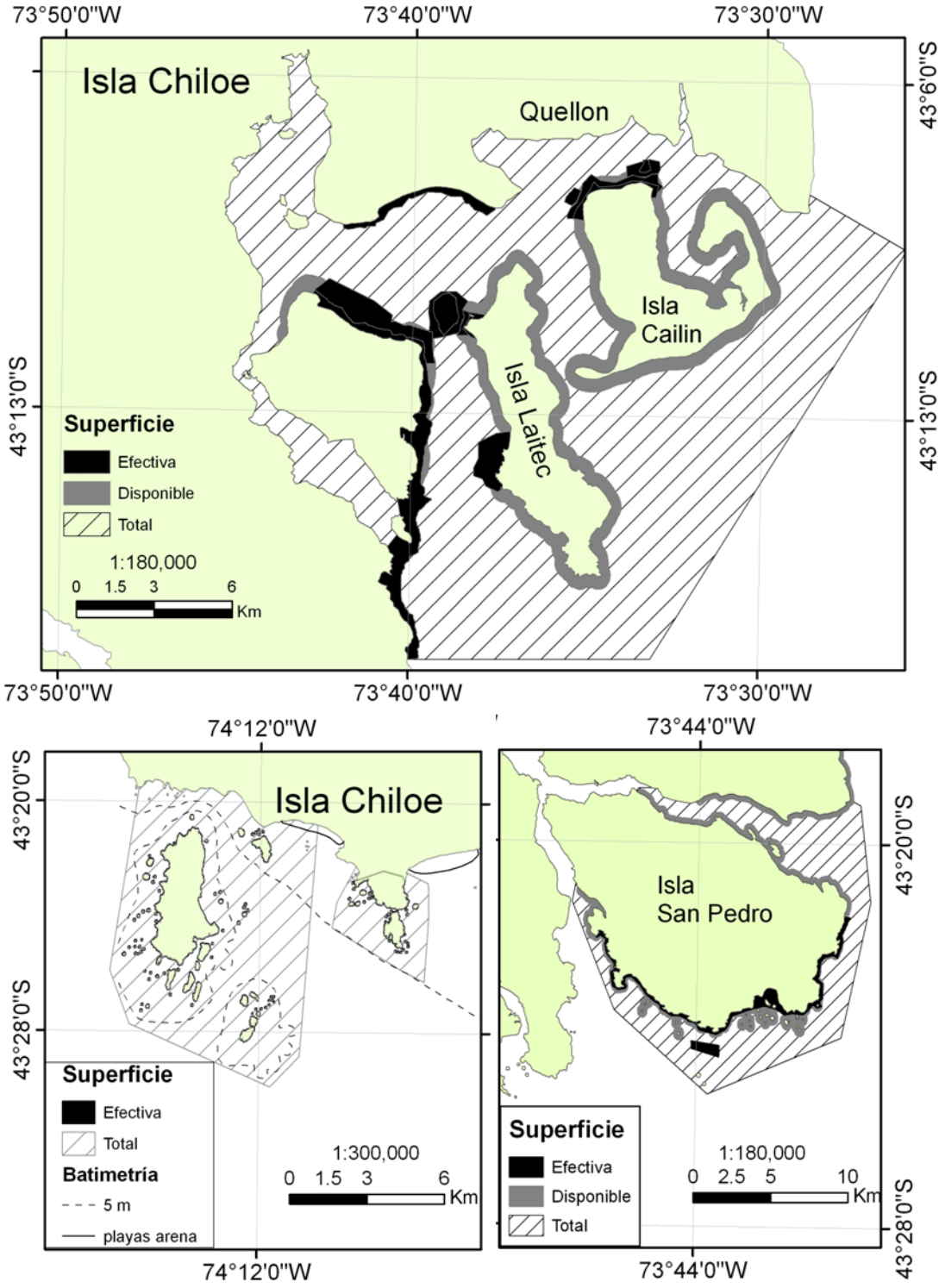


Figura 3.2.6 Superficie efectiva, disponible y total para áreas de polígono 7

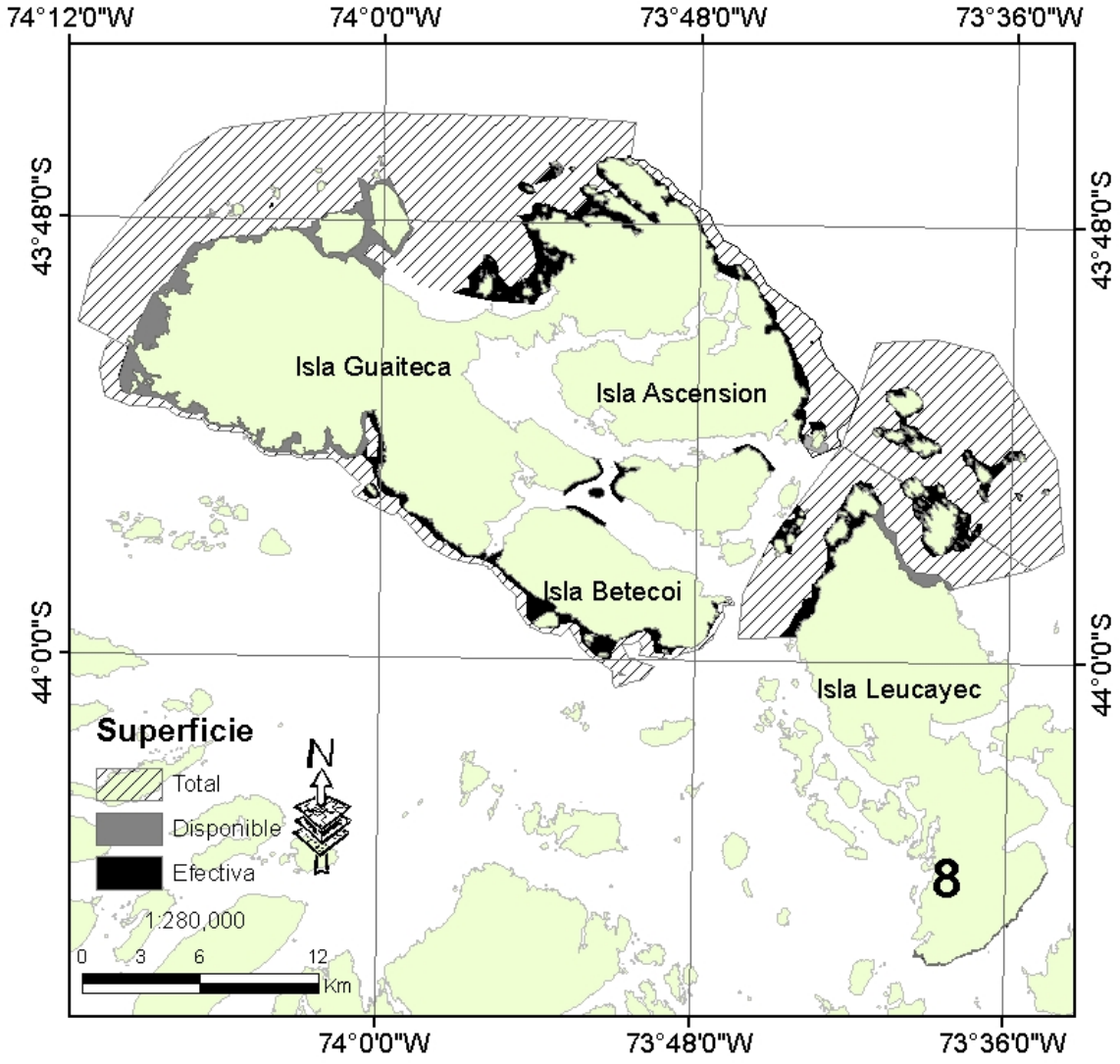
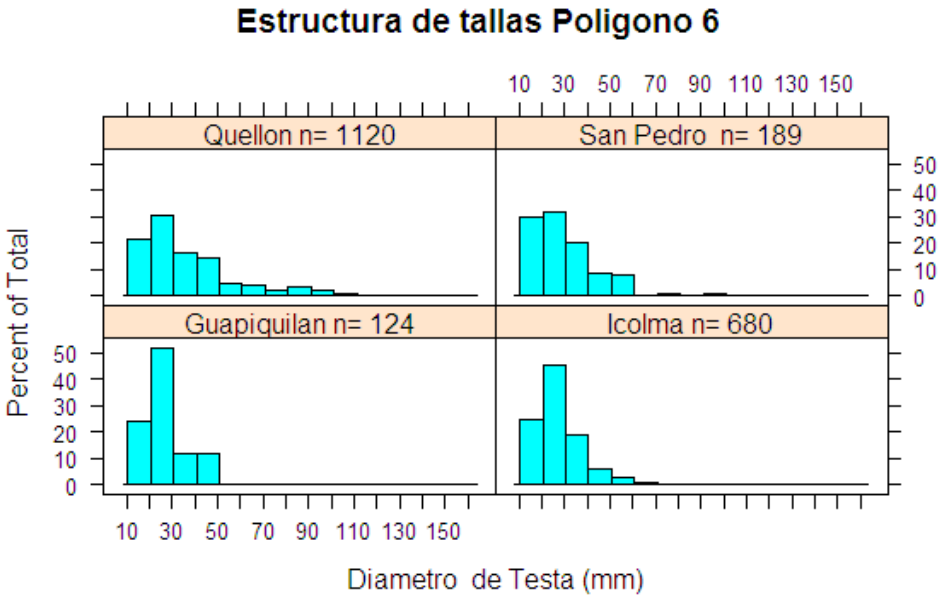


Figura 3.2.7 Estructura de tallas de erizos:

Recolectados en las 4 áreas estudiadas en el polígono 6 (arriba) y las 8 áreas estudiadas en el polígono 7 (abajo).



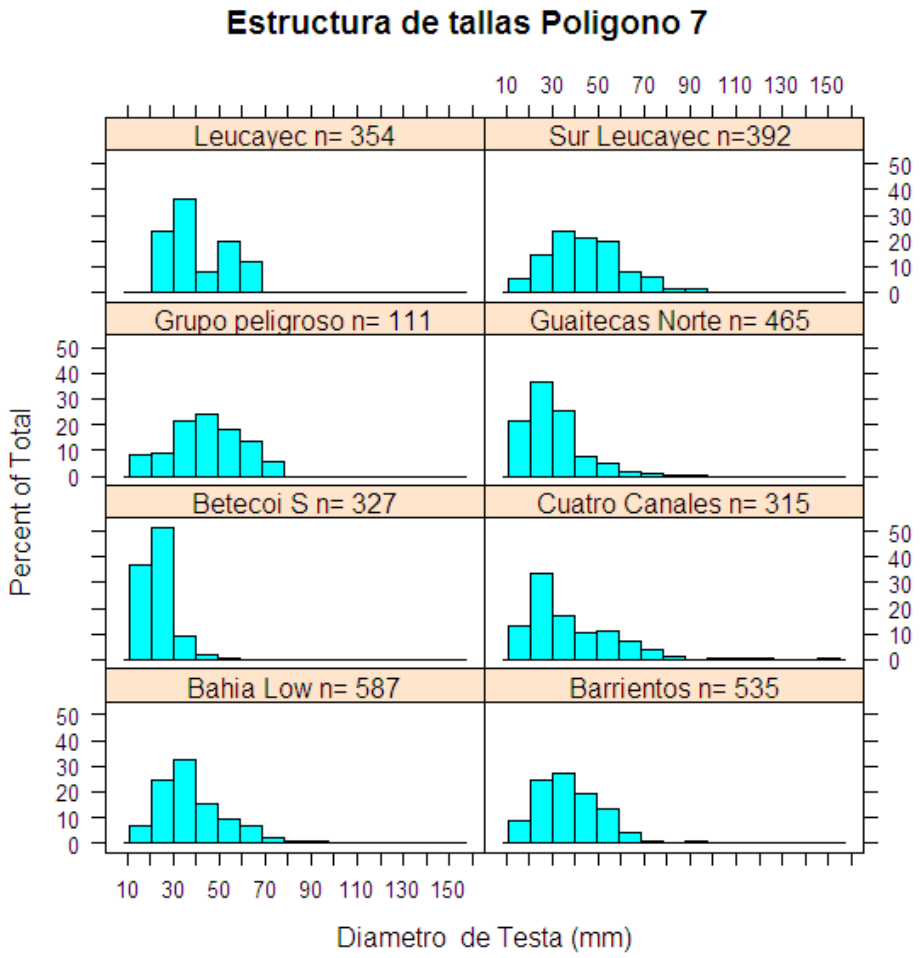
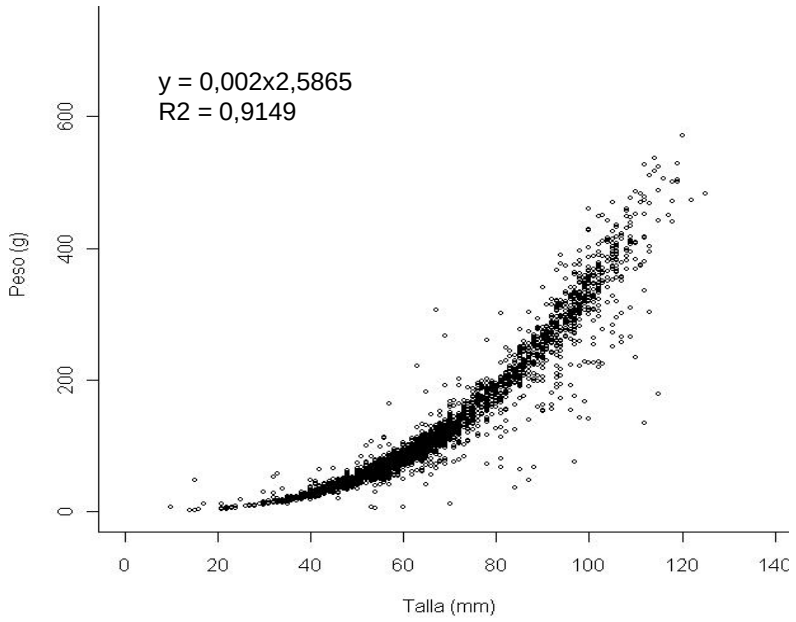


Figura 3.2.8 Relación Talla (mm) Peso (g):

Para los erizos recolectados en el polígono 6 (arriba) y en el polígono 7 (abajo).



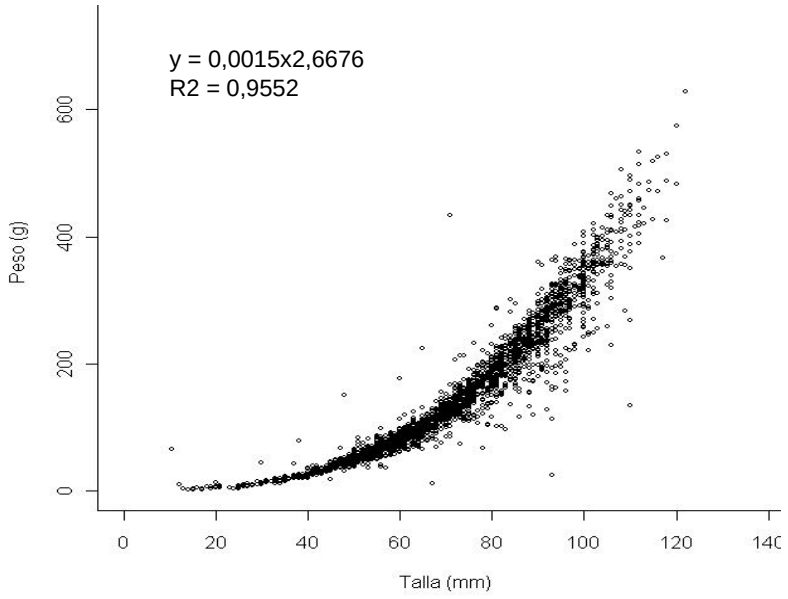


Figura 3.2.9 Densidad de erizos por área de trabajo.

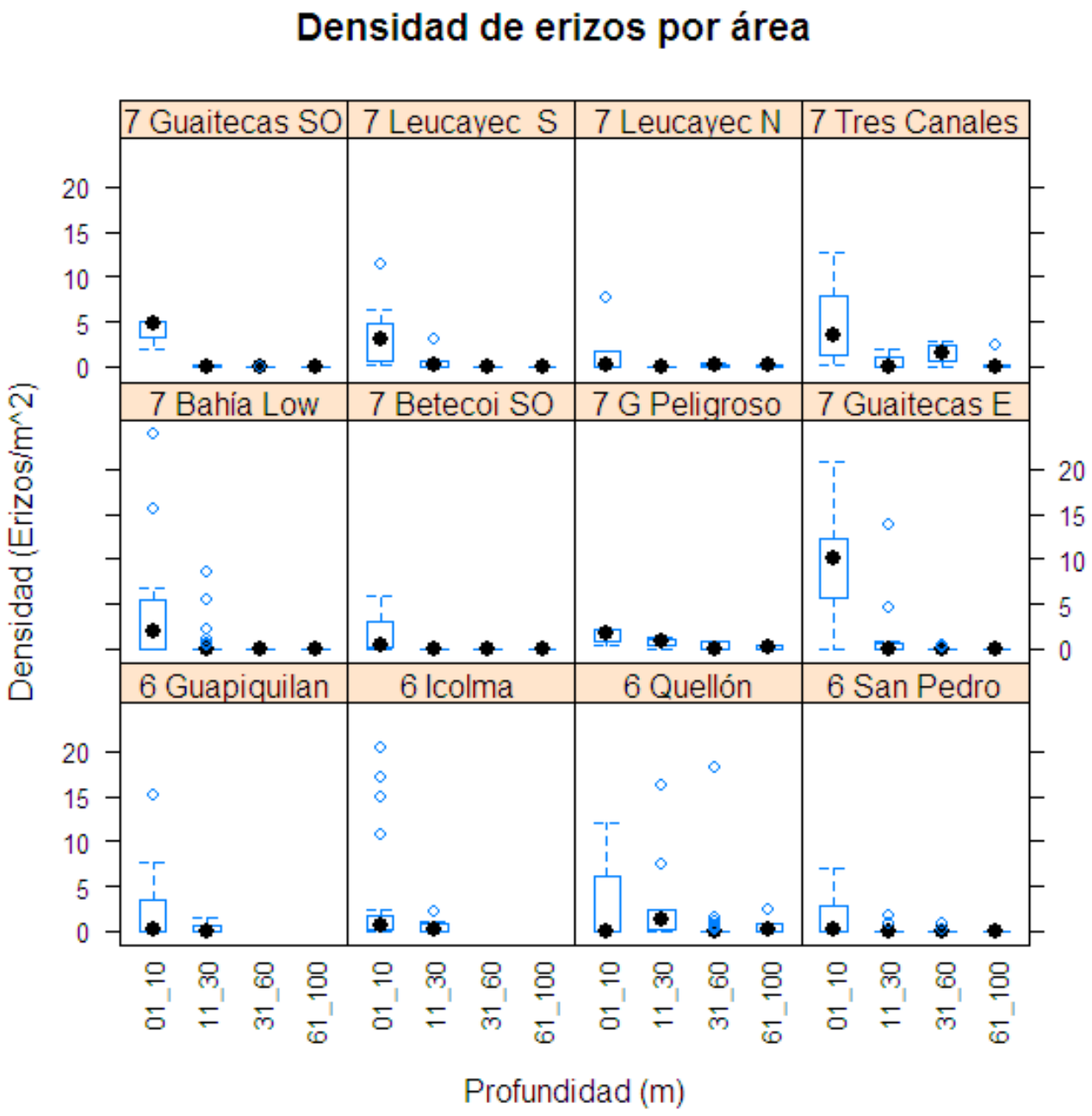


Figura 3.2.10 Distribución de densidad de erizos por tipo de sustrato.

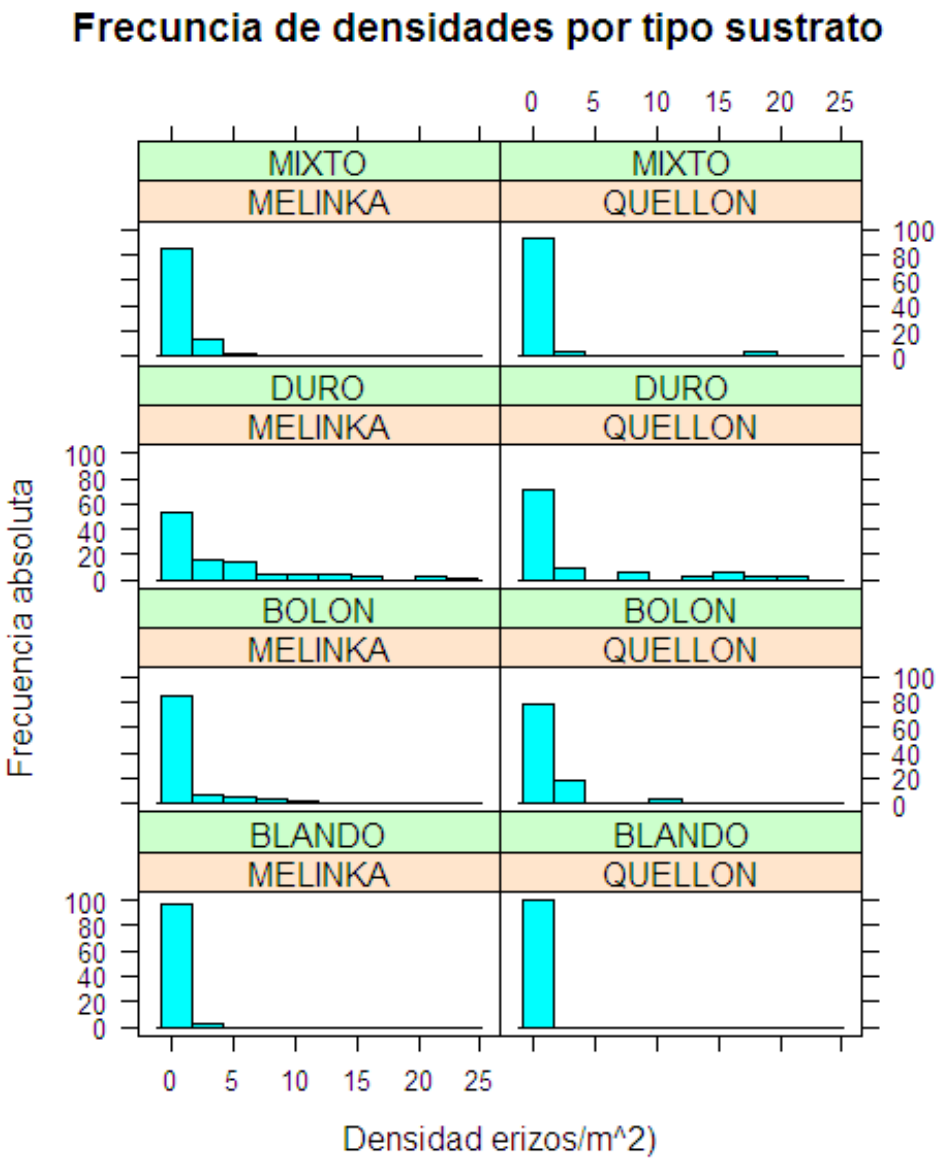


Figura 3.2.11 Distribución de tallas de erizos Seguimiento vs Evaluación:

Obtenidos en la evaluación directa realizada en este estudio y en el seguimiento biológico pesquero que realiza el IFOP.

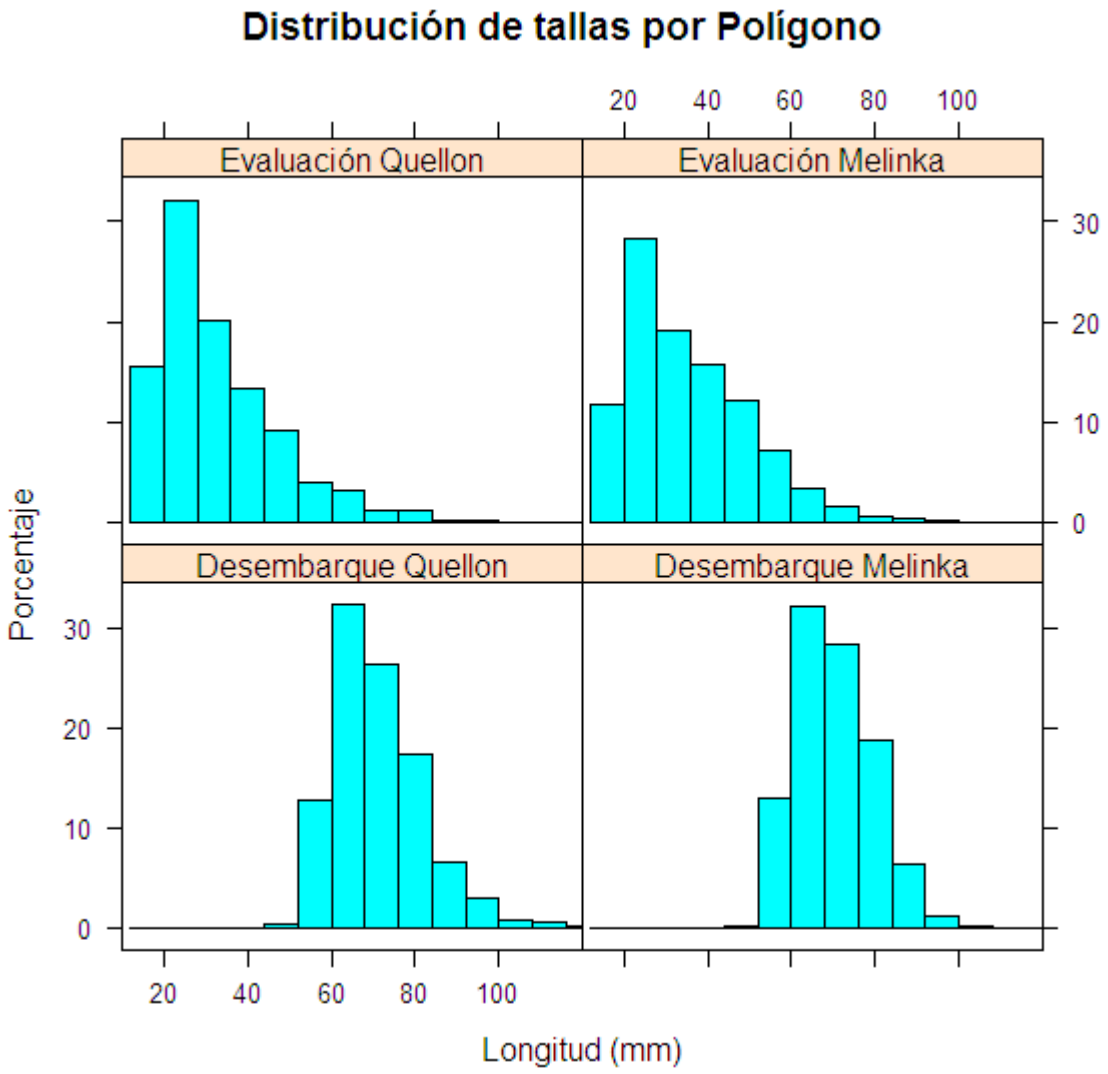


Figura 3.2.12 Biomasa por distribución de tallas:

Obtenida para la pesca de investigación del recurso durante 2008 y este estudio

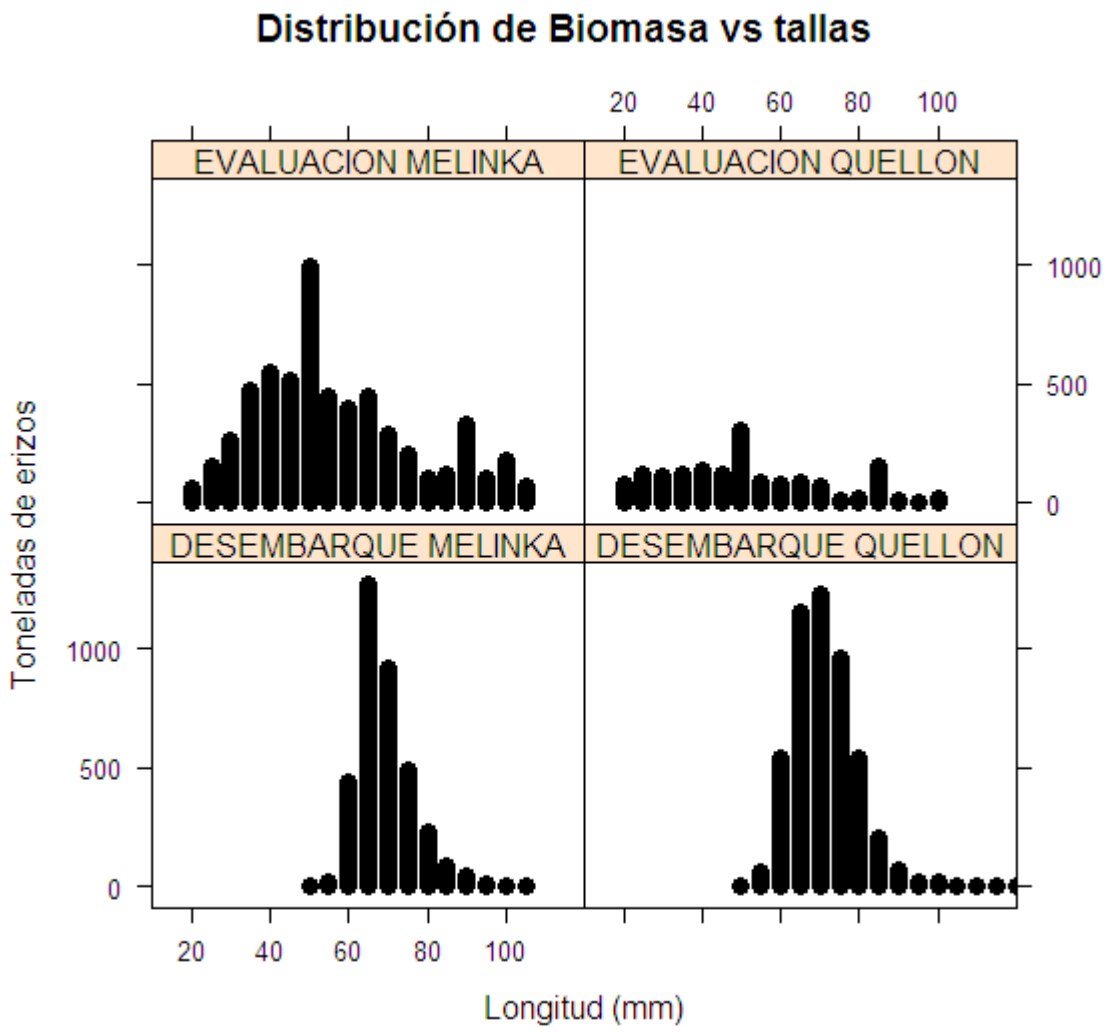


Tabla 3.2.1: Sitios visitados en el polígono 6:

Por área de muestreo y estrato de profundidad.

Área	01_10	11_30	31_60	61_100	Total
GUAPIQUILAN	10	6	0	0	16
ICOLMA	23	7	0	0	30
QUELLÓN	6	11	44	8	69
SAN PEDRO	6	13	12	1	32
Total	45	37	56	9	**147**

Tabla 3.2.2: Sitios visitados en el polígono 7:

Por área de muestreo y estrato de profundidad.

Área	01_10	11_30	31_60	61_100	
B LOW	13	29	9	7	58
GUAITECAS O.	4	2	14	1	21
BETECOI	3	7	2	3	15
TRES CANALES	9	11	6	5	31
G ESTE	13	20	11	1	45
G PELIGROSO	4	3	5	2	14
LEUCAYEC	7	1	5	2	15
LEUCAYEC S	17	10	7	3	37
Total	70	83	59	24	**236**

Tabla 3.2.3: Presencia de erizos por estrato, sustrato y polígono:

Análisis de Desvianza de un modelo GLM binomial para la presencia de erizos por estrato de profundidad y tipo de sustrato.

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	P(>|Chi|)
NULL			382	530.2	
estrato	3	103.56	379	426.64	< 0.0001
Sustrato	3	28.39	376	398.25	< 0.0001
Polígono	1	3.25	375	395	0.07

Tabla 3.2.4: Superficie efectiva, disponible y total:

Mostrada en hectáreas por área y estrato para el polígono 6 (s/i: sin información).

Area	**Superficie efectiva (has) por Estrato**				**Superficie disponible (has) por Estrato**				**Superficie total (has) por Estrato**			
	0-10	**11-30**	**31-60**	**61-100**	**0-10**	**11-30**	**31-60**	**61-100**	**0-10**	**11-30**	**31-60**	**61-100**
QUELLÓN	1.163	490	89	11	3.997	s/i	s/i	s/i	11.322	15.766	11.743	1.310
SAN PEDRO	254	2	1	0	1180	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
ICOLMA	147	0	0	0	147	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
GUAPIQUILAN	396	0	0	0	396	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i

Tabla 3.2.5: Superficie efectiva, disponible y total:

Mostrada en hectáreas por área y estrato para el polígono 7 (s/i: sin información).

Área	Superficie efectiva (has) por Estrato				Superficie disponible (has) por Estrato				Superficie total (has) por Estrato			
	0-10	11-30	31-60	61-100	0-10	11-30	31-60	61-100	0-10	11-30	31-60	61-100
BAHIA LOW	2420	90	0	0	2.420	896	s/i	s/i	40.108	16.863	18.369	17.750
BARRIENTOS	872	8	0	0	872	773	s/i	s/i	1.822	2.351	3.256	5.245
GRUPO PELIGROSO	645	18	0	0	645	1.185	s/i	s/i	645	1.185	1.970	1.562
BETECOI S	640	81	0	0	640	841	s/i	s/i	640	841	1.448	1.659
GUAITECAS ESTE	136	77	11	0	686	175	s/i	s/i	686	716	1.270	1.455
LEUCAYEC	1062	48	10	0	1.062	350	s/i	s/i	1.062	1.493	1.797	494
LEUCAYEC S	44	0	0	0	44	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
TRES CANALES	409	53	27	0,1	409	393	209	0,1	409	393	209	0,1

Tabla 3.2.6 ANOVA para el modelo GLM Densidad=Estrato+sustrato+área

	Df	Deviance	residual DF	Resid Dev.	P(>|Chi|)
NULL	382	530.2			
Estrato	3	103.56	379	426.64	2.67E-22
Sustrato	3	28.39	376	398.25	3.00E-06
Área	11	49.2	365	349.04	8.71E-07

Tabla 3.2.7: Abundancia total por estrato y área para el Polígono 6.

Área	**Abundancia total por estrato**			
	0 a 10 m	**11 a 30 m**	**31 a 60 m**	**61 a 100 m**
QUELLÓN	36.380.579	15.225.730	739.129	54.342
SAN PEDRO	7.574.260	1.300	1.273	0
ICOLMA	4.100.176	0	0	0
GUAPIQUILAN	17.577.296	0	0	0
Número total de erizos	65,632,310	15,227,030	740,402	54,342
Porcentaje total	80.38%	18.65%	0.91%	0.07%

Tabla 3.2.8: Abundancia total y Biomasa total para las 4 estaciones del Polígono 6.

Área	**Abundancia total**			**Biomasa total (ton)**			
	Linf-95%	**Prom**	**Lsup-95%**	**Linf-95%**	**Prom**	**Lsup-95%**	**Coef. Variación**
QUELLÓN	13.234.532	52.399.780	91.565.028	373	1.478	2.583	31,1
SAN PEDRO	3.218.418	7.576.833	11.935.248	90	213	335	45,8
ICOLMA	135.043	4.100.176	8.065.308	3	86	170	37,8
GUAPIQUILAN	6.362.615	17.577.296	28.791.978	334	923	1.512	29

Tabla 3.2.9: Abundancia total por estrato y área para el Polígono 7.

Área	**Abundancia total por estrato**			
	0 a 10 m	**11 a 30 m**	**31 a 60 m**	**61 a 100 m**
BAHIA LOW	108.111.426	2.023.999	0	0
GUAITECAS O	117.858.215	2.552	0	0
GRUPO PELIGROSO	14.898.830	229.048	0	0
BETECOI S	23.942.053	15.300	0	0
GUAITECAS ESTE	31.103.328	4.479.317	167.289	0
LEUCAYEC	20.981.091	89.019	13.277	0
LEUCAYEC S	1.625.337	0	0	0
TRES CANALES	29.236.100	379.226	469.391	546
Número total de erizos	347,756,380	7,218,463	649,957	546
Porcentaje Total	97.30 %	2.02 %	0.18%	0.00%

Tabla 3.2.10: Abundancia total y Biomasa total para las 8 estaciones del Polígono 7.

Área	**Abundancia total**			**Biomasa total (ton)**			**Coef. Variación (%)**
	Linf-95%	**Promedio**	**Lsup - 95%**	**Linf-95%**	**Promedio**	**Lsup-95%**	
BAHIA LOW	32.967.150	110.135.425	187.303.699	1.369	4.573	7.777	35,2
BARRIENTOS	31.379.603	117.860.768	204.341.932	1.190	4.468	7.746	35,7
GRUPO PELIGROSO	11.014.471	15.127.879	19.241.286	602	827	1.052	40,3
BETECOI S	4.010.795	23.957.353	43.903.912	113	675	1.238	14,9
GUAITECAS ESTE	26.394.615	37.537.557	48.680.500	668	950	1.232	13,2
LEUCAYEC	16.825.602	21.083.388	25.341.174	709	888	1.067	10,1
LEUCAYEC S	1.018.609	1.493.178	2.232.064	58	92	127	17,9
TRES CANALES	10.511.740	30.085.263	49.658.787	501	1.435	2.369	32,42

Tabla 3.2.11 Resultados del registro de desembarque 2007-2008

En Pesca de Investigación implementada para el Plan de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de la Zona Contigua X y XI regiones.

Polígono	AREA	2007	2008
6	Quellón	602,273	524,467
6	San Pedro	1,784,767	1,774,366
6	Icolma	560,821	288,146
6	Guapiquilán	797,372	897,370
	Total áreas	**3,745,233**	**3,484,349**
7	P. Barrientos	88,742	178,367
7	I. Betecoi	289,616	206,301
7	I. Leucayec	247,886	210,265
7	Peligroso	469,235	427,379
7	T. Canales	31,148	161,299
7	NE Guaitecas	245,037	435,287
7	B. Low	126,538	157,886
7	I. Leucayec S	153,562	25,324
	Total áreas	**1,651,764**	**1,802,107.9**

3.3 Objetivo 3

Estimar el potencial reproductivo en el rango batimétrico de estudio (0 y 100 m) en cada uno de estos estratos. Se deberá registrar parámetros biológicos y reproductivos de los erizos a distintas profundidades (e.g. talla, peso, fecundidad, color de la gónada).

3.3.1 Introducción

La reproducción que es realizada por un stock de algún recurso puede ser evaluada en cualquier estado de desarrollo, huevos larvas, juveniles, etc. Por motivos prácticos en pesquerías interesa el nº de reclutas en el stock usable (Ricker 1958). Así se ha sugerido una aproximación basada en la posibilidad de que entre las características de la población que afectan la reproducción y el reclutamiento, la abundancia de desovantes maduros está a menudo, suficientemente bien correlacionado con otros factores importantes que hacen de esto un real valor para el análisis y predicción (Ricker 1958). Esta aproximación ha sido aplicada en pesquerías, encontrando en algunos casos una buenas relaciones y en otros simplemente no aparecen (Ricker 1975; Hilborn and Walters 1992). A la vez esta aproximación ha sido usada como base para definir *Puntos de Referencia Objetivo* y *Puntos de Referencia Límite* en Pesquerías (Caddy and Mahon 1995) e incluso en algunas de las complejas pesquerías bentónicas tales como las del recurso erizo en América del Norte (Botsford *et al.* 2004).

Las características únicas de las pesquerías de erizo tales como i) el fuerte acoplamiento ecológico del recurso, ii) ser una pesquería basada en los "huevos" del recurso y iii) su característica reproducción externa (emisión de gametos al medio), influencian la aproximación al manejo de esta pesquería (Botsford et al. 2004). A estas características únicas se debe agregar que estas son poblaciones espacialmente estructuradas en subpoblaciones localizadas de acuerdo a la distribución del tipo de hábitat, interconectados a través de dispersión larval, lo que sugiere que estas se organizan en unidades metapoblacionales (Roughgarden et al. 1985; Possingham and Roughgarden 1990; Hanski and Gilpin 1991; Gaines and Lafferty 1995; Orensanz and Jamieson 1998; Orensanz et al. 2006). Lo anterior dificulta la definición de *Términos de Referencia Límites* para estas pesquerías, por lo que el manejo se realiza en base a cuotas estimadas con mucha

incertidumbre y regularmente después que la pesquería ha disminuido significativamente sus desembarques (Andrew et al. 2002, Botsford et al 2004).

Aunque los aspectos reproductivos del recurso erizo son citados en la literatura científica con relativa frecuencia, son escasos los estudios que asocian estos aspectos directamente con su potencial impacto en la pesquería de este tipo de recursos u otros herbívoros bentónicos o su relación con la biomasa desovante (Branch and Moreno 1994).

Los principales indicadores del estado reproductivo de los erizos que se han descrito en la literatura se pueden clasificar en i) indicadores microscópicos (madurez gametogénica, número de ovocitos, entre otros) e ii) indicadores macroscópicos como el índice gonádico (IGS), la coloración de la gónada, la respuesta a la inducción al desove, la textura y estado de la gónada (Bay-Schmith et al. 1981; Bustos et al. 1987; Byrne 1990; Guisado et al. 1998; Brewin et al. 2000; Lawrence 2001; Lamare et al. 2002; Barahona et al. 2003; McBride et al. 2004; Basch and Tegner 2007; Kino and Agatsuma 2007).

De los métodos macroscópicos, el IGS es el más citado en la literatura (Keats et al. 1984; King et al. 1994; Brewin et al. 2000; Garrido and Barber 2001; Kino and Agatsuma 2007), aunque ha sido sugerida la revisión de su aplicación ya que el uso del IGS asume que en una población cualquiera, animales de diferente tamaño tienen la misma razón de tamaño de gónada vs tamaño del cuerpo, lo que para 4 especies de erizos en el hemisferio norte resultó incorrecto (Gonor 1972). Además Bay-Schmith *et al.* (1981) relativizan la confiabilidad del IGS como indicador de madurez, debido a que el volumen de las gónadas no sólo es consecuencia del contenido de células sexuales sino también de fagocitos nutritivos, aunque el proceso de desove se refleja con cierta fidelidad en el volumen de las gónadas.

Por otro lado, los métodos microscópicos permiten obtener con mayor certeza indicadores de talla de primera madurez y talla mínima de desove, información que es posteriormente usada para el cálculo de la ojiva de madurez (Ricker 1975). Este último parámetro permite observar la frecuencia de los individuos que entran a su primera reproducción progresivamente con el aumento de la longitud. De esta forma la frecuencia de los individuos de una determinada talla que se reproducen es creciente con el tamaño, normalmente descrito por una ecuación logística (Ricker 1975; Moreno et al. 1996). Para el erizo chileno (*Loxechinus albus*) este parámetro fue estimado por Moreno *et al*. (1995)

con información recolectada por Bay-Schmith *et al*. (1981) y también fue estimado por Lozada el at. (1995), obteniendo un valor L_{m50} a 42.4 y a 42.9 mm de diámetro de testa (DT) (respectivamente) para poblaciones de la X y XI regiones. El parámetro L_{m100} fue obtenido a 65 mm DT en los mismos reportes.

En erizos comestibles la reproducción sexual se produce vía la liberación de esperma en la columna de agua, por lo que el resultado de este proceso es fuertemente influenciado por variables ambientales, lo que a la vez implica una alta incertidumbre en el éxito del proceso reproductivo, traducido este en reclutamiento o ingreso de nuevos individuos a la población. En erizos, el potencial reproductivo ha sido estudiado por Ling et al. (2008), con la especie *Centrostephanus rodgersii* en dos localidades de Australia, a partir de las variaciones estaciónales del índice gonádico (muestreo bimensual con muestras de 30 adultos), proporción sexual y el número de oocitos y/o espermios. Como resultado estos autores encontraron que *C. rodgersii* presentó un fuerte ciclo estacional en la producción gonadal, con desoves en invierno (agosto) cuando la temperatura es mínima. La fecundación ocurrió exitosamente en todo el rango de temperatura entre un 95% y 99%, mientras que el desarrollo larval óptimo fue entre 14^0C y 16^0C.

Diferencias entre poblaciones locales en la respuesta reproductiva a ambientes contrastantes o cambios ambientales pueden determinar la habilidad de algunas poblaciones para 1) soportar stress físico o cambios ambientales bióticos, 2) persistir en el espacio y en el tiempo, 3) contribuir al pool larval metapoblacional o sostener la pesquería (Basch and Tegner 2007).

La disponibilidad y calidad del alimento influye en la reproducción afectando el desarrollo gonádico y la edad de primera madurez (Keats et al. 1984; Byrne 1990; Lamare et al. 2002). De igual forma se ha reportado que individuos en hábitat con abundante alimento pueden madurar reproductivamente a edades más tempranas o tallas menores que aquellos individuos en áreas con poco alimento (ej. Barrens) (Sivertsen and Hopkins 1995).

La dieta de los erizos está principalmente compuesta por algas mostrando preferencias en algunos casos (Vazquez et al. 1984; Agatsuma et al. 2000; Lawrence 2001; Vazquez 2001; Villouta et al. 2001; Burdett-Coutts and Metaxas 2004; Senaratna et al. 2005; Shpigela et al. 2005; Vanderklift and Kendrick 2005). Aunque algunos erizos, como *S. droebrachienesis* son generalistas cuando existe escasez del alimento preferido (Meidel and

Scheibling 1998) y terminan consumiendo algas incrustantes y otros invertebrados como cirripedios (Witman 1985). También pueden consumir microalgas bentónicas, fitodetritus y material orgánico que sedimenta a través de la columna de agua, además de pellet (Kelly *et al.* 2001).

La distribución batimétrica reportada para los erizos que se comercializan en el mundo varía entre el intermareal y 350 m de profundidad, aunque la mayor parte de las poblaciones descritas se ubicaría sobre 20 m de profundidad (Larraín 1975; Inostroza et al. 1983; Keats et al. 1984; Vazquez et al. 1984; Gage and Tyler 1985; Lawrence 2001; Basch and Tegner 2007). Lo anterior se asocia a los hábitos alimenticios de estos recursos, por lo que a medida que aumenta la profundidad la densidad y abundancia de erizos disminuye.

La especie *E. esculentus* habita en diversos hábitat extendiéndose desde el intermareal hasta los 40 m, siendo registrado incluso a profundidades de 100 m. Estudios en poblaciones de esta especie en Escocia muestran diferencias significativas en escala espacial en el diámetro de la testa, peso total, IGS, producción de gametos y desove tanto entre las localidades como en diferentes tipos de hábitat.

La ubicación batimétrica de los erizos afecta el desarrollo gonádico, observándose que en erizos de aguas someras existe mayor contenido gonádico que en individuos de aguas más profundas (Keats *et al.* 1984), lo que es similar a lo observado en áreas sin cubierta algal en Nueva Escocia.

Diferencias relacionadas al hábitat y al alimento y su influencia en la reproducción se han descrito a lo largo del tiempo y se ha propuesto que diferencias en el contenido gonádico en erizos de distintas profundidades es un reflejo de la oferta de alimento a esas profundidades (Keats *et al.* 1984). Así el crecimiento y producción gonadal en erizos en hábitat superficiales sería mejor y dependiente de los ensamblajes algales presentes en el hábitat, mientras que individuos que habitan áreas más profundas tienen sólo acceso a los requerimientos nutricionales básicos para sobrevivir, como se ha observado en S. droebrachienses (Brady and Schiebling 2006), por lo que la producción gonádica en aguas profundas es consistentemente más baja. No obstante, los erizos pueden sobrevivir en condiciones de baja disponibilidad de alimento debido a la gran proporción de partes no orgánicas del cuerpo y la plasticidad en el crecimiento y la asignación de recursos (Gage and Tyler 1985).

En este contexto hábitat que favorecen una mayor producción de gónadas favorecerían la existencia de poblaciones fuente, mientras que hábitat con baja disponibilidad de alimento se comportarían como sumidero sensu Pulliam (1988), como lo describe Wings *et al.* (2003) para las poblaciones de *E. chloroticus* en fiordos de Nueva Zelanda.

Se ha demostrado que la dispersión pasiva desde un hábitat fuente puede mantener a una población en un hábitat sumidero y que la suma de sumidero y fuente puede exceder lo que podría ser mantenido sólo en el hábitat fuente (Holt 1985). Las consecuencias de dispersión activa sobre la dinámica de una población en ambientes espacialmente heterogéneos sugieren que la dispersión activa desde hábitat fuente puede mantener grandes poblaciones en hábitat sumidero y que tal dispersión puede ser evolutivamente estable (Pulliam 1988).

El ciclo reproductivo del erizo chileno (L. albus) ha sido estudiado por diversos autores, encontrando que la época de desove varía en la costa Chilena (Bay-Schmith et al. 1981; Guisado and Castilla 1987; Zamora and Stotz 1994; Arias et al. 1995; Guisado et al. 1998). Las variaciones temporales del ciclo gonadal de *L. albus* han sido relacionadas con temperaturas bajas, producidas durante los días más cortos del año y seguidas de un período de alta productividad primaria ((Bay-Schmith et al. 1981; Zamora and Stotz 1992; Vazquez 2001), de tal modo que la época de desove y su duración en las poblaciones de erizos *L. albus* distribuidas a lo largo de Chile varían de forma latitudinal (Cuadro 1).

La fecundidad potencial estimada es variable, estimándose que esta oscila entre 5,0 a 7,2 millones de huevos para erizos de 5,2 a 7,2 cm (Guisado 1995), con estimaciones de más de 10 millones de huevos por erizo (Guisado *et al.* 1998).

Cuadro 1. Época de reproducción de *L. albus* en Chile.

Región	Autor	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
II (1)	Gutiérrez y Otsu (1975), Zegers et al. (1983)	X	X		X							X	X
IV (2)	Zamora y Stotz (1992)						X	X	X				
V (3)	Buckle et al. (1978), Guisado y Castilla (1987)							X	X	X	X	X	X
X-XI (4)	Bay-Smith (1981), Guisado (1985), Arias et al. 1995, Kino & Agatzuma (2007)	X										X	X
XII (5)	Bay-Smith (1981), Jerez et al. (1997), Oyarzun et al. (1999), Arana (2005), Pérez et al. (2008	X						X	X	X	X	X	X

A lo largo de la costa de Chile se describen dos periodos de maduración reproductiva en las poblaciones de erizo. La primera maduración generalmente en los meses de primavera y que daría como resultado el desove más importante. La segunda maduración de *L. albus* se produciría después del desove por la abundante disponibilidad de alimento en verano (Bay-Schmith et al. 1981; Kino and Agatsuma 2007). La abundancia y disponibilidad de recursos nutricionales permite que las gónadas se recuperen rápidamente, después del desove, lo que ha sido reportado en otras especies de erizos como *Paracentrotus lividus*, *Centrostephanus rodgersii* (King *et al.* 1994). La abundancia de gametos maduros durante los meses de verano ha sido interpretada de dos formas principalmente: i) las cortas épocas de madurez de *L. albus* en Mejillones corresponderían a desoves menores (Gutierrez and Otsu 1975), ii) la segunda producción gonadal, sería reabsorbida para ser usada durante otoño-invierno como energía para otros procesos fisiológicos (Bückle et al. 1977; Bay-Schmith et al. 1981; Zamora and Stotz 1992). Esto último también ha sido observado en otras especies de erizo (Byrne 1990).

El objetivo del presente capítulo fue "e*stimar el potencial reproductivo del recurso erizo en el rango batimétrico de 0 a 100 m de profundidad.* Esto a través del estudio de la fecundidad potencial de L. albus, además de otros indicadores de madurez. Para esto se diseñó un sistema de muestreo descrito en capítulo 1, con el cual se recolectaron erizos en 4 estratos durante 4 periodos de muestreo entre septiembre de 2008 y marzo de 2009. Se Obtuvieron antecedentes biológicos y reproductivos de los erizos en tres estaciones de dos de las 12 macrozonas propuestas por Molinet *et al.* (2008).

3.3.2 Metodología

3.3.2.1 Área de Estudio

Para seleccionar las áreas de recolección de muestras se obtuvo información de existencia de bancos naturales de cuatro fuentes: i) a través de entrevistas directas (a modo de encuestas) a usuarios de la pesquería (buzos, patrones e industriales), ii) la base de datos del Proyecto de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas del IFOP, iii) revisión bibliográfica y iv) comunicaciones personales de los buzos y patrones de las embarcaciones contratadas para cada expedición.

Para estimar el potencial reproductivo del recurso erizo en los polígonos de Quellón y Melinka, se realizó un muestreo estratificado, con submuestreo de conglomerado en dos etapas. Las unidades de la primera etapa corresponden a la selección de tres áreas dentro de cada polígono, y la segunda a los diferentes estratos de profundidad (somero 0-15 m, medio 16-30 m, medio-profundo 31-60 m, profundo 60-100 m). Las áreas seleccionadas para realizar los muestreos fueron i) Canal Chaiguao (norte Isla Cailin), Canal Laitec (Piedra Lile, Punta Paula) e isla San Pedro, en el polígono 6 (Quellón), y ii) Este de Guaitecas, Leucayec, y Tres Canales, en el polígono (7) Melinka (Fig. 3.3.1).

3.3.2.2 Recolección de muestras

Se realizaron 4 muestreos, los que fueron realizados a intervalos de 45 días a 2 meses, durante el periodo reproductivo del recurso erizo descrito en la literatura (Bay-Smith 1981, Guisado 1985, Kino & Agatzuma 2007), los que se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 1 Frecuencia de muestreo para obtención de información reproductiva.

Periodo de Estudio	**Muestreo reproductivo**
Septiembre 2008 (8 a 14 de septiembre de 2008)	Primer muestreo
Noviembre 2008 (27 de octubre a 2 de noviembre de 2008)	Segundo muestreo
Enero 2009 (29 de diciembre 2008 a 6 de enero de 2009)	Tercer muestreo
Marzo 2009 (28 de febrero a 5 de Marzo 2009	Cuarto muestreo

En cada uno de estos sitios se desplegó una cámara de video en los estratos de profundidad antes mencionados. La cámara utilizada corresponde a una cámara de arrastre marca SeaViewer de 520 líneas de resolución y 0,1 Lux. La cámara esta equipada con 150 m de cable y una consola de visión y grabación en superficie. El equipo posee además un anillo de luces LED de intensidad variable. La cámara se desplegó desde la embarcación y se dejó derivar. La distancia cámara-sustrato se ajustó de manera manual en cada sitio para obtener una buena visión del fondo. De esta forma la recolección de muestras consideró dos etapas; i) la exploración de los estratos a través de cámara, ii) la recolección de la muestra utilizando una rastra, la que fue remolcada por la embarcación 100 o 200 m, de acuerdo a la abundancia observada. Las muestras del estrato 1 fueron recolectadas por buzos mariscadores, por lo general entre 5 y 1 m de profundidad, mientras que las muestras de los estratos 2 a 4 fueron recolectadas desde una embarcación menor de 13 m de eslora, utilizando una rastra erizera modificada (Campagna et al. 2005) con dimensiones 1 m de boca y 1 m de fondo. En cada estación de muestreo y en cada estrato se recolectó 100 a 150 erizos obtenidos al azar de la muestra total obtenida con la rastra, la que por lo general no fue superior a 100 erizos.

Las muestras recolectadas, fueron almacenadas en bolsas de polietileno debidamente rotuladas y trasladadas al Puerto de Quellón o Melinka durante el mismo día de muestreo. Las muestras fueron procesadas en pequeñas plantas de procesamiento de erizos cedidas por sus propietarios para este efecto.

3.3.2.3 Registro de covariables

Temperatura y salinidad: se registró mediante un sensor DST Star – Oddi® de registro continuo de temperatura, salinidad y presión. Se efectuaron lances entre 0 y 80 m en las estaciones fijas descritas en el objetivo 3.

3.3.2.4 Procesamiento de las muestras

Todos los erizos recolectados fueron medidos con un pie de metro de 0,1 mm de precisión y pesados con una balanza digital de 0,1 g de precisión.

Además de cada muestra se tomaron al azar 30 erizos de tamaño mayor que 55 mm a los cuales se registró:

Peso gónada: con una balanza de 0,01 g de precisión.

Madurez sexual macroscópica: Fue caracterizada utilizando la escala sugerida por Gutierrez & Otsu (1975) (Tabla 3.3.1) para *L. albus*, la que identifica tres estados de madurez considerando la consistencia y color de la gónada. Esta escala también incorpora el tamaño de los ovocitos como un indicador de madurez microscópica el que fue medido posteriormente sólo para la muestra obtenida durante el mes de noviembre, con el fin de evaluar esta escala (Tabla 3.3.1). El tamaño de los ovocitos y/o ovas fue determinado en cinco hembras midiendo el diámetro de los primeros 50 ovocitos encontrados (Brewin *et al.* 2000) en un microscopio Karl Zeiss con aumento 100x y 200x y un ocular graduado.

El diámetro de los ovocitos de los diferentes individuos fue contrastado con el color y turgencia de las gónadas obtenidas por observación macroscópica.

Coloración de la Gónada: La clasificación del color de la gónada se realizó utilizando la carta de colores elaborada por Barahona et al. (2003). La numeración de los colores fue modificada para generar una escala en gradiente de colores con una paleta de colores elaborada en R 2.8.0 (Sarkar 2008), la que fue impresa y comparada con la carta de colores de IFOP (Barahona et al. 2003) (Fig. 3.3.2).

Determinación del Sexo: La determinación del sexo fue realizada a 30 individuos por área de pesca y estrato de profundidad a través de la observación de un frotis en fresco de gónada de erizo bajo un microscopio con un aumento 100x.

Fecundidad Potencial: Una muestra de 10 individuos adultos (> 55mm) por área de muestreo y estrato de profundidad, fue seleccionada en cada uno de los muestreos de los polígonos estudiados, con el fin de determinar la fecundidad potencial de estos individuos. Esto se realizó en los 4 muestreos realizados, ya que no se tienen reportes sobre la sincronía del proceso reproductivo de las poblaciones presentes en diferentes profundidades y sobre la base que los factores ambientales como la temperatura, productividad, fotoperiodo y cantidad y calidad de alimento varían con la profundidad e influyen fuertemente en el proceso reproductivo de *L. albus* (Guisado and Castilla 1987).

Los individuos recolectados fueron lavados con agua de mar, medidos, pesados y colocados en vasos transparentes individuales debidamente rotulados, en donde se realizó la inducción al desove mediante una inyección de 6 ml de KCl 0.5 M vía membrana peristomal, por un tiempo de 90 minutos (Zamora and Stotz 1994; Bustos and Olave 2001; Barahona et al. 2003). En el caso de los machos sólo se registró su sexo. En el caso de las hembras desovadas se estimó la cantidad de células volumétricamente. Esto se hizo extrayendo tres muestras de 10 ó 20 ml con micropipeta desde el volumen total homogenizado en el cual los erizos desovaron. Se contabilizó los ovocitos con una cámara Rafter. Las muestras fueron observadas bajo el microscopio con un aumento 200x (Fig. 3.3.3). El número total de ovocitos en la muestra se estimó multiplicando el promedio de las tres muestras por el volumen total de la suspensión de ovocitos. Luego del desove, los erizos fueron disectados para registrar el color de las gónadas.

3.3.2.5 Análisis de Datos

La información recolectada fue validada a través de un procedimiento de taller de trabajo y haciendo una lista de chequeo de los protocolos de trabajo. Posteriormente los datos fueron ingresados a una planilla de cálculo para su posterior análisis.

La variación del diámetro de la testa para los polígonos y los estratos de profundidad fue analizada usando un ANOVA (Zar 1999).

La variación de la presencia de erizos y el éxito en la inducción al desove en las distintas áreas, estratos y tipos de sustratos fue analizada usando un modelo lineal generalizado Binomial con un link logit.

La variación de la densidad de erizos por estrato y los ovocitos desovados por área, polígono y sustrato fue analizada utilizando un modelo lineal generalizado Poisson con un link log (McCullagh and Nelder 1989). Los análisis estadísticos y los gráficos fueron elaborados usando el software R 2.8.0 (Dalgaard 2002).

La carta de colores de estados de madurez de IFOP contiene 24 colores, los que fueron resumidos en 16 en este estudio, más dos colores que se agregaron en el extremo inferior y superior de la carta, totalizando 18 colores (Fig 3.3.2). Además los colores fueron ordenados en un gradiente desde amarillo a prácticamente negro de acuerdo a lo observado en los muestreos. La coloración de las gónadas, varía en una gama de tonalidades, que va desde el amarillo, amarillo-naranja, naranja, café claro al café oscuro (Palma y Arana, 1996).

Proporción sexual: La proporción sexual de individuos en cada estrato de profundidad y polígono, se estimó utilizando la siguiente formula:

$$P_{ijs} = \frac{N_{ijs}}{N_{ij}}$$

donde

i = Estrato polígono (Quellón y Melinka)

j = Estrato de profundidad

s = 1 (machos), 2 (hembras)

Índice gonadosomático (IGS): La estimación de este índice se realizó con la siguiente relación (Oyarzún et al., 1999):

IGS= (peso húmedo de gónadas/ peso total húmedo total)*100.

El IGS se calculó con el peso total de los erizos. Un segundo IGS se calculó desde el segundo muestreo, el que consideró el peso drenado de los erizos.

Un tercer índice gonadal fue obtenido utilizando el diámetro de la testa versus el peso de la gónada. Lo anterior se realizó con el fin de evaluar cual de los tres pesos se correlacionaba mejor con el peso de la gónada.

Relación longitud – peso y longitud – peso gónada: La relación longitud – peso y longitud peso – gónada, fue estimada por polígono y estrato de profundidad. A través de la siguiente relación:

$$w_k = al_k^b$$

La varianza fué obtenida mediante la siguiente relación.

$$\hat{V}(\overline{w}) = \frac{1}{n_k} \frac{\sum_{i=1}^{i=n_k} \left[w_{ik} - \overline{w}_k \right]^2}{n_k - 1}$$

Relación longitud – peso:

La relación longitud – peso será estimada por clase de tallas y profundidad. A través de la siguiente relación:

$$w_k = al_k^b$$

La varianza será obtenida mediante la siguiente relación.

$$\hat{V}(\overline{w}) = \frac{1}{n_k} \frac{\sum_{i=1}^{i=n_k} \left[w_{ik} - \overline{w}_k \right]^2}{n_k - 1}$$

Finalmente, el potencial reproductivo será estimado como la biomasa desovante por estrato de profundidad asociado a la fecundidad potencial, representada como el número de huevos promedio que puede desovar una hembra en los polígonos, áreas y estratos de profundidad.

3.3.3 Resultados

Como se mostró en el objetivo 2 del presente proyecto la probabilidad de encontrar erizos en profundidades mayores de 10 m y hasta 100 m fue decreciente en este estudio. De esta forma de las áreas muestreadas en ambos polígonos, se encontraron erizos en los tres

primeros estratos de profundidad para todas las muestras propuestas. En el estrato de 61 a 100 m, sin embargo, sólo se registró y recolectó erizos en una estación de muestreo en abundancia relativa que permitiera asegurar muestras durante los 4 periodos propuestos.

El diámetro de la testa promedio de las muestras de erizo recolectadas en cada polígono (Quellón y Melinka) y en cada estrato mostró diferencias significativas ($p < 0.05$), observándose que a menores profundidades los erizos fueron más pequeños (mediana alrededor de 55 mm en estrato 1) que a mayores profundidades (mediana alrededor de 90 mm en estrato 3) (Fig. 3.3.4 y 3.3.5).

La proporción sexual fue dominada por los machos, la que fue más claramente observada en los estratos 1 y 2 de Melinka, y en el estrato 1 y 4 de Quellón (Fig. 3.3.6).

La relación longitud-peso (diámetro-peso) no varió significativamente entre cada periodo de muestreo aunque si se observaron variaciones entre los estratos y polígonos (Fig. 3.3.7).

De las relaciones evaluadas entre el peso de la gónada con i) el diámetro de la testa, ii) el peso total y iii) el peso drenado (Fig. 3.3.8, 3.3.9 y 3.3.10, respectivamente), se observó que la relación peso gónada-peso total drenado explicó mayor variabilidad, con un $R^2 = 64\%$, 18% más que i) y 20% más que ii). No obstante lo anterior, debido a que durante el primer muestreo no se obtuvo el peso drenado, el IGS para este estudio se calculó considerando el peso total del erizo.

Los mayores valores de IGS se observaron en el muestreo realizado en el mes de septiembre de 2008 y los menores valores se registraron entre noviembre de 2008 y enero de 2009. El IGS también varió entre estratos de profundidad durante el periodo de estudio, observándose la mayor variación entre el mes de septiembre y noviembre en los estratos 1 y 2 (hasta 30 m de profundidad) (Fig. 3.3.11). En los estratos 3 y 4 la variación del IGS fue menor, observándose que en el estrato 3 de Quellón prácticamente no hubo variación, mientras que en el estrato 4 el mayor IGS se observó en enero, disminuyendo en marzo.

La coloración de la gónada varió entre los polígonos (Quellón y Melinka), mostrando gónadas más amarillo-anaranjadas en las áreas cercanas a Quellón y gónadas más oscuras en las áreas cercanas a Melinka (Fig. 3.3.12). Además la coloración de la gónada en los erizos varió entre los meses y los estratos de profundidad, observándose coloración más oscura a mayor profundidad y en los meses de noviembre y marzo.

La coloración de la gónada varió con el IGS observándose colores de gónada amarillo-anaranjado a naranjo oscuro asociado a mayores valores de IGS. Los menores valores de IGS se observaron en los extremos del gradiente de coloración; por un extremo el amarillo pálido y por el otro el naranjo-negro (café) (Fig. 3.3.13).

Madurez Sexual

La madurez sexual, de acuerdo a la metodología propuesta por Gutiérrez y Otsu (1975) fue observada en dos etapas: i) la observación macroscópica (forma, consistencia, tamaño de la gónada y color) y ii) la observación microscópica (tamaño de los ovocitos).

De acuerdo a la escala de madurez macroscópica durante el muestreo de septiembre de 2008 las gónadas estaban en estado 1 ó 2 principalmente, predominando el estado 2 en Melinka y variando entre los tres estados en Quellón (Fig. 3.3.14). En el polígono 7, Melinka, la mayor cantidad de organismos maduros (estado 3) se observó en Enero. En Quellón los organismos maduros (estado 3) estuvieron más homogéneamente distribuidos, excepto en el estrato 1 donde fueron observados principalmente en enero, al igual que en el estrato 4. Esta clasificación de madurez no consideró la coloración de la gónada, ya que como se observa en la figura 3.3.15 este factor parece variar de manera similar entre los tres estados de madurez, aunque se puede observar que los erizos clasificados como maduros presentaron una coloración más concentrada hacia el naranjo. Las diferencias en la coloración de la gónada fueron significativas ($p< 0.0001$), concentrándose los aportes a la diferencia en el color 15, 12, 14 y 18 para el estado de madurez 1, color 9, 10 y 15 para el estado de madurez 2 y en el color 12, 11, 10 y 18 para el estado de madurez 3.

Por otro lado, el diámetro de los ovocitos (el tercer elemento considerado por Gutierrez & Otzu (1975)) varió entre 48 um y 230 um con promedio en 110 um. El 17% de los ovocitos midieron entre 20 a 70 um (estado 2) y el 83 % de los ovocitos sobre los 70 um (estado 3), no registrándose ovocitos de tamaño menor a 20 um (estado 1) durante noviembre de 2008. El diámetro de los ovocitos no varió significativamente entre los estratos, excepto en el estrato 4 (Fig. 3.3.16). En esta profundidad se había observado previamente erizos en estado de madurez 1 de acuerdo a las características macroscópicas. Así mismo no se observó una variación significativa en el tamaño de los erizos versus su estado de madurez ($p>0.05$), excepto en el estrato 4 de Melinka, donde sólo se recolectaron 5 erizos (Fig.

3.3.17). El IGS observado fue menor en estado de madurez 1 (< 10% IGS, observándose un gradiente hacia el estado de madurez 3 con un IGS mayor (> 10% IGS) (Fig. 3.3.18).

Inducción al desove

El mayor porcentaje de éxito de inducción al desove se obtuvo durante el mes de marzo de 2009, mientras que el más bajo porcentaje de éxito de inducción fue en el mes de septiembre. En este último periodo sólo desovaron 6 erizos en Quellón (Fig.3.3.19). Lamentablemente, la metodología utilizada en septiembre para el cálculo de volumen desplazado no fue confiable para la estimación de Nº de ovocitos, por lo que estos valores no se utilizaron. Posteriormente se utilizó la estimación de ovocitos en el volumen de desove como se explicó en la metodología.

La inducción al desove fue más exitosa en los machos que en las hembras, lo que fue más claramente observado en los estratos más profundos (Fig. 3.3.20)

La variabilidad del éxito en la inducción al desove fue mejor explicada por la variable Mes (28%), IGS (4%), coloración (4%) y madurez macroscópica (2%) (Tabla 3.3.2). Aunque la coloración de la gónada aparece como una variable significativa para explicar el éxito del desove, no es fácil diferenciar a simple vista el efecto, ya que erizos que no fueron inducidos al desove exitosamente en septiembre tienen similar coloración de la gónada de erizos que fueron exitosamente inducidos al desove en enero de 2009 y algo similar a la coloración de las gónadas de los erizos desovados en noviembre de 2008y marzo de 2009 (Fig. 3.3.21).

El número de ovocitos desovados entre los meses en que el desove fue exitoso fue significativamente diferente ($p < 0.5$), observándose un mayor cantidad de ovocitos desovados en marzo (mediana alrededor de 5 millones de ovocitos, con un máximo de alrededor de 15 millones de ovocitos) (Fig. 3.3.22). En noviembre y enero la mediana estuvo alrededor de 1 millón de ovocitos. Las variables predictoras que mejor explicaron la variabilidad del número de ovocitos desovados por mes fueron el diámetro de la testa de los erizos, la profundidad y la interacción entre estas dos variables, mostrando que los erizos encontrados a mayor profundidad desovaron una menor cantidad de ovocitos (Tabla 3.3.3, Fig. 3.3.23).

El peso de la gónada fue por lo general mayor en el polígono 6 (promedio alrededor de 20 gr con poca variación entre los estratos), que fue donde se observaron los erizos más pequeños. La disminución temporal de peso gonádico fue mayor en este mismo polígono comparado con el polígono 7. Esto también coincidió con un mayor número de ovocitos desovados en el polígono de Quellón por estrato de profundidad (Tabla 3.3.4).

Por otro lado, en el polígono 7 el peso de la gónada fue menor en los estratos más someros y mayor hacia los estratos más profundos lo que coincidió con el mayor tamaño que presentaron los erizos recolectados a mayor profundidad (Tabla 3.3.4).

El stock desovante se estimó considerando la ojiva de madurez obtenida por Moreno et al (1995) y Arias et al. (1195) De tal forma que se tomó el valor de 43 mm como L_{m50}. De esta forma multiplicó el promedio del número de huevos por estrato y por polígono por la abundancia de erizos con un diámetro de la testa igual o superior a 43 mm, obtenida de la evaluación de stock. Debido a que el diámetro de la testa sólo explicó el 2% de la variabilidad (y aunque esta fue significativa) no se estimó la biomasa desovante por clase de talla.

El stock desovante en el estrato 1 (0 a 10 m de profundidad) fue estimado en alrededor de 20 millones de erizos en las áreas del polígono 6 y alrededor de 95 millones de erizos en las áreas del polígono 7, sumando alrededor de 114 millones de erizos lo que dio cuenta del 80% del stock desovante en toda el área estudiada en este proyecto. El stock desovante en el estrato 2 (11 a 30 m de profundidad) fue estimado en alrededor de 45 millones de erizos, lo que representó el 17.4 % del stock desovante en toda el área del presente estudio (Tabla 3.3.5). Finalmente el stock desovante de los estratos 3 y 4 sólo representó el 2.4% del total aportando con alrededor de 4 millones de erizos.

Variables ambientales

El registro de variables ambientales en cada muestreo fue irregular para las muestras de Quellón, ya que los DST presentaron problemas para la conexión de los equipos, lo que afortunadamente no ocurrió en el poligono 7 (Melinka).

En el polígono 7 la menor temperatura se registró en noviembre 3 a 4 décimas de grado bajo la temperatura registrada en septiembre. La máxima temperatura se registró en enero en superficie (18 º C), mientras que en el fondo la temperatura varió entre 11 y 13 ºC (Fig.

4.3.24). Los valores de temperatura observados en el polígono 6 en septiembre fueron más bajos que en Melinka, mientras que en marzo fueron más similares. Tal como se observó en la zona de Guaitecas la temperatura en los estratos más profundos varió en alrededor de 1º entre septiembre y marzo. (Fig. 3.3.25)

3.3.4 Discusión

Los resultados de este estudio registraron la presencia de erizos desde ambientes someros hasta 90 m de profundidad con una abundancia que permitió recolectar muestras durante los 4 periodos de muestreo planificados. Sin embargo, a pesar del intenso esfuerzo de muestreo para encontrar parches de erizo a profundidades mayores que 31 m y aunque se logró completar prácticamente todas muestras en el estrato 3 se estableció que los erizos bajo 30 m de profundidad son más bien escasos. El hallazgo de erizos en el estrato 4 a 100 m de profundidad constituyendo un verdadero parche de unas cuantas Has, representa un descubrimiento significativo que esperamos seguir estudiando en futuros proyectos.

El indicador de madurez de Gutiérrez & Otsu 1975 no fue consistente en todos sus parámetros comparando lo esperado y lo observado, ya que i) la coloración de la gónada descrita por estos autores no tiene una escala gráfica i) la coloración descrita va desde amarillo pálido a amarillo (distinto a la coloración observada en este estudio). A la vez la clasificación macroscópica (basada sólo en la turgencia) no coincidió con la clasificación microscópica. No obstante la clasificación macroscópica de la madurez y la coloración de la gónada explicaron de manera significativa el desove de los erizos que fueron inducidos con KCl.

Por otro lado, la inducción al desove no fue explicada por la variación del IGS, el que fue máximo durante el mes de septiembre cuado se obtuvieron los menores éxitos en la inducción de desove. Este hecho ya había sido discutido por Bay-Schmith et al 1981 y Arias et al. 1995, para *L. albus*. Estos autores plantean que el volumen de las gónadas no sólo es consecuencia del contenido de células sexuales sino también de fagocitos nutritivos, por lo que el IGS no sería un indicador confiable para seguir el proceso reproductivo de *L. albus*. Además, estos autores observaron que la máxima madurez se producía 1 mes antes o después del máximo valor de IGS, lo que coincide con la inducción al desove observada

por King et al 1994 que llegó al 100% dos meses después de que el índice gonádico bajara a su mínimo valor (7% a 4% aproximadamente).

En este sentido y coincidente con lo sugerido por Bay-Schmith *et al.* (1981) se propone que el IGS puede ser usado como indicador cualitativo de desove. Además, los indicadores de madurez macroscópica no entregaron información confiable para la determinación del estado de madurez de L. *albus*. Otros indicadores de madurez macroscópica como la gónada lechosa sugerida por Barahona *et al.* (2003) y Kino & Agatsuma (2007), no aportan a la cuantificación del aporte a la reproducción que hacen los erizos. Por lo anterior, los resultados de inducción al desove y el número de ovocitos desovados si bien son una referencia, es necesario calibrar este tipo de experimentos con los desoves naturales, ya que no es completamente claro su efecto. Si bien se observó desoves exitosos entre noviembre y marzo es muy probable que durante marzo el desove haya sido completamente artificial (la técnica ya es artificial), ya que los ovocitos pudieron ser reabsorvidos en condiciones naturales. Por otro lado, los reportes de larvas de *L. albus* en la zona indican que estas estarían presentes principalmente entre noviembre y febrero (Busto *et al.* 1987, Zuleta *et al.* 1998, Kino & Agatsuma 2007).

El stock desovante se concentró en los primeros dos estratos de profundidad y no más allá que 20 m de profundidad, lo que deja a las poblaciones de erizo absolutamente vulnerables a la pesca extractiva. Esto sumado a que la pesquería está basada en la comercialización de las gónadas de este recurso sugieren una alta amenaza para el manejo y conservación de esta pesquería ya que aparentemente mientras el erizo tenga "*grano*" (modismo para referirse a la gónada) los buzos extraerán ya que probablemente existirá un poder comprador que adquirirá la captura.

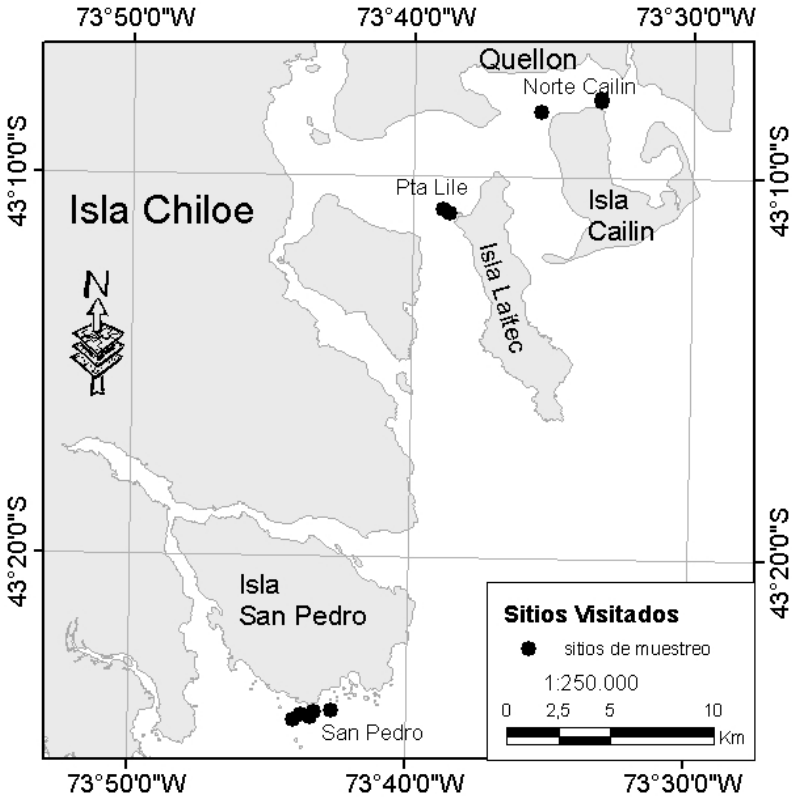
Lamentablemente, la literatura disponible acerca del recurso erizo no permite especular sobre el aporte que podría estar haciendo cada erizo al aumento de los números de la población y cuales son las principales áreas que sustentan la renovación de los bancos cada año. En general se ha reportado que la sobrevivencia de larvas de equinodermos hasta asentamiento es de alrededor de 0.05 a 0.3 % (Morgan 1995), lo que en el ámbito de las especulaciones implicaría que en el polígono 6 se podrían estar asentando entre 4 y 24 millones de erizos anualmente, lo que no logra balancear la cosecha declarada de alrededor de 50 millones de erizos cada año.

Anualmente se están cosechando alrededor de 150 millones de erizos en toda el área de estudio. En este contexto urge conocer el estado de los otros parches que sustentan esta pesquería, ya que los dos polígonos estudiados, particularmente el polígono 6 no parecen dar cuenta de un porcentaje importante en números reales.

Tal como se planteara en el capítulo 2 se hace indispensable implementar medidas de manejo más efectivas y una red de monitoreo de estaciones fijas independiente de la pesquería que permita observar la dinámica de la población de *L. albus* y su acople con las comunidades costeras del área de estudio.

Figura 3.3.1 Áreas de recolección de muestras:

Para estudio de aspectos reproductivos de *L. albus* en el polígono 6 (arriba) y 7 (abajo).



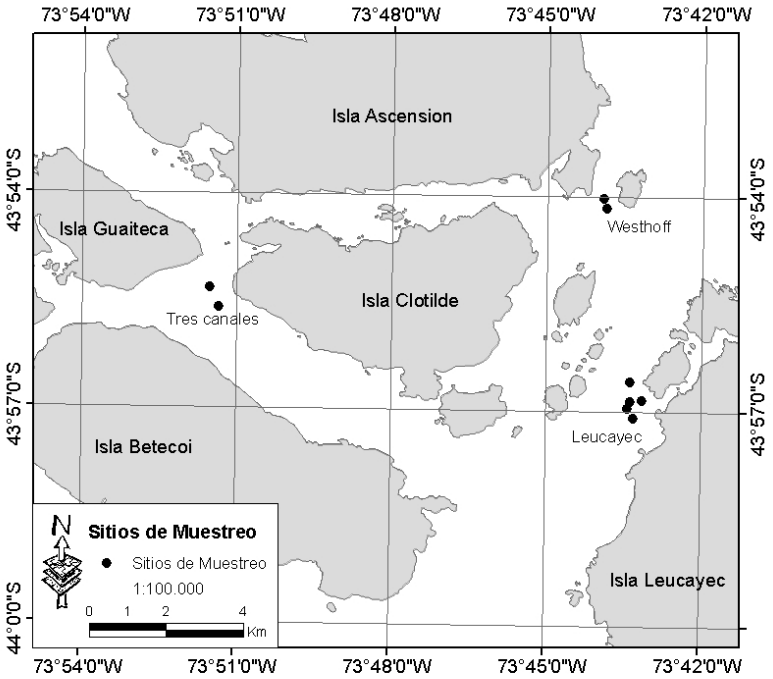


Figura 3.3.2 Escala de coloración de la gónada:

Arriba: Base de la carta de colores elaborada por Barahona et al. 2003 (los colores originales están modificados debido al efecto del scanner). Abajo: Escala utilizada en este estudio que muestra en la parte superior los colores y números correspondientes a la carta de IFOP y abajo los números adoptados para este estudio.

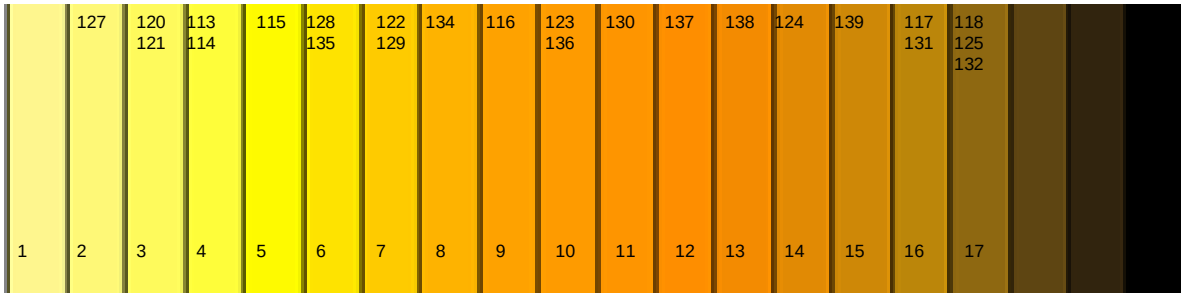


Figura 3.3.3. Inducción al desove para erizos, tomado de Bustos y Olave (2001).

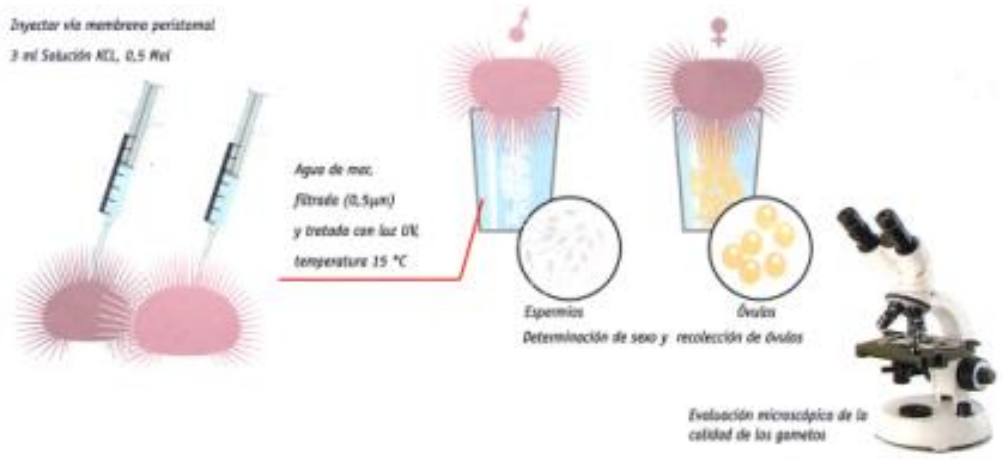


Figura 3.3.4 Distribución de tallas por estratos:

Encontradas en cada polígono.

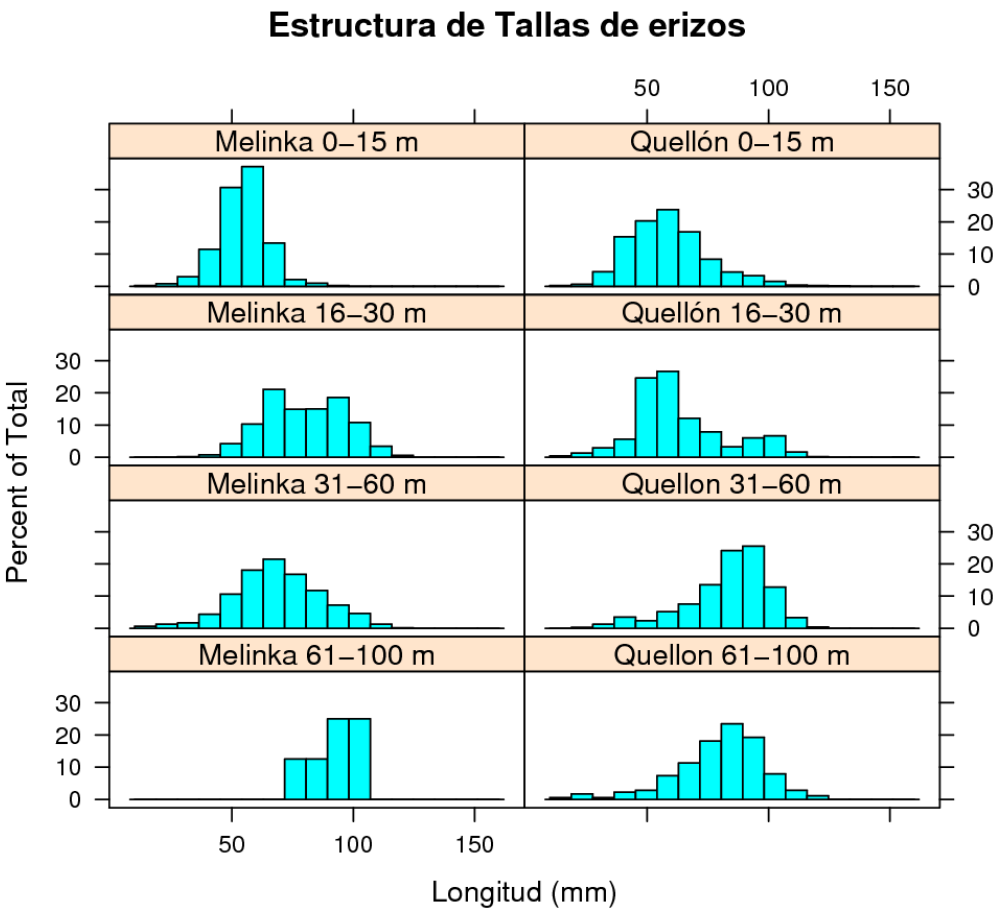


Figura 3.3.5 Variación del diámetro de la testa por estrato y polígono.

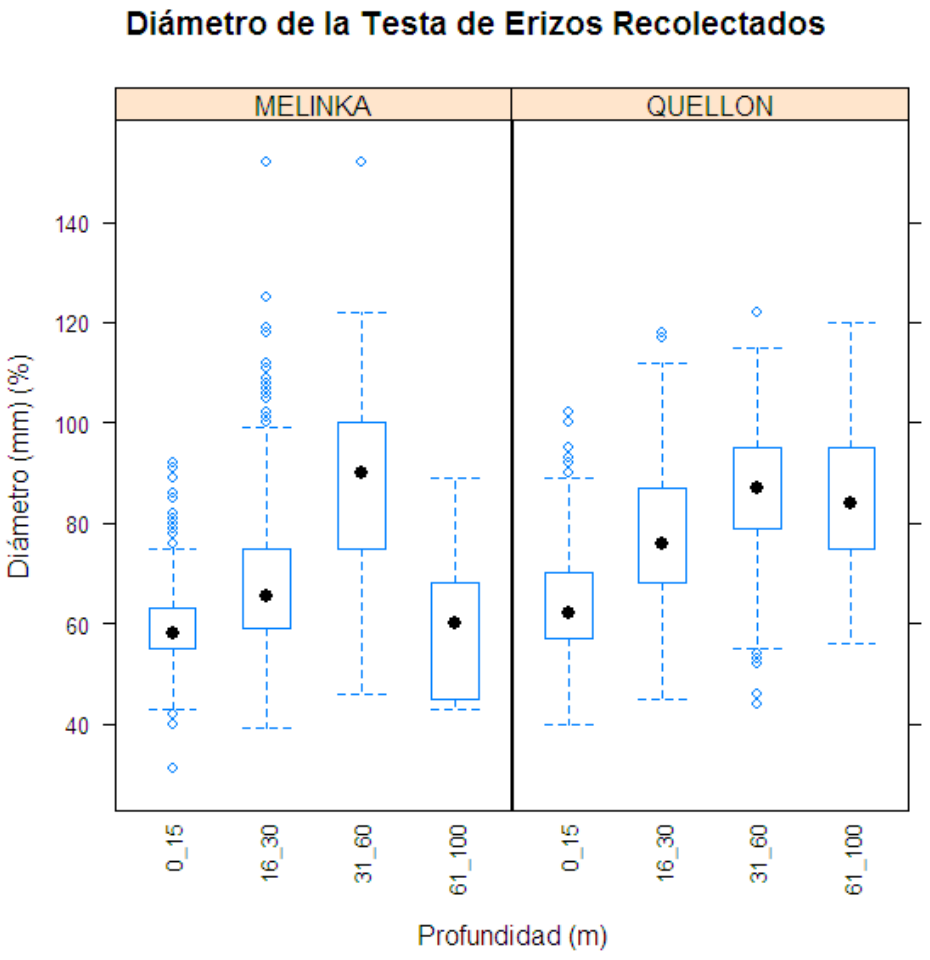


Figura 3.3.6 Proporción sexual de erizos en ambos polígonos.

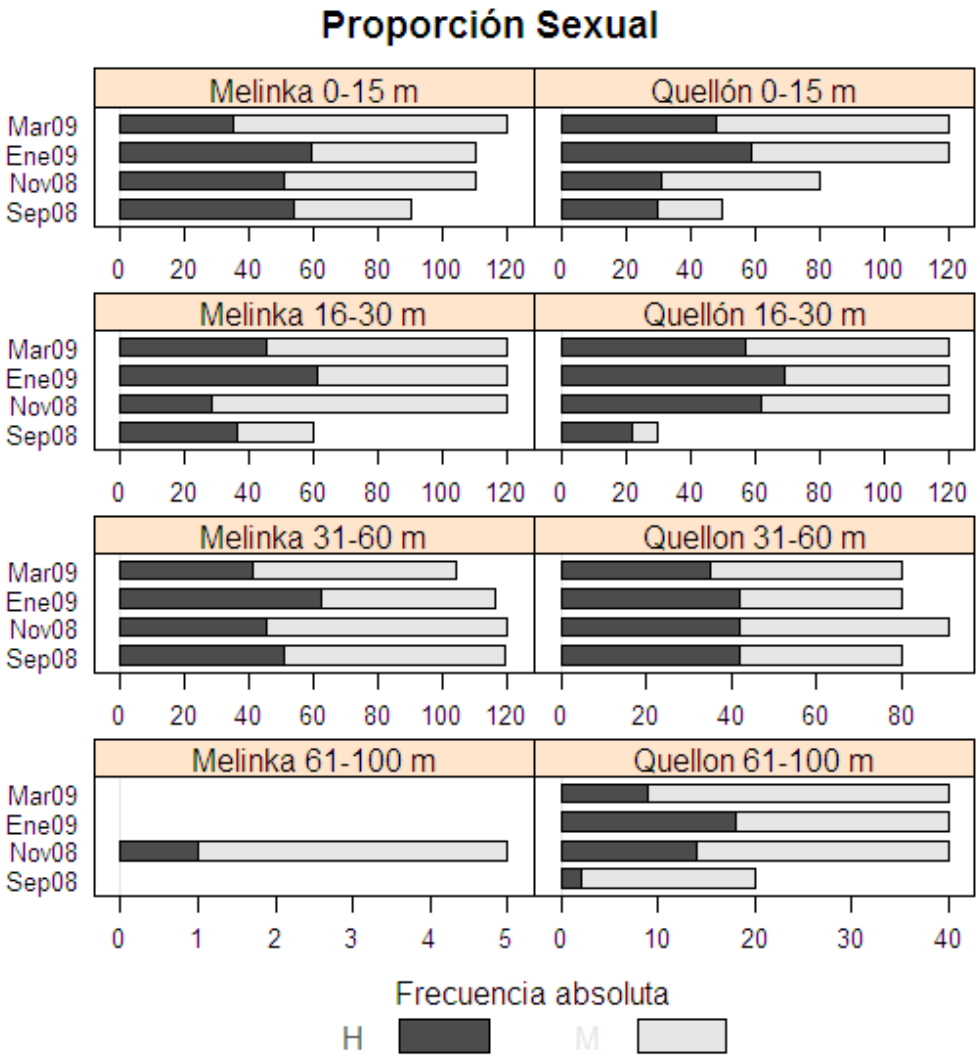


Figura 3.3.7 Relación longitud-peso por estrato y polígono de muestreo.

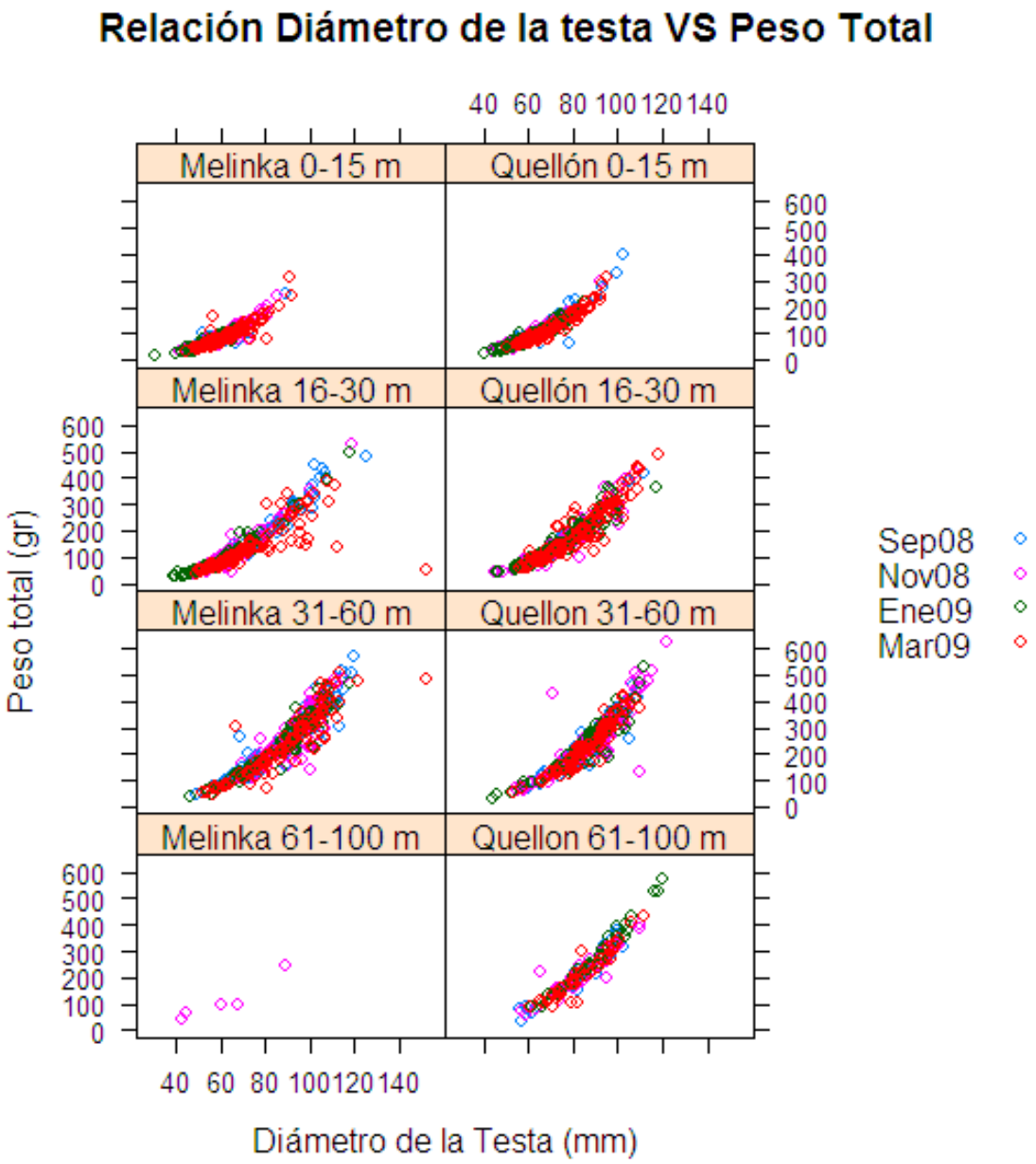


Figura 3.3.8 Relación diámetro vs peso de la gónada por polígono y estrato.

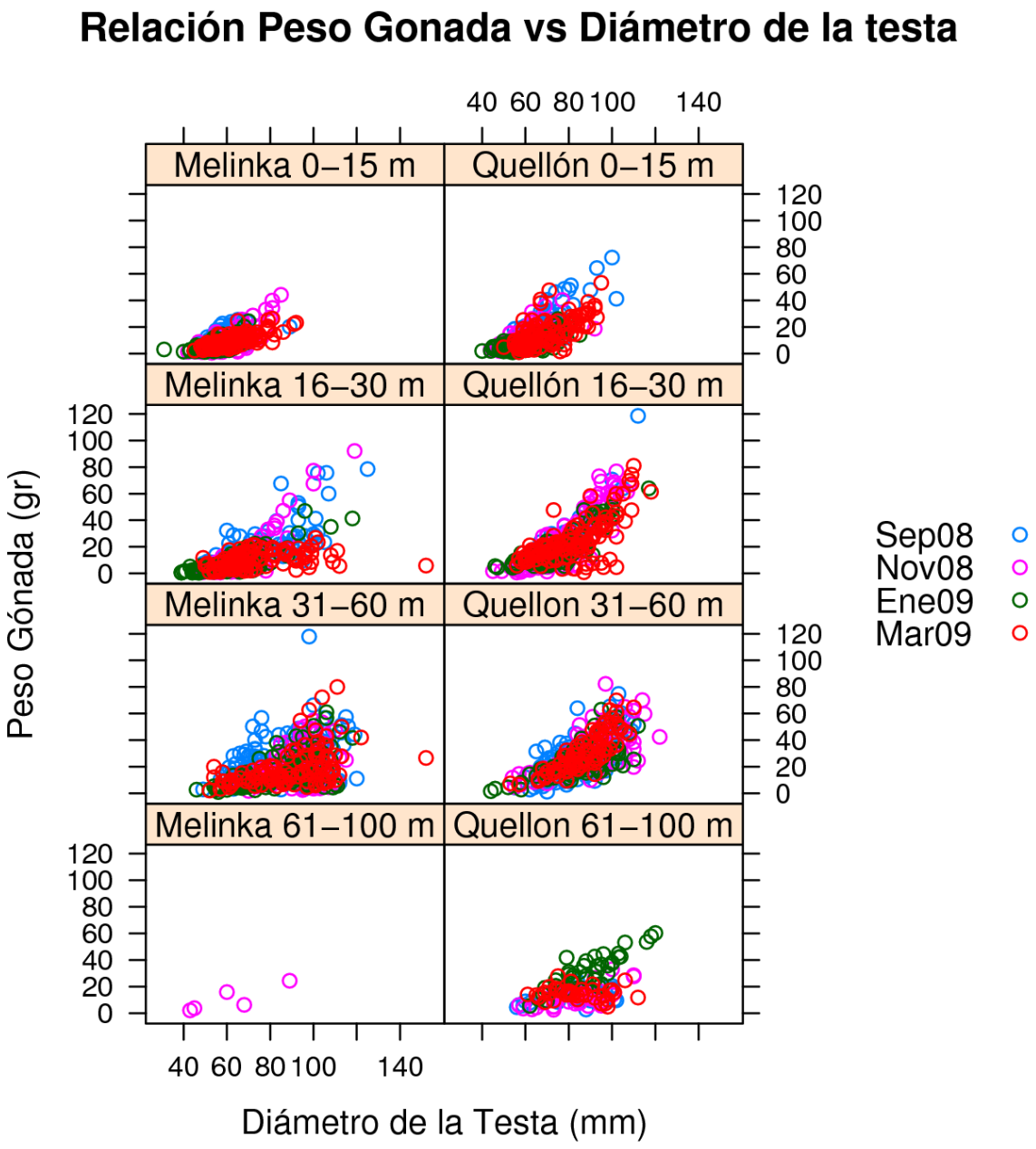


Figura 3.3.9 Relación peso de la gónada vs peso total.

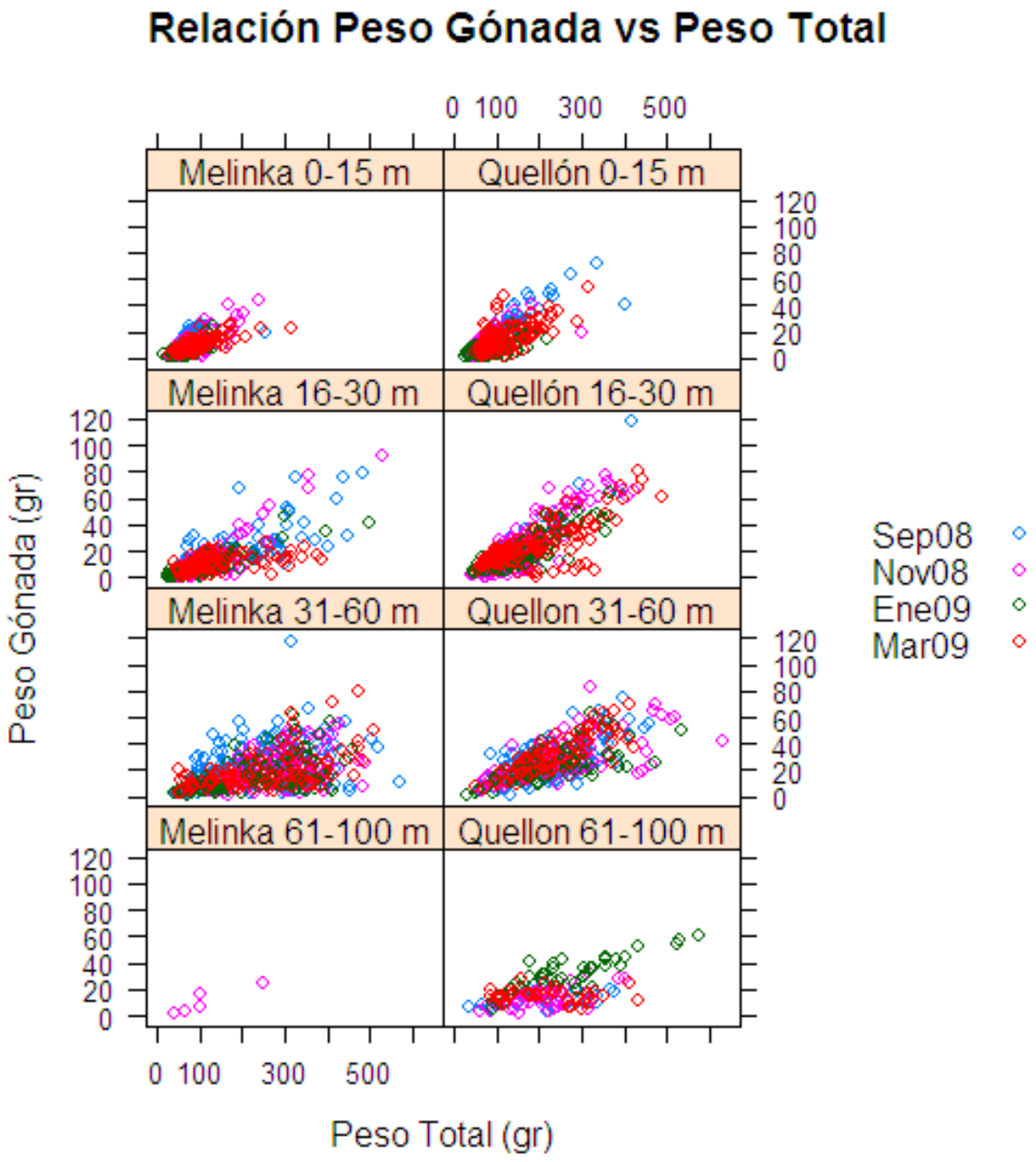


Figura 3.3.10 Relación peso de la gónada vs peso total.

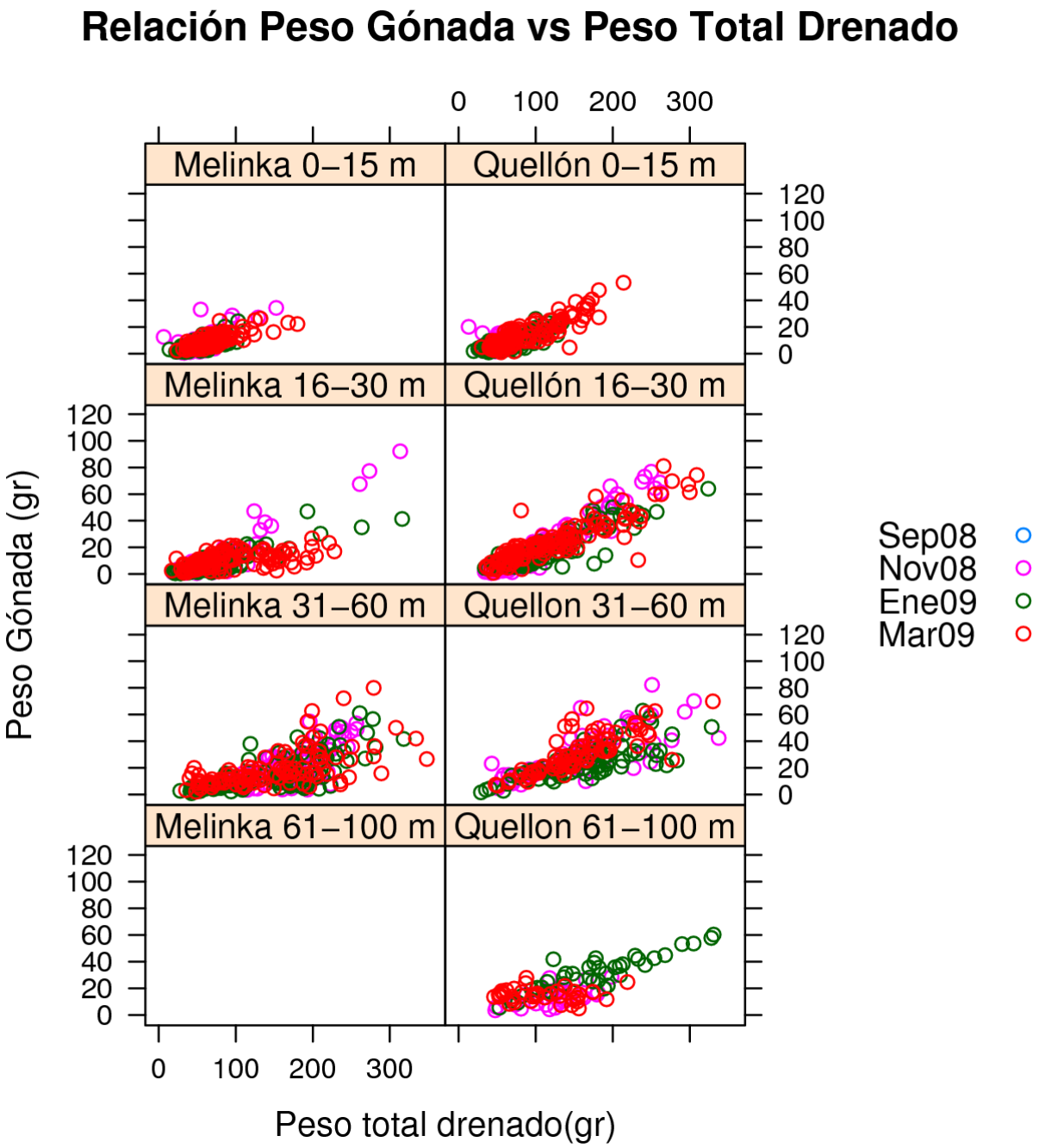


Figura 3.3.11 Variación del IGS por polígono y estrato de profundidad

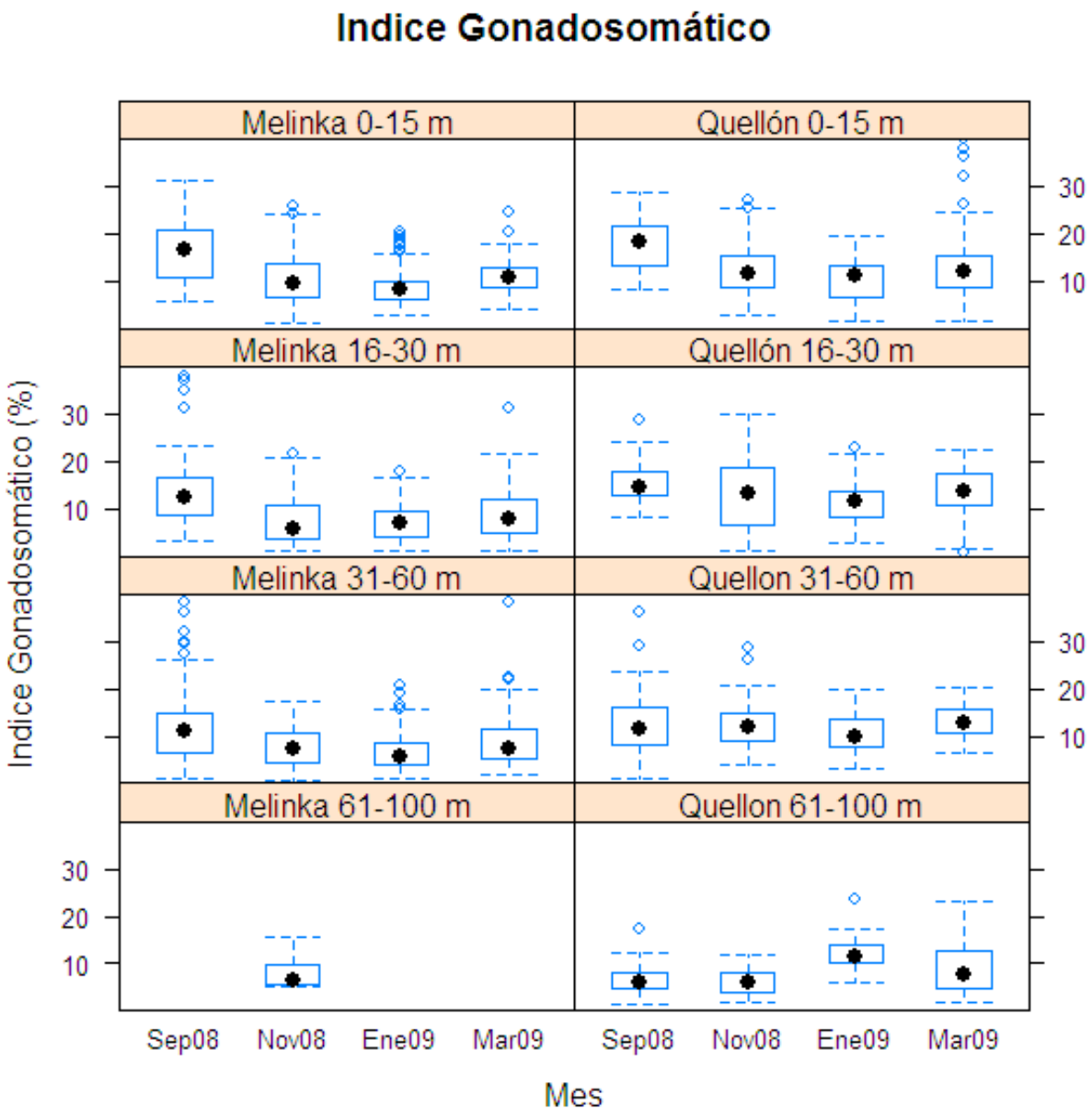


Figura 3.3.12 Coloración de la gónada por estrato y polígono

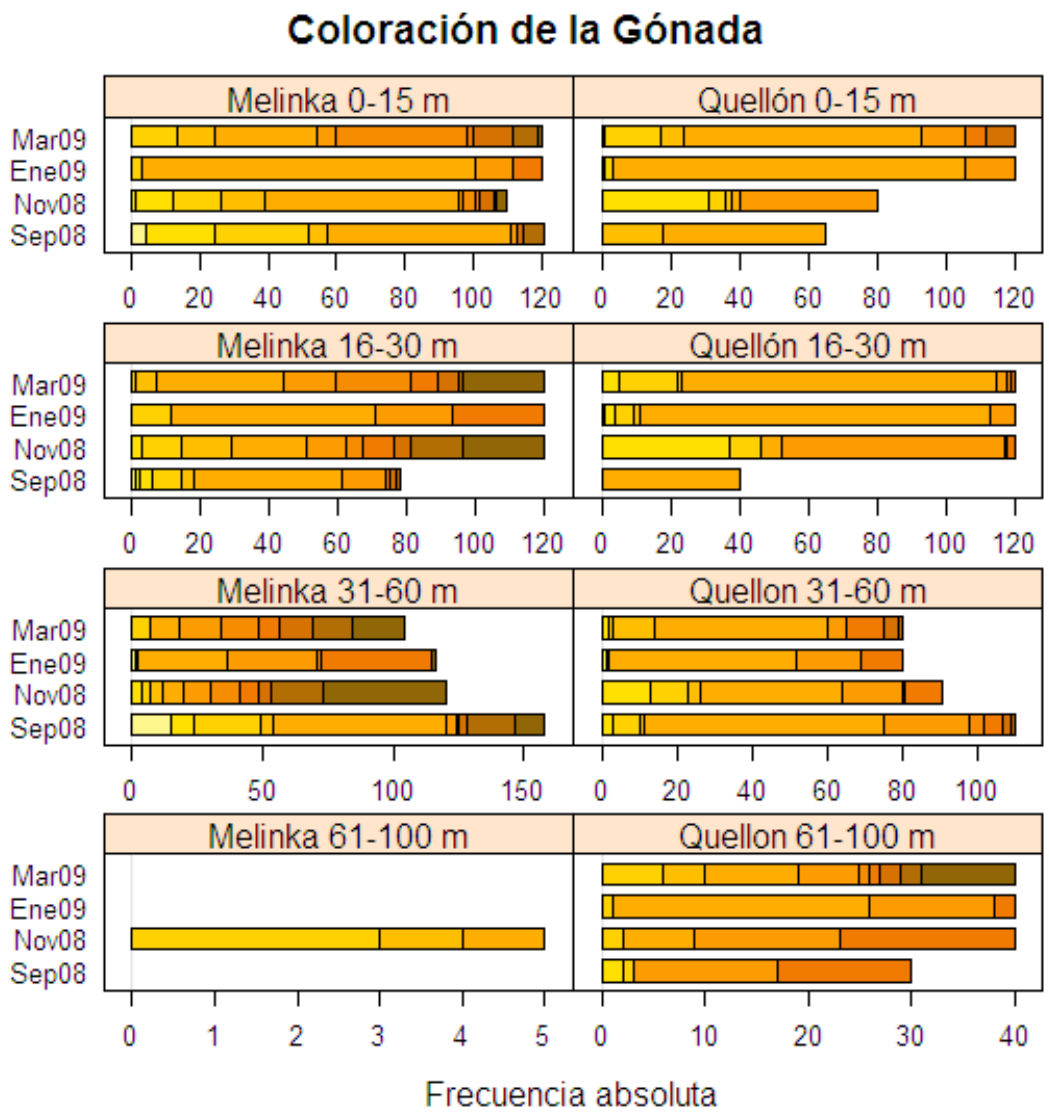


Figura 3.3.13 Variación del color de la gónada con el IGS.

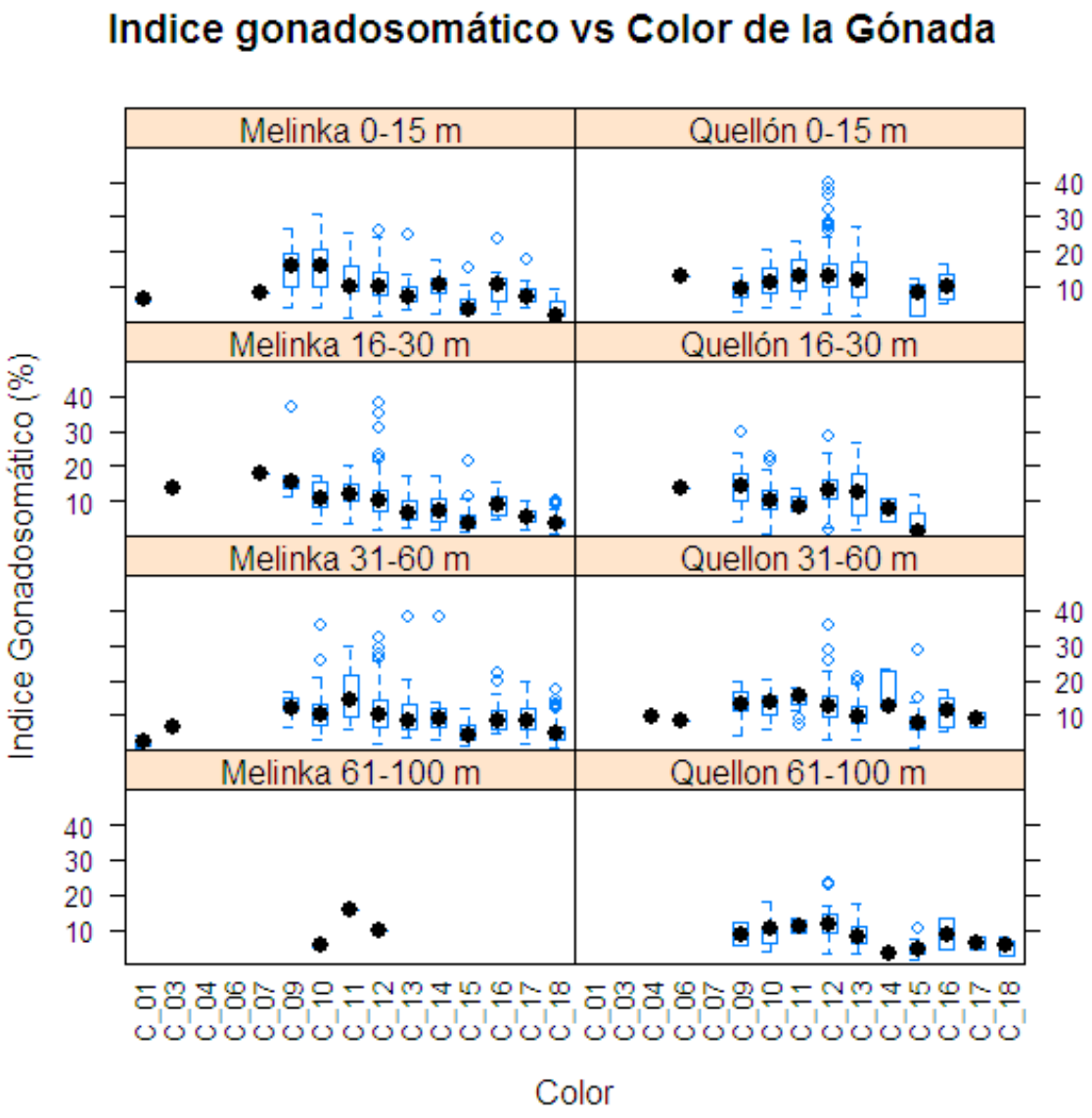


Figura 3.3.14 Estado de madurez macroscópico (Gutiérrez & Otsu 1975).

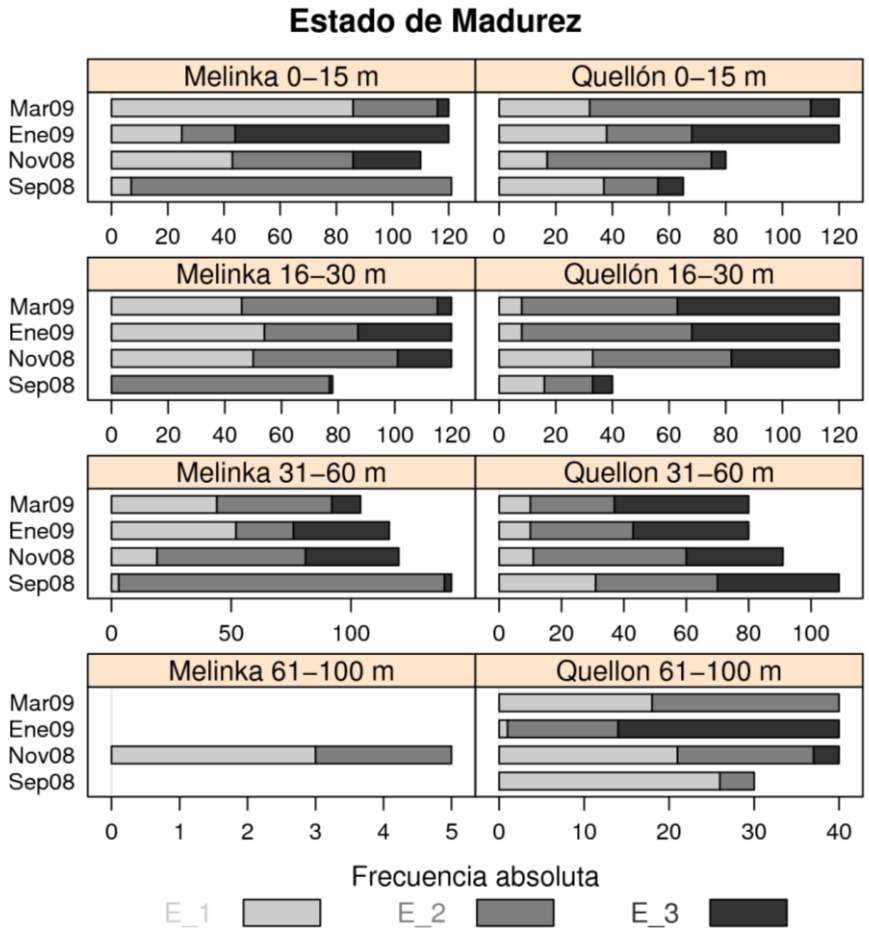


Figura 3.3.15 Coloración de la gónada para los estados de madurez.

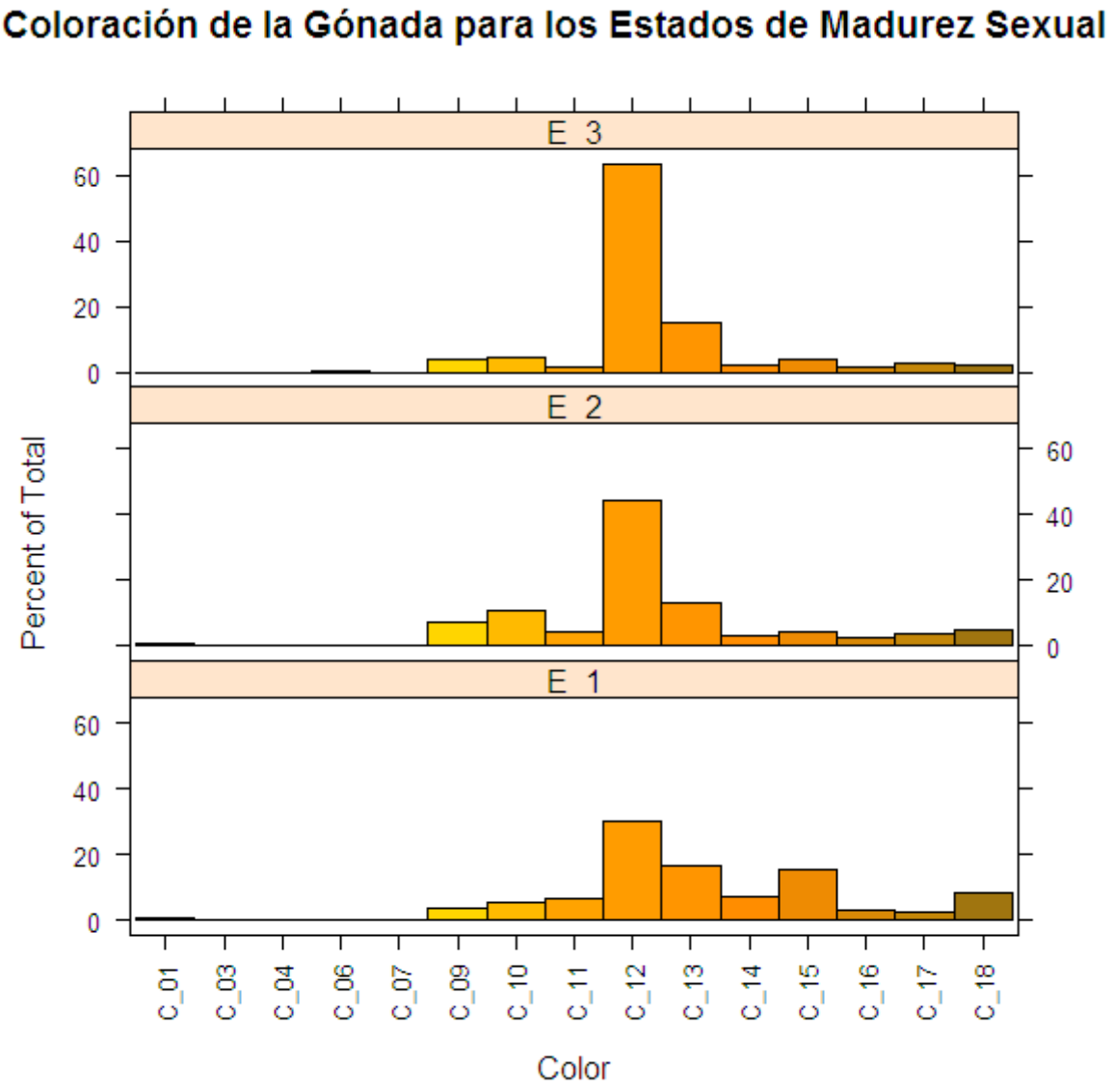


Figura 3.3.16 Variación del diámetro de los ovocitos por estado de madurez.

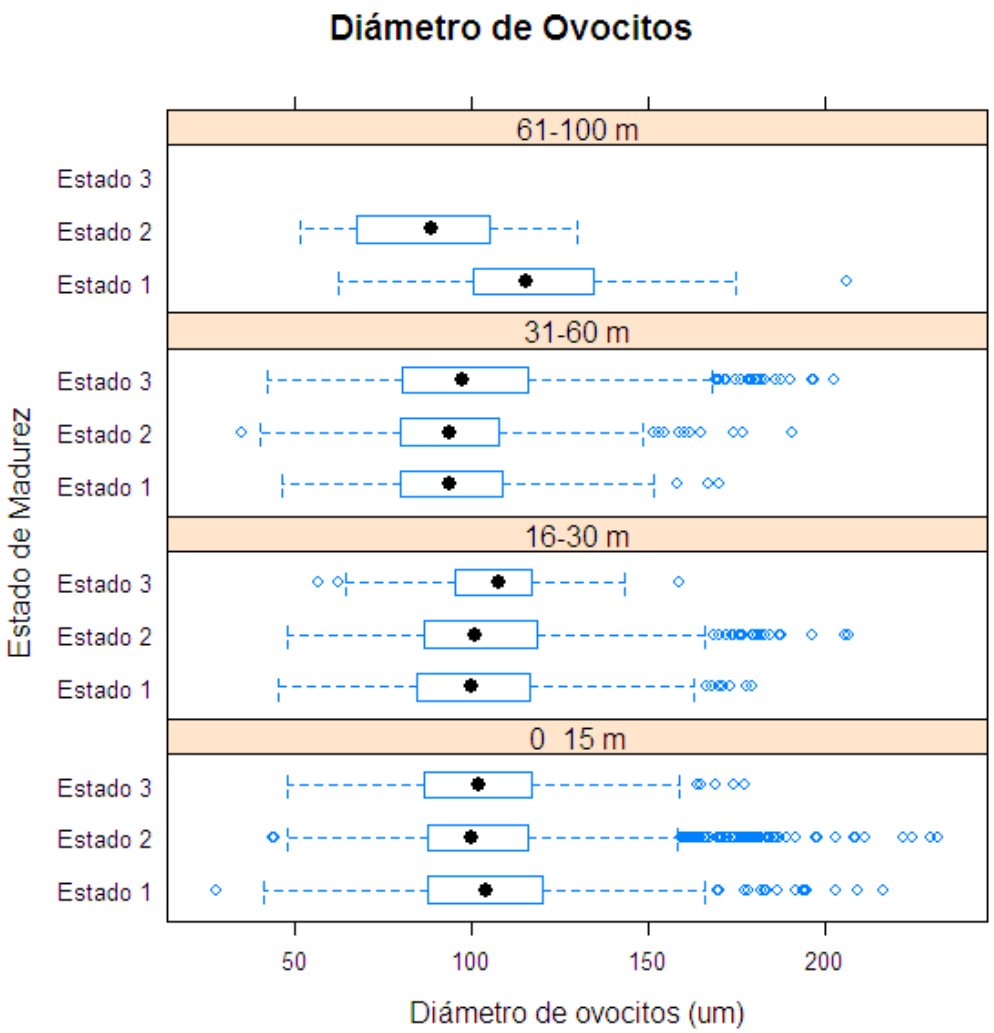


Figura 3.3.17 Diámetro de la testa para los estados de madurez.

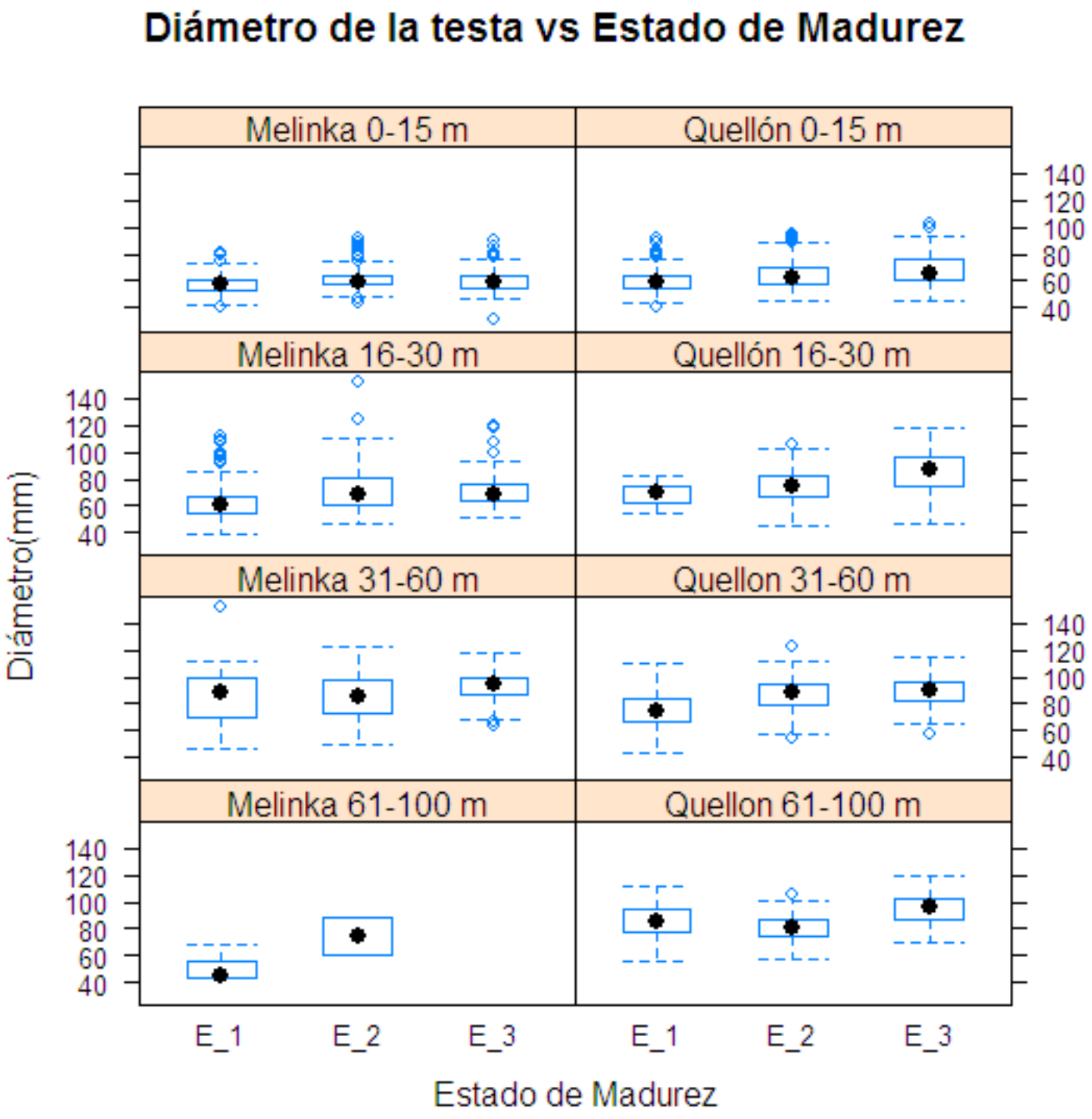


Figura 3.3.18 IGS para los estados de madurez.

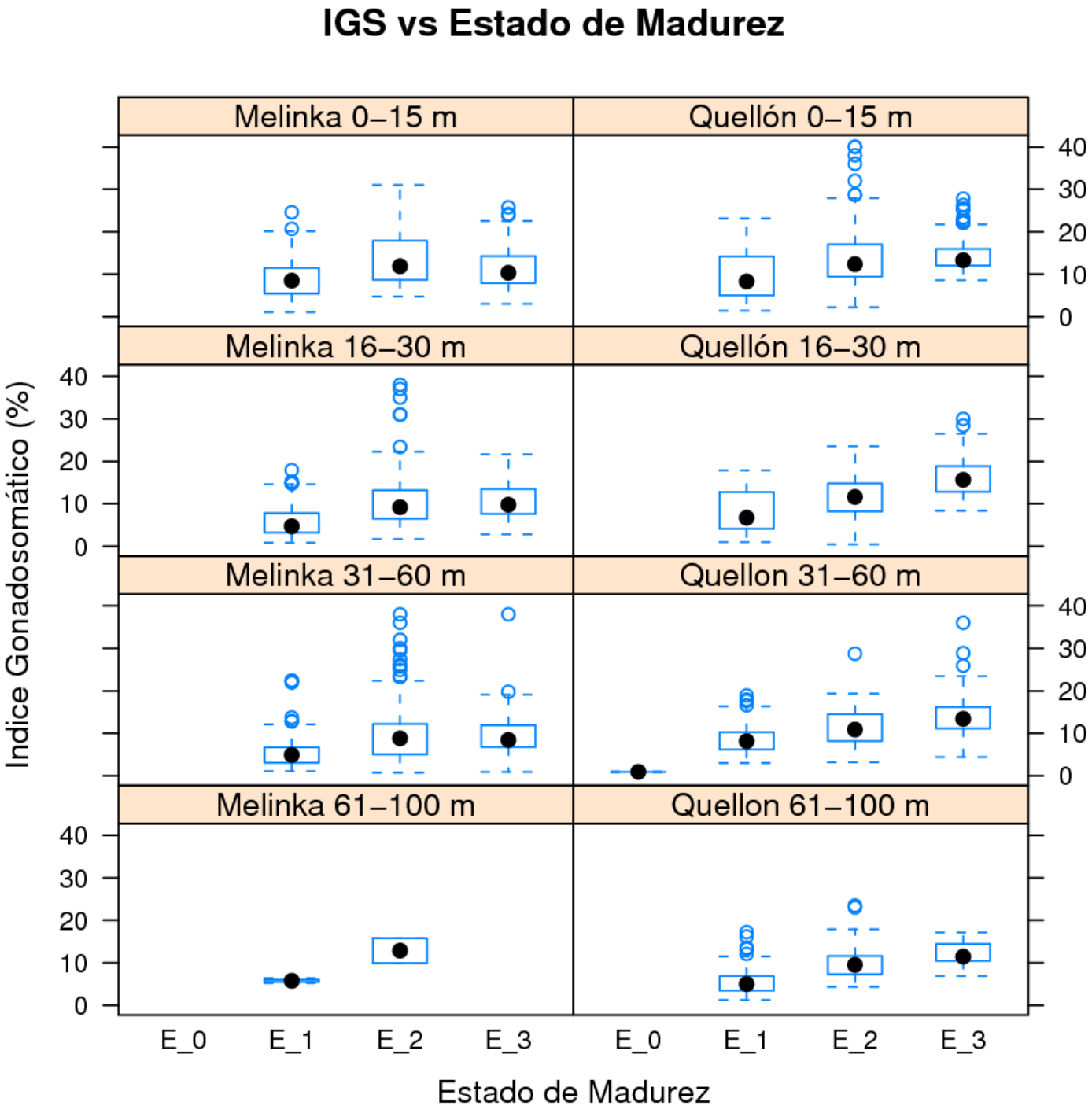


Figura 3.3.19 Éxito de inducción al desove por sexo.

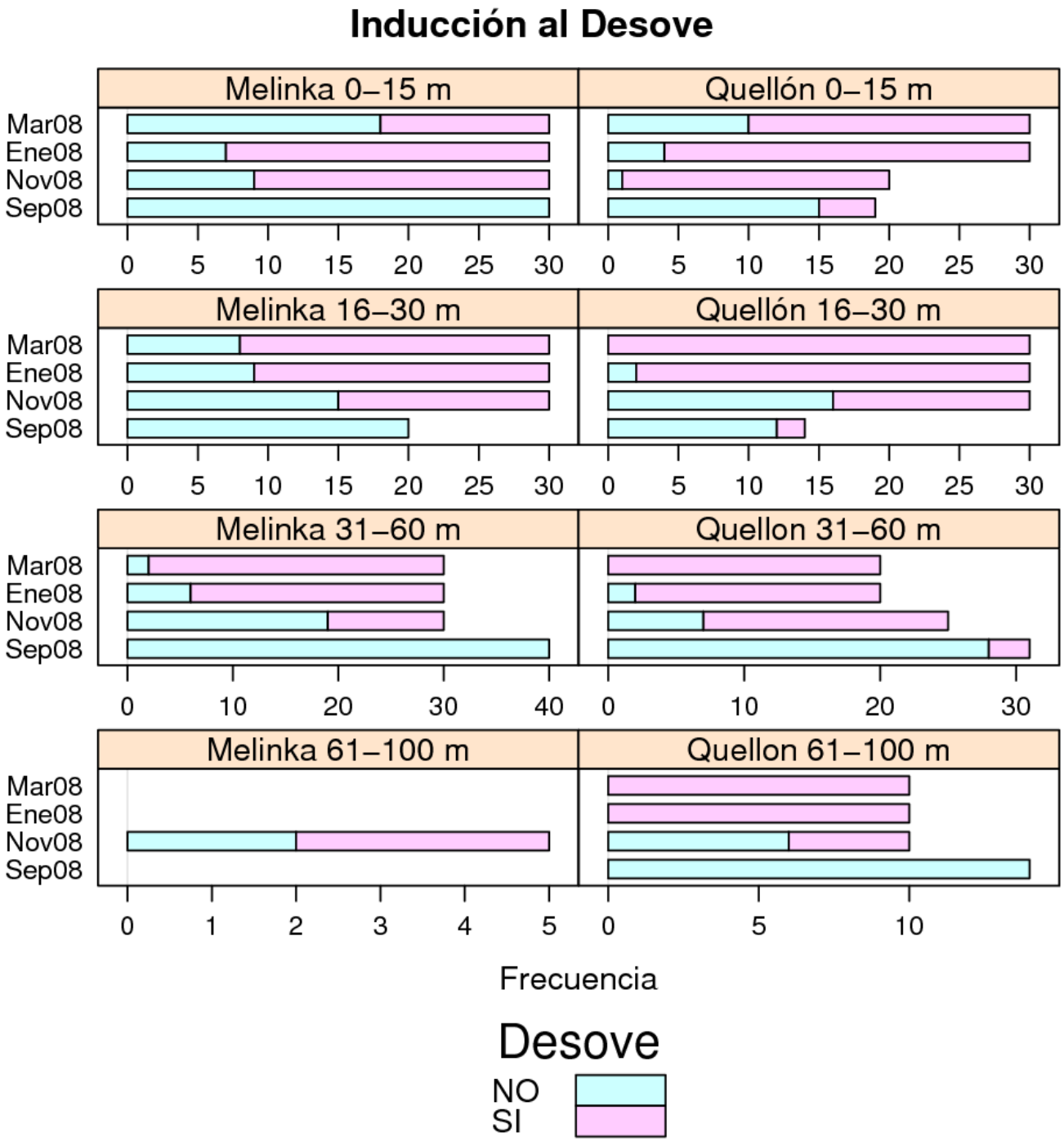


Figura 3.3.20 Éxito de inducción al desove por sexo.

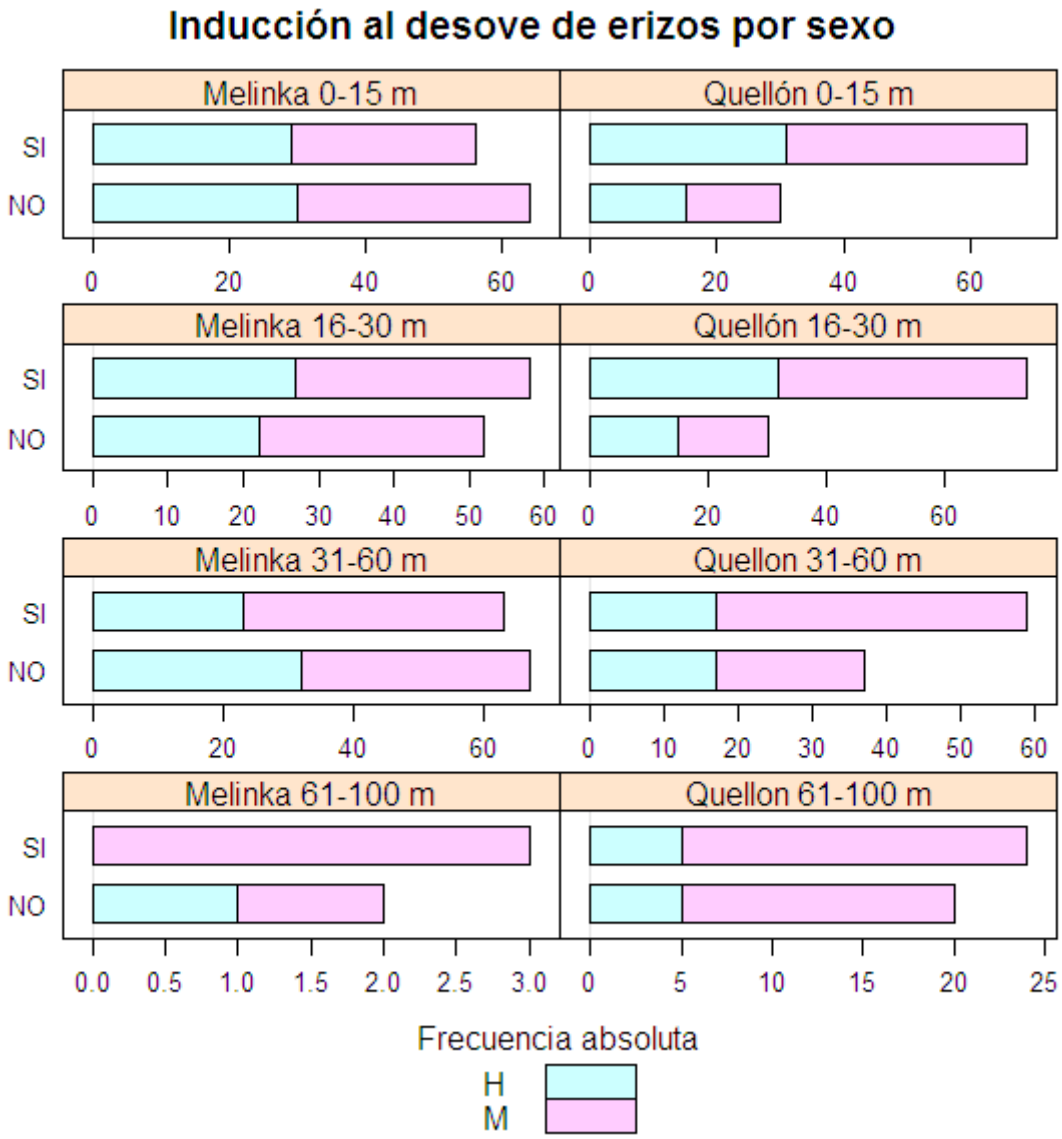


Figura 3.3.21 Coloración de la gónada vs éxito en inducción al desove.

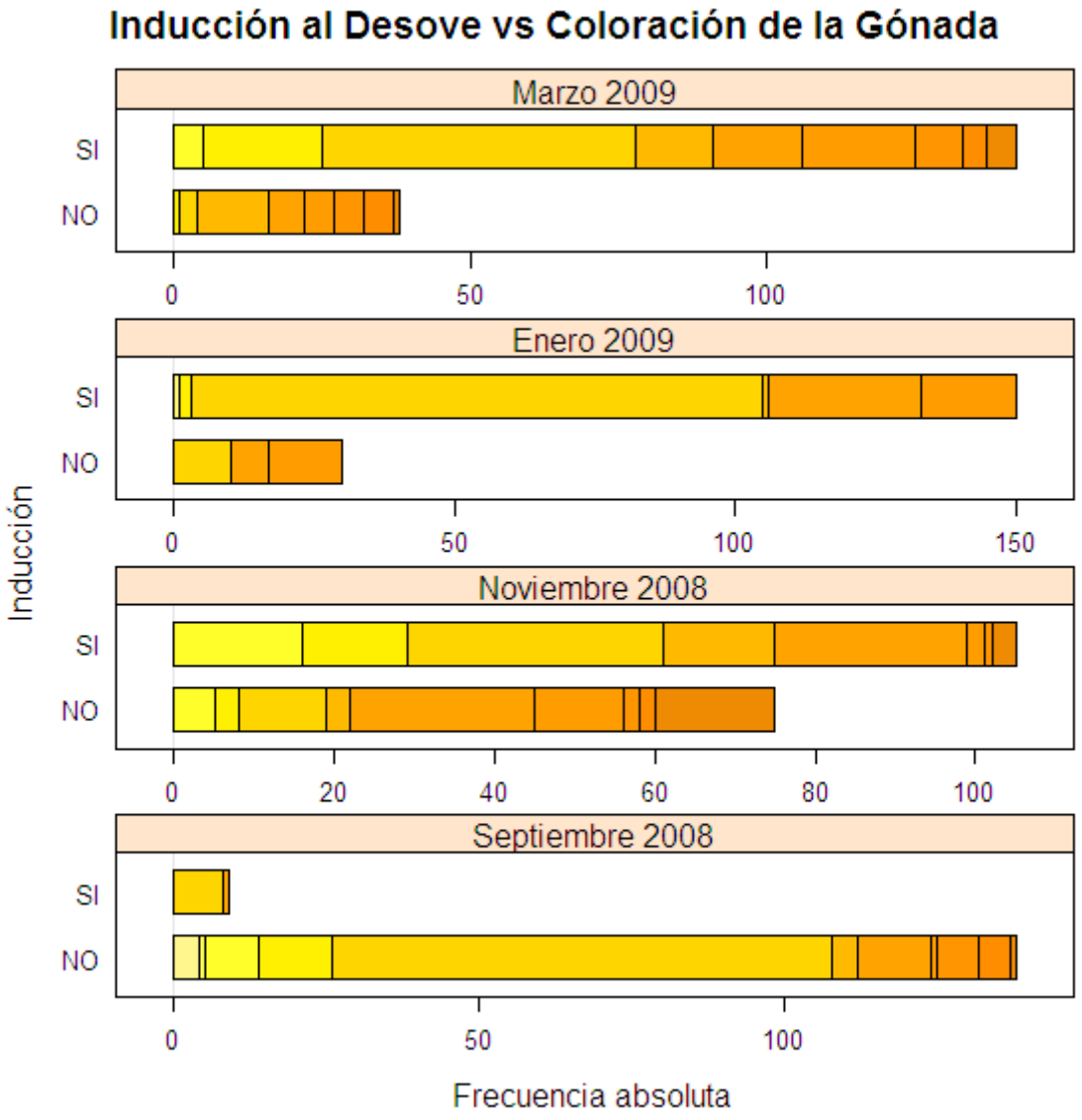


Figura 3.3.22 Número de ovocitos desovados por mes y por polígono.

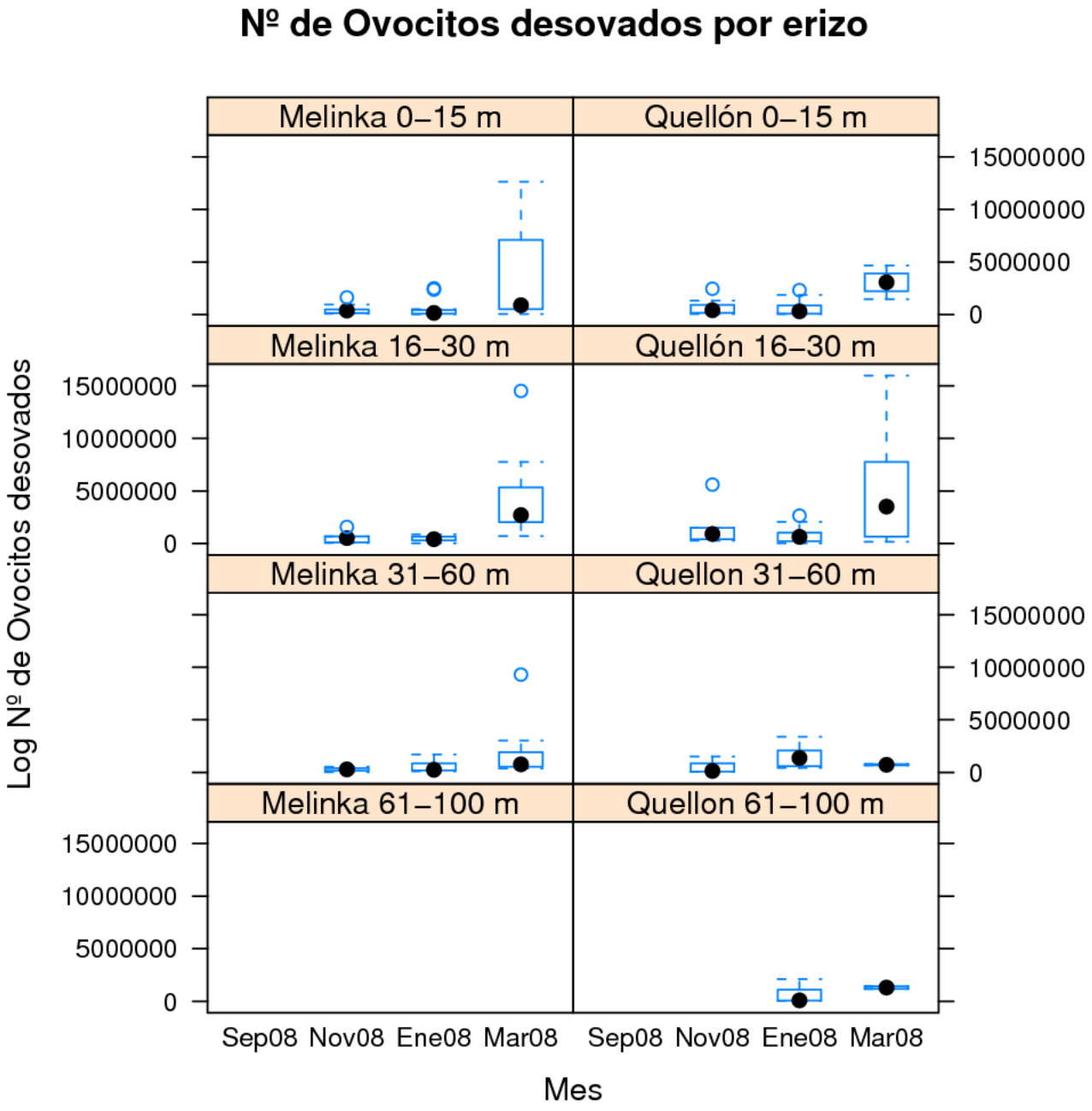


Figura 3.3.23 Número de ovocitos por estrato de profundidad y mes.

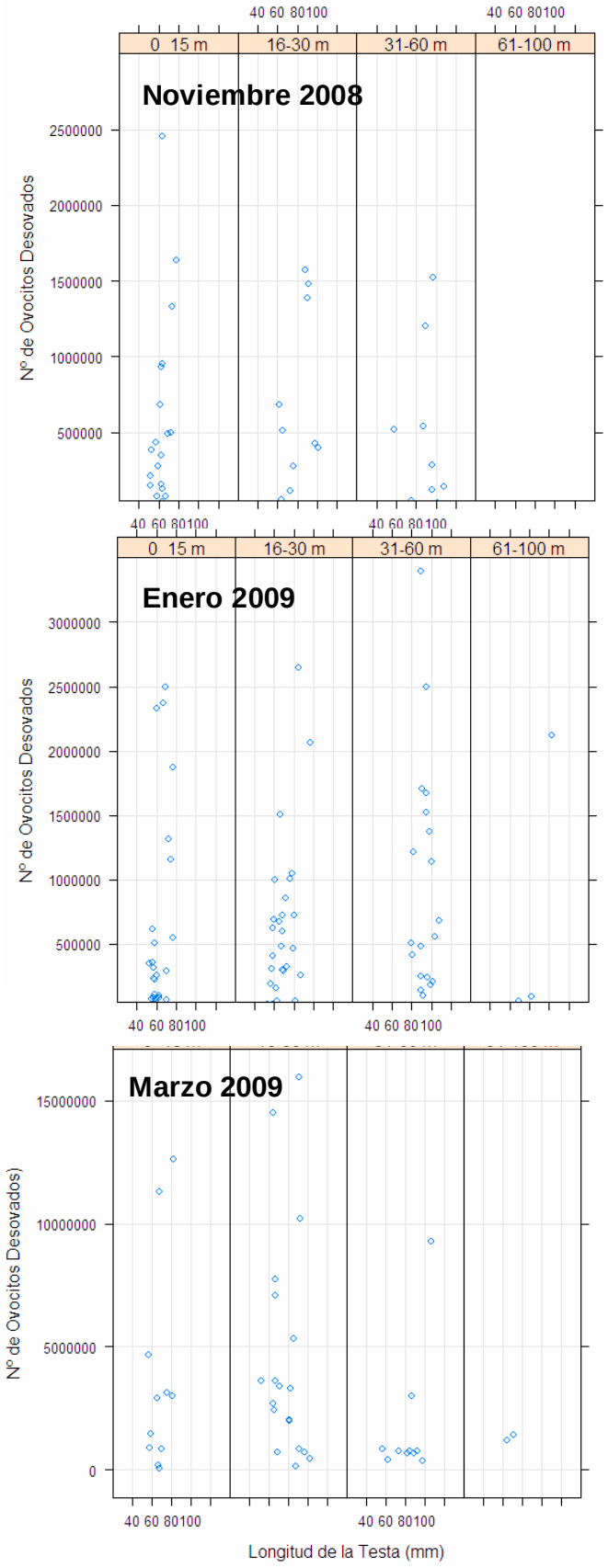


Figura 3.3.24 Temperatura (arriba) y salinidad (abajo) en el polígono 7.

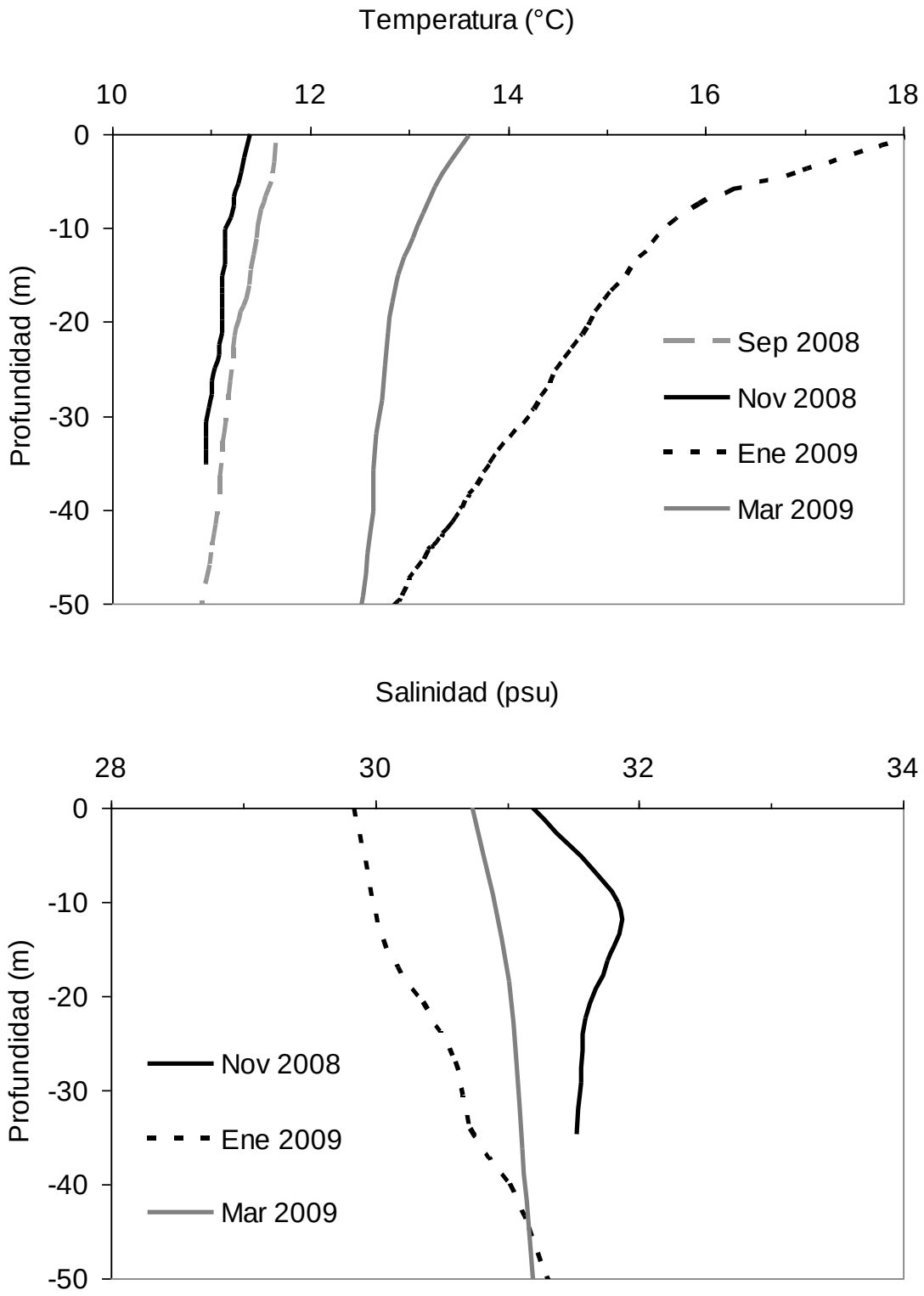


Figura 3.3.25 Temperatura (arriba) y salinidad (abajo) en el polígono 6.

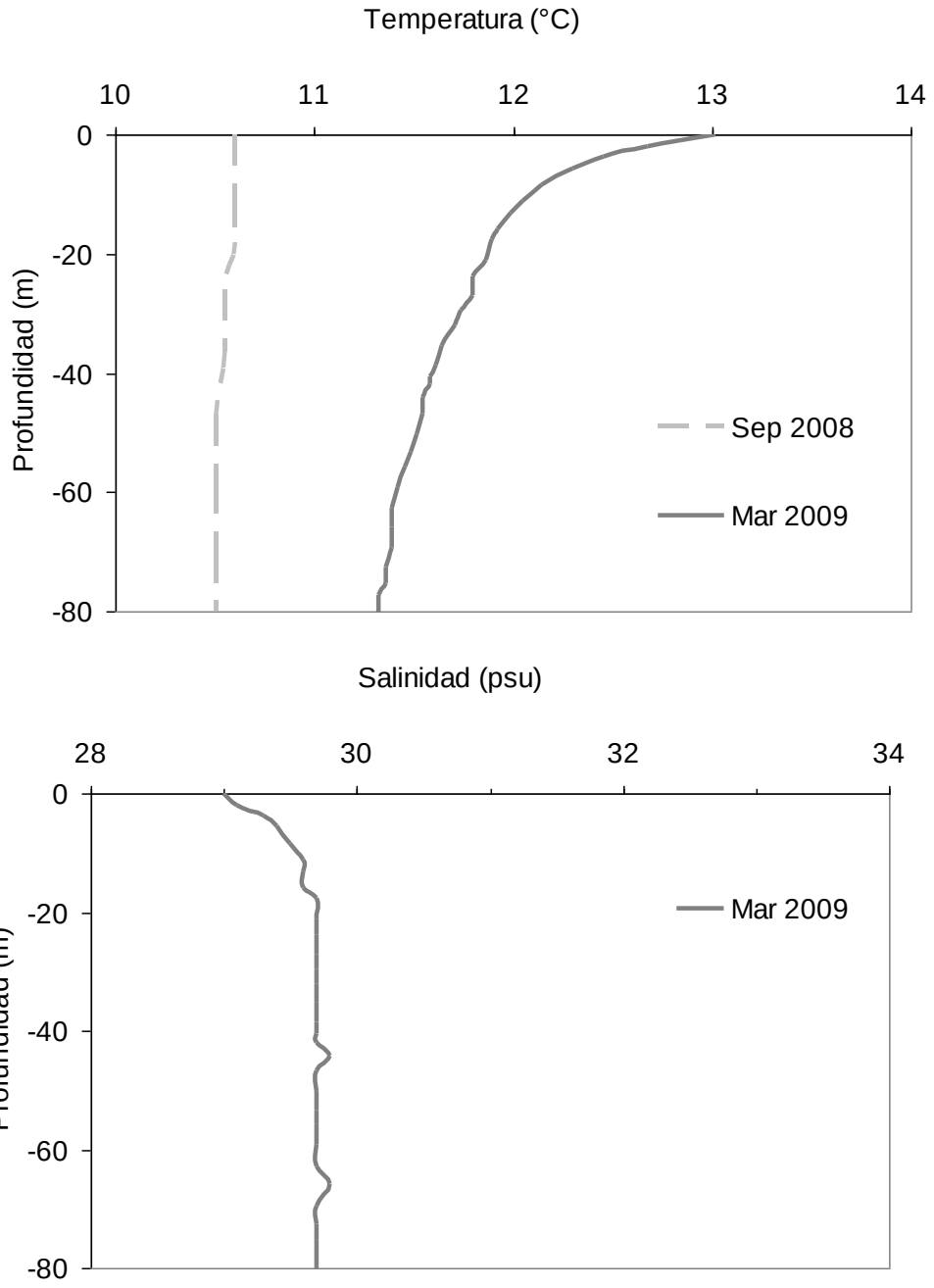


Tabla 3.3.1: Escala de madurez sexual propuesta por Gutiérrez & Otsu (1975).

Estado	**Características de las gónadas**	**Diámetros de los ovocitos**
Estado 1	Gónada muy angosta, de color rosado pálido con una gran cantidad de ovocitos	diámetros menores a 8,5 µm
Estado 2	Gónada más gruesa que el estado anterior, de color amarillo	Con óvulos de tamaños entre 17 a 68 µm.
Estado 3	Gónadas turgentes, de gran tamaño. Aspecto granuloso. Color amarillo oscuro	Predominio de óvulos que fluctúan entre 119 y 170 µm de diámetro.

Tabla 3.3.2: Análisis de desvianza para éxito de desove.

ANOVA de un modelo GLM, de la familia Binomial usando un link logit, para evaluar la variabilidad del éxito de la inducción al desove de los erizos que fueron inyectados con KCl. Las variables respuesta utilizadas fueron *polígono*, *mes de muestreo*, *IGS*, *madurez macroscópica* y *coloración de la gónada*.

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev.	P(>|Chi|)
NULL	675	909.59			
IGS	1	0.4	674	909.18	0.53
SEXO	1	3.02	673	906.17	0.08
Poligono	1	24.87	672	881.3	6.13E-07
MES	3	282.46	669	598.84	6.23E-61
MADUREZ	2	17.98	667	580.86	1.25E-04
COLOR	11	38.14	656	542.72	7.41E-05

Tabla 3.3.3 Análisis de desvianza para Nº de ovocitos:

ANOVA de un modelo GLM, de la familia Poisson y un link log, para evaluar la variabilidad del número de ovocitos que fueron desovados en los experimentos de inducción realizados con KCl. Las variables respuesta utilizadas fueron *polígono*, *mes de muestreo*, *IGS*, *madurez macroscópica* y *coloración de la gónada*.

	Df	Deviance	Resid.df	Resid. Dev	P(>|Chi|)	
NULL	675	909.59				
Poligono	1	25.58	674	884.01	4.25E-07	2.76262784
MES	3	252.39	671	631.62	1.99E-54	27.2580001
IGS	1	32.72	670	598.9	1.07E-08	3.53374445
MADUREZ	2	18.04	668	580.86	1.21E-04	1.94831143
COLOR	11	37.92	657	542.94	8.07E-05	4.09534198

Tabla 3.3.4 Nº de ovocitos desovados y peso de la gónada por mes:

Aplicando una inyección de KCl para inducción al desove. El peso promedio de la gónada se muestra para cada polígono, estrato y mes de muestreo.

Polígono	ESTRATO	MES	Nº de ovocitos promedio	Peso de la Gónada (gr) promedio
Quellón	E_1	1_Sep_08		27.8
		2_Nov_08	683,000	19.5
		3_Ene_09	628,044	9.0
		4_Mar_09	3,072,500	18.3
	E_2	1_Sep_08		22.5
		2_Nov_08	1,594,167	27.9
		3_Ene_09	795,458	14.9
		4_Mar_09	4,993,750	16.8
	E_3	1_Sep_08		30.6
		2_Nov_08	513,571	32.6
		3_Ene_09	1,483,917	26.8
		4_Mar_09	720,000	23.9
	E_4	1_Sep_08		20.1
		2_Nov_08		9.0
		3_Ene_09	753,778	28.1
		4_Mar_09	1,305,000	14.3
Melinka	0 a 15 m	1_Sep_08		14.3
		2_Nov_08	489,370	8.6
		3_Ene_09	547,500	5.6
		4_Mar_09	4,118,571	10.2
	15 a 30 m	1_Sep_08		22.9
		2_Nov_08	587,000	11.7
		3_Ene_09	433,576	5.2
		4_Mar_09	4,259,091	11.0
	31 a 60 m	1_Sep_08		32.6
		2_Nov_08	281,667	17.6
		3_Ene_09	582,000	16.2
		4_Mar_09	2,017,500	10.8
	61 a 100 m	2_Nov_08		24.4

Tabla 3.3.5 Stock desovante de erizos por área de muestreo y por estrato de profundidad, expresado en número de individuos.

sector	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	TOTAL
P 6 Guapiquilán	9,318,997				9,318,997
P 6 Quellón	9,644,941		490,176	1,734,144	11,869,261
P 6 San Pedro	1,462,196				1,462,196
P 6 Icolma	446,196				446,196
P 7 Tres Canales	5,699,324	3,426,796	679,780	543,119	10,349,018
P 7 Leucayec S	1,363,774	93,153	231,276		1,688,203
P 7 Leucayec N	7,463,146				7,463,146
P 7 G Peligroso	2,594,545	5,855,261			8,449,806
P 7 Guaitecas E	3,374,894	2,114,469			5,489,363
P 7 Betecoi SO	5,624,397				5,624,397
P 7 Guaitecas SO	44,163,920				44,163,920
P 7 Bahía Low	23,201,640	13,447,520			36,649,160
TOTAL	**114,357,969**	**24,937,199**	**1,401,232**	**2,277,263**	**142,973,663**
Porcentaje	**80.0**	**17.4**	**1.0**	**1.6**	

3.4 Objetivo 4

Comparar las abundancias y el potencial reproductivo por áreas de estudio y rango batimétrico (0 a 100 m).

3.4.1 Antecedentes

La descripción de la forma en cómo se obtuvo las abundancias y el potencial reproductivo en cada una de las áreas y estratos de profundidad fue descrito en los capítulos 1 y 2. Esto fue también presentado en los resultados de los capítulos anteriores.

Las figuras y tablas descriptivas mostradas en los capítulos anteriores muestran que existen diferencias significativas entre las zonas de estudio tanto en la abundancia de erizos registrada como el comportamiento reproductivo y las características de la gónada de los erizos en ambas áreas.

Claramente los resultados de estimación de stock no son coincidentes con los desembarques reportados, particularmente en el polígono 6 (Quellón). Por otro lado en el polígono 7, si bien se observa una población en mejor estado, la distribución de tallas de la población está bastante desplazada hacia la izquierda lo que pareciera mostrar una juvenilización excesiva del stock.

La comparación del comportamiento reproductivo en cuanto al éxito del desove mostró que las áreas de muestreo seleccionadas en Islas Guiatecas tuvieron un comportamiento muy similar entre sí agrupándose en torno a su mismo polígono (Fig. 3.4.1). Por otro lado, las áreas de Quellón mostraron una mayor frecuencia de desove, observándose un gradiente de mayor a menor desde San Pedro a Laitec. El estrato de 61 a 100 m de profundidad se encuentra más alejado con baja frecuencia de desove, cercano a Laitec que fue donde se recolectó erizos a mayor profundidad. Un análisis de correspondencia múltiple realizado mostró que las primeras dos dimensiones fueron significativas ($p< 0.05$), mostrando que las diferencias entre las áreas de trabajo y la profundidad daban cuenta de gran parte de la variabilidad (Fig. 3.4.1).

El número de ovocitos desovados también mostró significancia en las primeras dos dimensiones de un análisis de correspondencia múltiple, explicando el 34% del total de la

Inercia. Los erizos del área de San Pedro se comportaron de manera distinta a lo observado en las otras dos áreas del polígono 6, mostrando menor cantidad de ovocitos. Las otras áreas estuvieron mejor asociadas al polígono Quellón que las representa (Fig. 3.4.2). En el polígono 7 se observó un gradiente de mayor a menor cantidad de ovocitos producido por erizo desde Tres Canales (mayor cantidad de ovocitos) a Leucayec (menor cantidad de ovocitos). En este sentido se observó mayor dispersión en el número de ovocitos que en la frecuencia de desove en el polígono 7. La producción de ovocitos en profundidad también mostró un gradiente claro desde el estrato 1 al 3 y un poco más alejado el 4. Este último estrato se vio más cercano al área de Laitec que fue la única donde se recolectó erizos a profundidades mayores de 61 m en los 4 muestreos.

Figura 3.4.1 Análisis de correspondencia múltiple para frecuencia de desove:

Se muestra el resultado utilizando las dimensiones 1 y 2, para evaluar los patrones observados en la frecuencia de desove de erizos en las distintas áreas, polígonos, estratos de profundidad y mes.

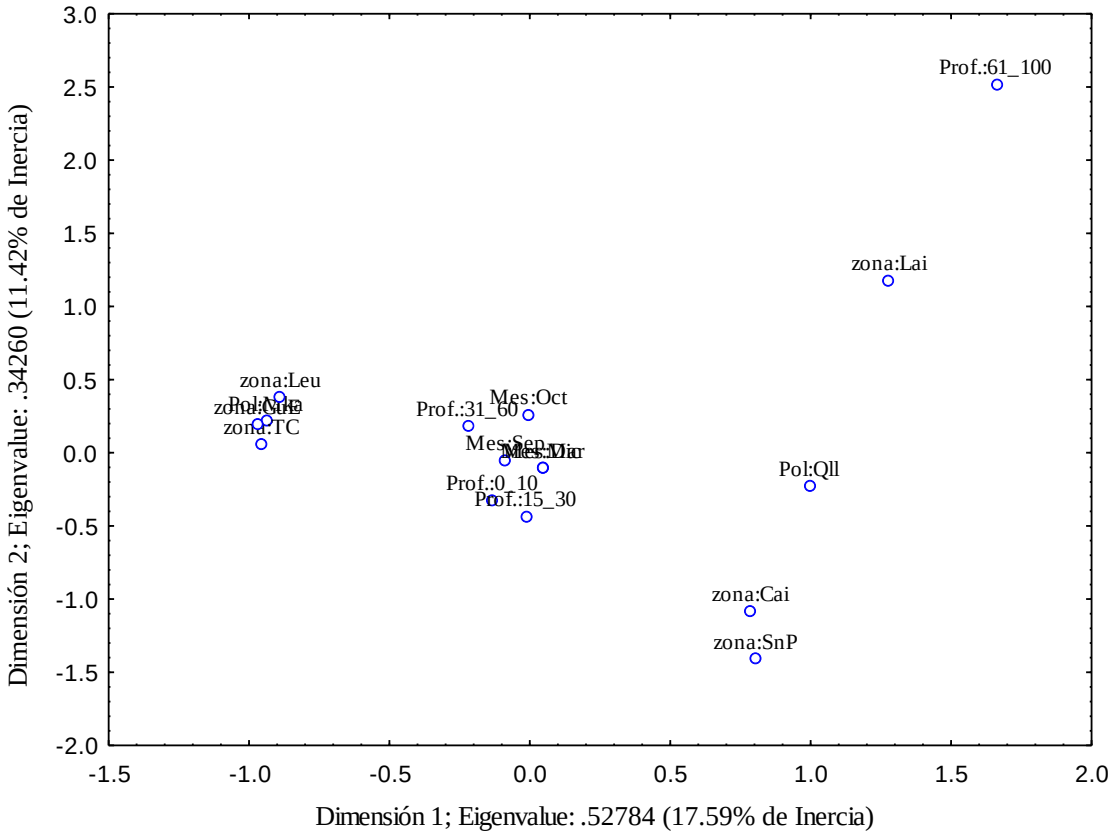
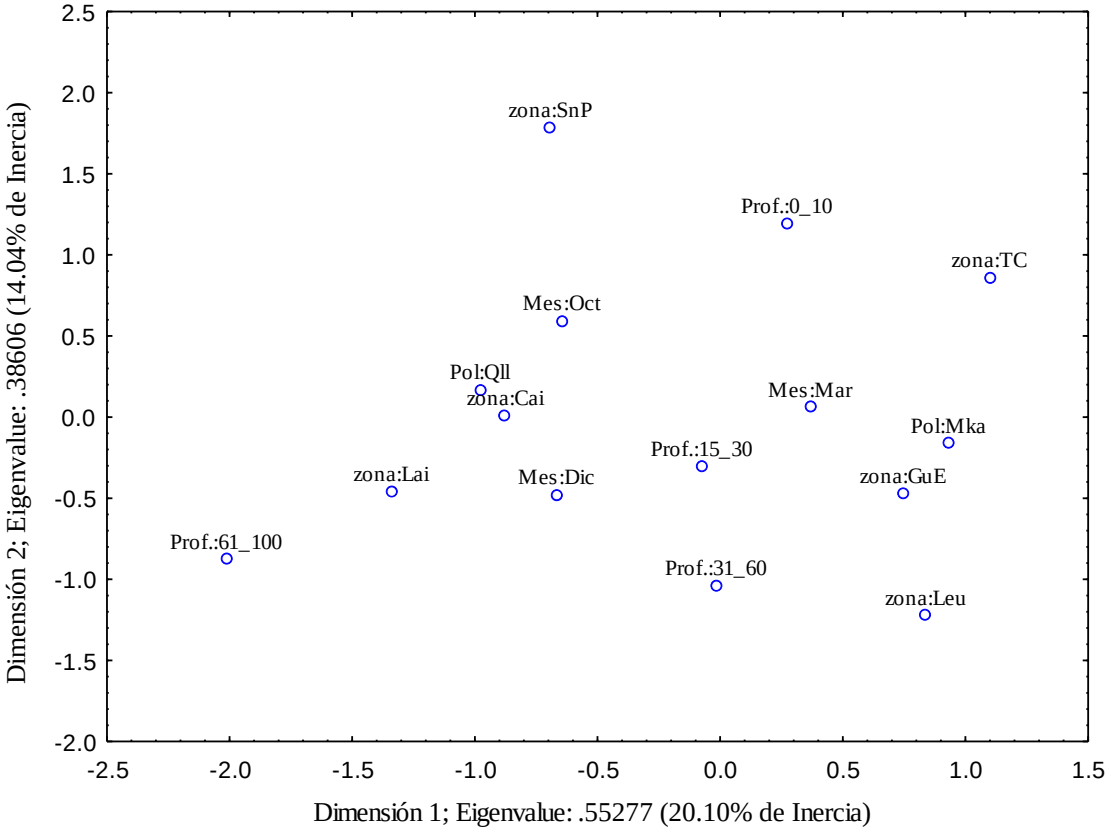


Figura 3.4.2 Análisis de correspondencia Múltiple para Nº de ovocitos:

Se muestra el resultado utilizando las dimensiones 1 y 2, para evaluar los patrones observados en los números de ovocitos desovados por los erizos en las distintas áreas, polígonos, estratos de profundidad y mes.



3.5 Objetivo 5

Socializar los resultados a través de la realización de presentaciones de resultados parciales y resultados finales al Grupo Técnico Asesor (GTA) y a la Comisión del Plan de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de la zona contigua, X y XI regiones (COMPEB).

3.5.1 Antecedentes

La Comisión de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de la Zona Contigua X y XI regiones (COMPEB), es una instancia creada para realizar una asesoría participativa a la Subsecretaría de Pesca, acerca del manejo de las 9 pesquerías incluidas en el Plan de Manejo. A su vez la COMPEB es asesorada por los diferentes Grupos Técnicos Asesores, los que tienen la responsabilidad de asesorar técnica y científicamente a la COMPEB.

En este marco, en diciembre de 2008 se presentó los resultados parciales del proyecto al GTA- erizos. En los resultados presentados se incluyeron alrededor del 70% de las campañas de muestreo de las poblaciones y el 50% de los muestreos reproductivos. Lamentablemente a esa fecha la información estaba aún en etapa de procesamiento por lo que lo que se presentó a la instancia GTA- erizos fueron más bien las tendencias que mostraban los resultados del estudio a esa fecha. Posteriormente, los antecedentes presentados al GTA fueron parcialmente recogidos por esta instancia para ser presentados a la COMPEB, en reunión ordinaria realizada en enero de 2009 en la localidad de Melinka. La presentación generó un amplio y duro debate en ambas instancias, lo que se vio parcialmente reflejado en la discusión para la determinación de la cuota, la insistencia en las medidas de fiscalización y un llamado de atención a la forma en como se estaba desarrollando la Pesca de Investigación, no sólo en cuanto a la consultora, sino también referente a las herramientas que la resolución de Pesca de Investigación le entrega a la consultora para lograr sus objetivos.

Se presentan 2 anexos.

i) Presentación realizada al GTA-erizos

i) Reporte del GTA-erizos para la COMPEB

4 CONCLUSIONES

- En las áreas estudiadas la población se concentra entre 0 y 20 m de profundidad y por lo tanto es absolutamente vulnerable a la pesquería desarrollada por los buzos mariscadores.
- El aporte a la biomasa desovante de los erizos encontrados en estratos profundos aparece como marginal en las áreas muestreadas.
- La estimación del stock muestra que estas áreas no serian capaces de resistir el esfuerzo de pesca que se aplicó sobre ellas durante 2007 y 2008.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agatsuma Y, Ukionataka A, Kifumimatsuyama K, Eiji (2000) Seasonal foraging activity of the sea urchin Strongylocentrotus nudus on coralline flats in Oshoro Bay in south-western Hokkaido, Japan. Fisheries Science 66: 198-203

Andrew NL, Agastsuma Y, Ballesteros E, Bazhin AG, Creaser EP, Barnes DKA, Botsford LW, Bradbury A, Campbell A, Dixon D, Einarsson S, Gerring PK, Herbert K, Hunter M, Hur SB, Johnson PK, Juinio-Meñez MA, Kalvass P, Miller RJ, Moreno CA, Palleiro JS, Rivas D, Robinson SM, Schroeter SC, Steneck RS, Vadas RL, Woodby DA, Xiaoqi Z (2002) Status and management of world sea urchin fisheries. Oceanography and Marine Biology: An annual Review 40: 343-425

Arias E, Barahona N, Jerez G, Lozada E (1995) Monitoreo del recurso erizo en la X y XI región. Informe Final FIP 93-13. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaiso

Arrau L (1958) Desarrollo del erizo comestible en Chile, *Loxechinus albus* (Molina). Revista de Biologia Marina 7: 39-61.

Barahona N, Orensanz JM, Parma AM, Jerez G, Romero C, Miranda H, Zuleta A, Catasti V, Galvez P (2003) Bases Biológicas para la rotación de áreas en el recurso erizo. Proyecto FIP 2000-18. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaiso

Basch L, Tegner MJ (2007) Reproductive responses of Purple sea urchin (*Strongylocentrotus purpuratus*) populations to environmental conditions across a coastal depth gradient. Bulletin of Marine Science 81: 255-282

Bay-Schmith E, Werlinger C, Silva J (1981) Ciclo Anual de reproducción del recurso erizo Loxechinus albus entre la X y XII Región. Universidad de Concepción, Concepción

Botsford LW, Campbell A, Miller R (2004) Biological reference points in the management of North American sea urchin fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 61: 1325-1337

Branch GM, Moreno CA (1994) Intertidal and subtidal grazers. In: Siegfried WR (ed) Rocky shores: Exploitation in Chile and South Africa. Springer-Verlag, Budapest, pp 75-100

Brewin PE, Lamare MD, Keogh JA, Mladenov PV (2000) Reproductive variability over a four-year period in the sea urchin Evechinus chloroticus (Echinoidea : Echinodermata) from differing habitats in New Zealand. Marine Biology 137: 543-557

Bückle F, Guisado C, Cerrano C, Cordova I, Peña L, Vasquez E (1977) Estudio del crecimiento en cautiverio del erizo Loxechinus albus (Molina) en las costas de Valparaíso y Chiloé. Chile.. México. Anales Centro Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autonoma 4: 141:152.

Burdett-Coutts V, Metaxas A (2004) The effect of the quality of food patches on larval vertical distribution of the sea urchins *Lytechinus variegatus* (Lamarck) and *Strongylocentrotus droebachiensis* (Mueller). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 308: 221– 236

Bustos E, Olave S (2001) El cultivo del erizo (*Loxechinus albus*). Instituto de Fomento Pesquero, Puerto Montt

Bustos H, Troncoso R, Valencia J, Reyes A (1987) Repoblación y cultivo de la ostra chilena y del erizo en la isla de Chiloé. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago

Byrne M (1990) Annual Reproductive-Cycles of the Commercial Sea-Urchin Paracentrotus-Lividus from an Exposed Intertidal and a Sheltered Subtidal Habitat on the West-Coast of Ireland. Marine Biology 104: 275-289

Caddy JF (1975) Spatial model for an exploited shellfish population, and its application to the Georges Bank scallop fishery. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 32: 1305-1328

Caddy JF (1989) Recent Developments in research and management for wild stocks of bivalves and gastropods. In: Caddy JF (ed) Marine Invertebrate Fisheries: Their Assesment and Management. Wiley, New York, pp 665-700

Caddy JF, Mahon R (1995) Reference points for fisheries management. FAO, Rome

Campagna S, Lambert J, Archambault P (2005) Abondance et distribution du concombre de mer (*Cucumaria frondosa*) et prises accidentelles obtenues par dragage entre Matane et Cap-Gaspé (Québec) en 2004. Institut Maurice-Lamontagne, Direction Régionale des Sciences Pêches et Océans Canada, Quebec

Crawley JM (2007) The R book. John Wiley & Sons Ltd., London

Dalgaard P (2002) Introductory statistics with R. Springer, Copenhagen

Fairweather PG (1991) Implications of "supply-side ecology" for environmental assessment and management. Tree 31: 60-63

Gage JD, Tyler PA (1985) Growth and recruitment of the deep-sea urchin Echinus affinis. Marine Biology 90: 41-53

Gaines S, Lafferty KD (1995) Modeling the dynamics of marine species: The importance of incorporating larval dispersal. In: McEdward L (ed) Ecology of Marine Invertebrate Larvae. CRC Press, Boca Raton, pp 389-412

Garrido CL, Barber BJ (2001) Effects of temperature and food ration on gonad growth and oogenesis of the green sea urchin, Strongylocentrotus droebachiensis. Marine Biology 138: 447-456

Gebauer P, Moreno CA (1995) Experimental validation of the growth rings of *Loxechinus albus* (Molina, 1872) in the southern Chile (Echinodermata: Echinoidea). Fisheries Research 21: 423-435

Gonor JJ (1972) Gonad growth in the sea urchin, Strongylocentrotus purpuratus (Stimpson) (echinodermata: Echinoidea) and the assumptions of gonad index methods. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 10: 89-103

González J, Stotz W, Garrido J, Orensanz JM, Parma A, Tapia C, Zuleta A (2006) The Chilean TURF system: How is it performing in the case of the loco fishery? Bulletin of Marine Science 78: 499-527

Guisado C (1995) Estrategias de desarrollo larval y ciclo de vida en dos especies de echinoideos regulares del sur de Chile. Tesis de Magister. Facultad de Ciencias, Valdivia

Guisado C, Arias E, Peréz E (1998) Estudio reproductivo del erizo en las regiones I-VIII. Informe Final. Proyecto FIP-IT/96-44. Universidad Católica del NortE, Coquimbo

Guisado C, Castilla JA (1987) Historia de vida, reproducción y avances en el cultivo del erizo comestible chileno *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinoidea: Echinidae). In: Arana P (ed) Manejo y Desarrollo Pesquero. Editorial Universitaria, Valparaiso, pp 59-68

Gutierrez J, Otsu I (1975) Periodicidad en las variaciones biométricas de *Loxechinus albus* Molina. Revista de Biologia Marina 15: 179-199

Hanski I, Gilpin M (1991) Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. Biological journal of the Linnean society 42: 3-16

Hilborn R, Walters CJ (1992) Quantitative fisheries stock assessment choice dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, New York

Holt RD (1985) Population dynamics in two-patch environments: some anomalous consequeces and optimal habitat distribution. Theoretical Population Biology 28: 181-208

Inostroza F, Robotham H, Salas R, Serey R (1983) Cartas de distribución de los recursos bento-demersales de las aguas interiores de la X, XI y XII región. Zona I, II. III, y IV. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaiso

Keats DW, Steele DH, South GR (1984) Depth-dependent reproductive output of the green sea urchin, Strongylocentrotus droebachiensis (O.F. Müller), in relation to the nature and availability of food. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 80: 77-91

Kelly MS, Owen PV, Pantazis P (2001) The commercial potential of the common sea urchin *Echinus esculentus* from the west coast of Scotland. Hydrobiologia 465: 85–94

King CK, Hoegh-Guldberg O, Byrne M (1994) Reproductive cycle of Centrostephanus rodgersii (Echinoidea), with recommendations for the establishment of a sea urchin fishery in New South Wales. Marine Biology 120: 95-106

Kino S, Agatsuma Y (2007) Reproduction of sea urchin *Loxechinus albus* in Chiloé island, Chile. Fisheries Science 73: 1265-1273

Lamare MD, Brewin PE, Barker MF (2002) Reproduction of the sea urchin *Evechinus chlroticus* (Echinodermata: Echinoidea) in a New Zealand fiord. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 36: 719-732

Larraín AP (1975) Los equinoideos regulares fósiles y recientes de Chile. Gayana Zoología 35: 1-188

Lawrence JM (2001) Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. Elsevier, Tampa

Levitan DR (1988) Density-dependent size regulation and negative growth in the sea urchin Diadema antillarum Philippi. Oecologia 76: 627-629

Levitan DR (1991) Influence of Body Size and Population-Density on Fertilization Success and Reproductive Output in a Free-Spawning Invertebrate. Biological Bulletin 181: 261-268

Levitan R, Sewell MA, Chia F (1992) How distribution and abundance influence fertilization success in the sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus*. Ecology 73: 248-254

McBride SC, Price RJ, Tom PD, Lawrence JM, Lawrence AL (2004) Comparison of gonad quality factors: color, hardness and resilience, of *Strongylocentrotus franciscanus* between sea urchins fed prepared feed or algal diets and sea urchins harvested from the Northern California fishery. Aquaculture 233: 405–422

McCullagh P, Nelder JA (1989) Generalized Linear Models, London

Meidel SK, Scheibling RE (1998) Annual reproductive cycle of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, in differing habitats in Nova Scotia, Canada. Marine Biology 131: 461–478

Molinet C, Arevalo A, Barahona N, Ariz L, González J, Matamala M, Henríquez J, Almanza V, Fuentealba M (2008) Diagnostico biologico –pesquero para recursos

bentonicos de la zona contigua, x y xi region. Universidad Austral de Chile, FIP 2005-51, Valdivia

Moreno CA (2003) Plan De Manejo Pesquería Erizo Zona Contigua (X-XI Region). Informe Final. Subsecretaría de Pesca. Universidad Austral de Chile, Valdivia

Moreno CA, Barahona N, Molinet C, Orensanz JML, Parma AM, Zuleta A (2006) From crisis to institutional sustainability in the chilean sea urchin fishery. In: McClanahan TJCC (ed) Fisheries management: progress towards sustainability Blackwell Publishing, Monbasa, pp 43-67

Moreno CA, Zuleta A, Rubilar PS (1996) Investigación complemento pesquería Erizo 1995. Universidad Austral de Chile, Valdivia

Morgan ST (1995) Life and dead in the plankton: larval mortality and adaptation. In: McEdward L (ed) Ecology of marine invertebrate larvae. CRC Press, Boca Raton, FL, pp 279-322

Orensanz JM, Jamieson GS (1998) The assesment and management of spatially structured stocks: an overview of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stocks Assessment and Management. In: Jamieson GS, Campbell A (eds) Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stocks Assessment and Management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. , pp 441-459

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 pp 765-868

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

Pennington JT (1985) The ecology of fertilization of echinoid eggs: The consequences of sperm dilution, adult aggregation, and synchronous spawning. The Biological Bulletin 169: 417-430

Possingham H, Roughgarden J (1990) Spatial population dynamics of marine organism with a complex life cycle. Ecology 7: 973-985

Poulin E, Palma AT, Leiva G, Narvaez D, Pacheco R, Navarrete SA, Castilla JA (2002) Avoiding offshore transport of competent larvae during upwelling events: The case of the gastropod *Concholepas concholepas* in Central Chile. Limnology and Oceanography 47: 1248-1255

Prince JD (2005) Combating the tyranny of scale for haliotids: Micro-management for microstocks. Bulletin of Marine Science 76: 557-577

Pulliam HR (1988) Sources, sinks, and population regulation. American Naturalist 132: 652-661

Ricker WE (1958) Handbook of computations for biological statistics of fish populations. Bulletin of Fisheries Research Board of Canada 119: 1-300

Ricker WE (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of Fisheries Research Board of Canada 191: 1-382

Roughgarden J, Gaines S, Possingham H (1988) Recruitment dynamics in complex life cycles. Science 241: 1460-1466

Roughgarden J, Iwasa Y, Baxter C (1985) Demographic theory for an open marine population with space-limited recruitment. Ecology 66: 54-67

Sarkar D (2008) Lattice: Multivariate data visualization with R. Springer, New York

Schipmann R (1996) Bases biopesqueras para la administración del recurso erizo (Loxechinus albus), (Molina 1782), XI Región, Chile

Senaratna M, Evans LH, Southam L, Tsvetnenko E (2005) Effect of different feed formulations on feed eficiency, gonad yield and gonad quality in the purple sea urchin *Heliocidaris erythrogramma*. Aquaculture Nutrition 11: 199-207

Shanks AL (1995) Mechanisms of cross-shelf dispersal of larval invertebrates and fish. In: McEdward L (ed) Ecology of marine Invertebrate Larvae. CRC Press LLC, Boca Raton, pp 323-368

SHOA (2001) Cartas de Navegación (Sintesis para Estudiantes). Servicio Hidrografico y Oceanografico de la Armada de Chile, Valparaiso

Shpigela M, McBrideb SC, Marcianoa S, Rona S, Ben-Amotzc A (2005) Improving gonad colour and somatic index in the European sea urchin Paracentrotus lividus. Aquaculture 245: 101– 109

Sivertsen K, Hopkins CCE (1995) Demography of the echinoid *Strongylocentrotus droebachiensis* related to biotope in northern Norway. In: Skjoldal HR, Hopkins C, Erikstad KE, Leinaas HP (eds) Ecology in fjord and coastal waters. Amsterdam Elsevier, pp 549–571

Stotz W, González S, López C (1992) Siembra experimental del erizo rojo *Loxechinus albus* (Molina) en la costa expuesta del centro-norte de Chile: efectos del erizo negro *Tetrapygus niger* (Molina) sobre la permanencia y crecimiento de los juveniles. Investigación Pesquera (Chile) 37: 107-117

Stotz W, Valladares C, Pérez E, Marín S (1998) Fallas en el reclutamiento de las poblaciones del erizo rojo *Loxechinus albus* en la XII región: Sus implicancias para la administración del recurso. In: Prat UA (ed) XVIII Congreso de Ciencias del Mar, Iquique, pp 128

SUBPESCA (1995) Documento Tecnico AMERB nº 1 Consideraciones tecnicas para la elaboración de un estudio de situacion base y el plan de manejo y explotacion del area Ministerio de Economia Fomento y Reconstrucción. 15 pp

Vanderklift MA, Kendrick GA (2005) Contrasting influence of sea urchins on attached and drift macroalgae. Marine Ecology Progress Series 299: 101–110

Vazquez J (2001) Ecology of *Loxechinus albus*. In: Lawrence JM (ed) Edible sea urchins: Biology and ecology. Elsevier Science B.V., Tampa, pp 161-175

Vazquez J, Castilla JC, Santelices B (1984) Distributional patterns and diets of four species of sea urchins in giant kelp forest (Macrocystis pyrifera) of Puerto Toro, Navarino Island, Chile. Marine Ecology Progress Series 19: 55-63

Villouta E, Chadderton WL, Pegsley CW, Hay CH (2001) Effects of sea urchin *(Evechinus chloroticus)* grazing in Dusky Sound, Fiordland, New Zealand. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 35: 1007-1024

Wing SR, Gibbs MT, Lamare MD (2003) Reproductive sources and sink within a sea urchin *Evechinus chloroticus,* population of a New Zealand fjord. Marine Ecology Progress Series 248: 109-123

Wing SR, Largier JL, Botsford LW, Quinn JF (1995) Settlement and transport of benthic invertebrates in an intermittent upwelling region. Limnology and Oceanography 40: 316-329

Witman JD (1985) Refuges, Biological Disturbance, and Rocky Subtidal Community Structure in New England. Ecological Monographs 55 421-445

Zamora S, Stotz W (1992) Ciclo reproductivo de Loxechinus albus (Molina 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en Punta Lagunillas, IV región, Coquimbo, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 65: 121-133

Zamora S, Stotz W (1994) Cultivo masivo en laboratorio de juveniles de erizo *Loxechinus albus (*Molina, 1872), (Echinodermata: Echinoidea). Investigación Pesquera (Chile) 38: 37-54

Zar JH (1999) Biostatistical analysis. Prentice Hall, New Jersey

Zuleta A, Molinet C, Rubilar PS, Rosales S, Gili R, Ariz L, Barahona N, Young Z, Ernst B, Orensanz JM, Parma A, Nilsson M (2008) Bases biológicas para la rotación de áreas del recurso erizo, Fase II. Proyecto FIP 2003-13. Universidad Austral de Chile, Puerto Montt

Zuleta A, Moreno CA, Rubilar PS (1994) INVES: evaluacion de stocks y monitoreo de la pesqueria del erizo 1993. Universidad Austral de Chile, Informe Final, Valdivia

Zuleta A, Moreno CA, Vergara L, Rubilar PS (1995) INVES: evaluacion de stocks y modelo de manejo del recurso erizo. Universidad Austral de Chile, Valdivia

6 ANEXOS

ANEXO 1 Taller de análisis de metodologías

ANEXO 2 Resolución Pesca de Investigación

ANEXO 3 Encuestas a buzos mariscadores

ANEXO 4 Respuesta del SHOA a solicitud de información

ANEXO 5 Presentación realizada al GTA-erizos

ANEXO 6 Reporte del GTA-erizos.

ANEXO 1: Taller de Análisis de Metodologías

Primer taller de trabajo

Puerto Montt, 24 de marzo de 2008
Salón Litoral, Hotel Gran pacifico

Participantes:

Carlos Molinet
Carlos Moreno
Alejandra Arévalo
Manuel Díaz
Patricio Díaz
José Codjambassis
Viviana Almanza
Bernardo Bello
Ana Parma (Video conferencia)
Lobo Orensanz (Video conferencia)

Objetivo especifico 1

"Proponer una metodología de trabajo que permita obtener muestras de erizos en el rango batimétrico de 0 a 100 m de profundidad y seleccionar estratos espaciales específicos del hábitat de este recurso y que cubra una escala geográfica representativa de la zona de estudio, donde se aplicarán las metodologías propuestas".

Observación del evaluador 1 en relación a que habría poca representatividad eligiendo "solo 2 polígonos de 10"
Se eligieron estos polígonos por representar el mayor porcentaje de captura del recurso.
Los poligonos 6 y 7 representan el 40% de la captura.

Metodología de muestreo con selección de 6 áreas de muestreo por polígono en cada una de las cuales se seleccionan 3 UM compuestas por 3 segmentos cada una.
Orenzans, plantea que seria mejor llamar UM al segmento de 0,5 m de ancho que recorre el rango batimétrico completo. En otras palabras, en cada polígono se seleccionaran 6 áreas de muestreo con 9 UM cada una.

Objetivo especifico 2

"Estimar la abundancia del stock en el rango batimétrico de 0 a 100 de profundidad en cada una de las zonas propuestas".

Se utilizara la batimetría de cartas SHOA para los polígonos de estudio. Se realizara una exploración preliminar para determinar la topografía y tipo de fondo del área de estudio.

Objetivo especifico 3

"Estimar el potencial reproductivo en el rango batimétrico de estudio (0 y 100 m) en cada uno de estos estratos. Se deberá registrar parámetros biológicos y reproductivos de los erizos a distintas profundidades (e.g. talla, peso, fecundidad, color de la gónada)".

La definición de las áreas de muestreo será dirigida. Se aplicaran encuestas para determinar zonas de mayor probabilidad de encuentro de poblaciones profundas.

Evaluador 1 "El intervalo de muestreo es de 3 meses, lo que parece muy largo"
Ana Parma, propone muestrear solo cuando la gónada está lista para desovar (lechosa) y no cada 3 meses.
Lobo Orenzans: para lo anterior se necesitaría saber o presumir sincronía de las poblaciones profundas y someras. Lo cual no está claro.

Alternativa muestreo cada 2 meses basado en que la caída del IGS demora en recuperarse por lo que se podría detectar en un muestro bimensual. Para evaluar recuperación del IGS usar los datos del IGS de los seguimiento *in situ* y contrastarlos con los datos del proyecto 2003-13.

Carlos Moreno: para la periodicidad de muestreo debe considerarse que una cosa es el desove y otra es el IGS. La recuperación del IGS varía dependiendo de otros procesos como por ejemplo la disponibilidad energética (alimento).

Potencial reproductivo
Carlos Moreno: plantea que es más un concepto que un indicador. Se debe buscar un indicador de cuantitativo del potencial reproductivo.
Lo que interesa para el indicador de potencial reproductivo es el DESOVE. Para esto el IGS no es suficiente. En contexto de poblaciones fuentes y sumideros lo que interesa es determinar cuantos de los óvulos y espermios producidos, son capaces de generar individuos que reclutarán en otros ambientes.
Una alternativa podría ser la inducción del desove y cultivo de fases tempranas de desarrollo de *L. albus* (Morula), evaluando la existencia de diferencias entre erizos someros y profundos.

Objetivo especifico 4

"**Comparar las abundancias y el potencial reproductivo por áreas de estudio y rango batimétrico (0 a 100 m)".**

Ana Parma: respecto de la densidad no se consideran estratos fijos, pero si para la distribución de las abundancias. Para estimar relación de la abundancia con el gradiente de profundidad usar un GAM que es un modelo más flexible y tiene una función suvizante.

Socializar los resultados a través de la realización de presentaciones de resultados parciales y resultados finales al Grupo Técnico Asesor (GTA) y a la Comisión del Plan de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de la zona contigua, X y XI regiones (COMPEB).

Segundo taller de trabajo

Valdivia, 5-6 de mayo de 2009
Instituto de Ecología y Evolución,
Universidad Austral de Chile

Participantes:

Carlos Moreno
Alejandra Arévalo
Paulina Gebauer
Manira Matamala
Jorge Henríquez
Nancy Barahona
Carlos Molinet
Manuel Diaz
José Codjambassis

Martes 5 de mayo de 2009

Presentación objetivo 2

La hipótesis original del proyecto plantea la posible existencia de poblaciones profundas (fuente) y poblaciones sumidero (someras). Carlos Moreno aclara que es una adaptación de la teoría original de fuente sumidero ya que las poblaciones someras serian un sumidero por acción de la pesca que las cosecha antes de la reproducción.

Se propone, para cada estrato y estación, aclarar los conceptos:

Área total
Área apta o susceptible
Área efectiva o con presencia

Aclarar además que para el estrato 1 del polígono 7 es lo mismo Área apta y área efectiva.

Aclarar conceptos, referirse a DISTRIBUCION AGREGADA para los erizos del polígono 6.

Corregir los gráficos de estructura de talla:

Agregar el n en los gráficos.
Modificar la escala del eje x

Introducir la talla de primera captura.

Son vulnerables los erizos del estrato 1 y 2.
Cambiar Guaitecas N por Guaitecas E.

Nancy explica que no vale la pena hacer la comparación con los resultados de la PINV ya que este proyecto no tiene que ver con manejo.

Clarificar y unificar los conceptos de polígono, estación, muestra estrato.

Agregar una figura con densidades por sitio. Relacionar los resultados del polígono 7 con el área exclusiva de Guaitecas.

Introducir un mapa a mayor escala que muestre las derivas de la cámara, VRS o buceo en una estación.

Corregir los estratos en función de las mareas.

6 de mayo de 2009

Presentación Objetivo 3

Cambiar en todos los gráficos longitud de testa a diámetro de testa

Realizar los gráficos de IGS e IGD para cada muestreo.

Revisar los datos de IGS mensual quellon 16-30 m hay un outlayer en 0.

Aclarar los N del IGS

Aclarar que las estructuras de tallas de este objetivo son de la muestra obtenida por buzo o rastra, y que el estrato 1 y 2 esta sesgado por el muestreo ya que se necesitaban erizos grandes. Se propone llevar la estructura de tallas encontrada en la evaluación de Stock a este objetivo.

Nancy los estados de madurez no iguales para todos los erizos de un sitio.

Estado de madurez cambiar a enero 2009 y marzo 2009 agregar los n en cada grafico.

Para Carlos Moreno el estado de madurez muestra parches que son asincrónicos en su madurez.

Se discute si para fecundidad potencial es mejor utilizar los datos de Noviembre o de Marzo

Noviembre ya que esta descrito como una época de desove, sin embargo tiene un IGS bajo.

Marzo es el mes con mayor IGS en que se obtuvo resultados en el desove. Sin embargo, existe evidencia de que esta madurez es artificial ya que se utiliza como reserva de energía y no termina en desove.

Como se explica los números del desove que no parecen ajustarse al IGS ni a la talla ni al EMS.

Paulina plantea usar los datos de noviembre, esto solo si El IGs de noviembre es significativamente diferente al de Enero.

Corregir gráficos finales que son muy chicos.
Leer Arrau para entender la reabsorción

IMPORTANTE

Carlos moreno plantea que los datos son claros pero que en algún sentido son débiles ya que no se capturo el desove ni el ciclo reproductivo completo.

A RESALTAR.

La distribución es agregada en el polígono 6.

La producción de huevos es claramente mayor en el estrato1y 2 que en el 3 y 4.

Es importante estudiar como la disponibilidad de alimento afecta la reproducción.

Es necesaria una red de estaciones fijas que provean información para el manejo.

ANEXO 2: Resolución Pesca de Investigación

MINISTERIO DE ECONOMIA
FOMENTO Y RECONSTRUCCION
SUBSECRETARIA DE PESCA
URB/ PINV 129/2008 (SUBPESCA)

AUTORIZA A LA UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE PARA REALIZAR PESCA DE INVESTIGACION QUE INDICA

VALPARAISO, 10 SEP 2008

R. EX. Nº 2399

VISTO: Lo solicitado por la Universidad Austral de Chile, mediante C.I. SUBPESCA N° 4012 de 2008; lo informado por la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría en Informe Técnico (P.INV.) N° 129/2008, contenido en Memorándum Técnico (P.INV.) Nº 129/2008, de fecha 3 de septiembre de 2008; los Términos Técnicos de Referencia que forman parte del Proyecto FIP N° 2007-44: ***"Estudio de poblaciones fuente (profundas) y flujo de dispersión larvaria y reclutamiento de erizos de la XI Región (Fase I)"***, elaborados por la peticionaria y aprobados por esta Subsecretaría de Pesca; lo dispuesto en el D.F.L. Nº 5, de 1983; la Ley General de Pesca y Acuicultura N° 18.892 y sus modificaciones cuyo texto refundido fue fijado por el D.S. Nº 430, de 1991, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción; la Ley Nº 19.880; los D.S. Nº 291 de 1987 y Nº 461 de 1995, y el Decreto Exento N° 398 de 2008, todos del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

RESUELVO:

1.- Autorízase a Universidad Austral de Chile, R.U.T. Nº 81.380.500-6, con domicilio postal en Independencia N° 641, Valdivia, para efectuar una pesca de investigación de conformidad con los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto FIP N° 2007-44: ***"Estudio de poblaciones fuente (profundas) y flujo de dispersión larvaria y reclutamiento de erizos de la XI Región (Fase I)"***, elaborados por la peticionaria y aprobados por esta Subsecretaría de Pesca, los que se consideran parte integrante de la presente Resolución.

2.- El objetivo de la pesca de investigación que por la presente resolución se autoriza consiste en determinar la distribución y abundancia de erizos ***Loxechinus albus,*** en un rango batimétrico de 0 a 100 metros de profundidad, y su potencial reproductivo en zonas de extracción de la zona contigua de la X y XI Región.

3.- La pesca de investigación se efectuará desde la fecha de la presente resolución y hasta el 31 de diciembre de 2008, en el área marítima de la X y XI Regiones, incluyendo la zona contigua, en un sector comprendido entre los 42° y 45° L.S. y los 72° y 75° LW, desde los 0 a 100 metros de profundidad.

4.- En cumplimiento del objetivo de la presente investigación, la peticionaria podrá extraer, con devolución, mediante buceo autónomo y rastra de cadena de barrido, según lo indicado por el Informe Técnico citado en Visto, 500 kilogramos del recurso erizo ***Loxechinus albus***, de todo rango de tallas poblacional, para su muestreo en tierra. Los individuos capturados deberán ser devueltos vivos al mar una vez finalizadas las actividades de estudio.

Sin perjuicio de lo anterior, la peticionaria podrá extraer, sin devolución, y de la forma ya indicada, 500 kilogramos del recurso erizo ***Loxechinus albus***, de todo el rango de tallas poblacional, los cuales se imputarán a la cuota de captura del recurso establecida mediante Decreto Exento Nº 398 de 2008, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 100 de la Ley General de Pesca y Acuicultura.

5.- Para efectos de la presente pesca de investigación, se exceptúa a la peticionaria del cumplimiento de las medidas de administración establecidas para la especie objeto del presente estudio, en conformidad con la normativa vigente, y en especial de la talla mínima de extracción establecida mediante Decreto Supremo Nº 291 de 1987, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

6.- La peticionaria deberá informar a la oficina del Servicio Nacional de Pesca que corresponda, con a lo menos 24 horas de anticipación, los días programados para el muestreo, el personal asignado a la ejecución del muestreo, la localización geográfica específica del sitio de muestreo y extracción y la cantidad de recurso capturado por periodo de muestreo.

7.- La solicitante deberá entregar a la Subsecretaría de Pesca un informe de los resultados de la pesca de investigación autorizada, dentro de los treinta días siguientes a la finalización de la misma.

8.- La peticionaria designa como persona responsable de esta pesca de investigación, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 102 del D.S. Nº 430 de 1991, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, a don Carlos Molinet Flores, con domicilio en Los Pinos s/n, Balneario Pelluco, Puerto Montt.

9.- La presente resolución debera publicarse en extracto en el Diario Oficial, por cuenta de la interesada, dentro del plazo de 30 días hábiles contados desde su fecha quedando sin efecto de no publicarse en el plazo señalado.

10.- Esta autorización es intransferible y no podrá ser objeto de negociación alguna.

11.- La solicitante deberá dar cumplimiento a las obligaciones establecidas en los D.S. Nº 430 de 1991 y Nº 461 de 1995, ambos del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, sin perjuicio del cumplimiento de las obligaciones que se establecen en la presente Resolución. El incumplimiento hará incurrir al titular en el término inmediato de la pesca de investigación sin que sea necesario formalizarlo.

12.- La presente autorización es sin perjuicio de las que corresponda conferir a otras autoridades, de acuerdo a las disposiciones legales y reglamentarias vigentes o que se establezcan.

13.- La infracción a las disposiciones legales y reglamentarias sobre pesca de investigación, será sancionada con las penas y conforme al procedimiento establecido en la Ley General de Pesca y Acuicultura.

14.- El Servicio Nacional de Pesca deberá adoptar las medidas y efectuar los controles que sea necesarios para lograr un efectivo cumplimiento de las disposiciones de la presente resolución.

15.- La presente Resolución podrá ser impugnada por la interposición del recurso de reposición contemplado en el artículo 59 de la ley 19.880. ante esta misma Subsecretaría y dentro del plazo de 5 días hábiles contados desde la respectiva notificación, sin perjuicio de la aclaración del acto dispuesta en el artículo 62 del citado cuerpo legal y de las demás acciones y recursos que correspondan de acuerdo a la normativa vigente.

16.- Transcríbase copia de esta Resolución y del Informe Técnico citado en Visto, a la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, al Servicio Nacional de Pesca y a la peticionaria.

ANOTESE, NOTIFIQUESE POR CARTA CERTIFICADA Y PUBLIQUESE EN EXTRACTO EN EL DIARIO OFICIAL POR CUENTA DE LA INTERESADA.

(Firmado) JORGE CHOCAIR SANTIBAÑEZ, SUBSECRETARIO DE PESCA

Lo que transcribo a Ud., para su conocimiento.

Saluda atentamente a Ud.,

JOSE SALOMON SILVA
Jefe Departamento Administrativo

ANEXO 3: Encuestas a buzos mariscadores

PROYECTO FIP 2007 – 44.
"Estudio de poblaciones fuente (profundas) y flujo de dispersión larvaria y reclutamiento de erizos en la XI región (Fase I)"

ENCUESTA
NIVEL: BUZOS, TRIPULANTES, PATRONES.

FECHA			08	ENCUESTADOR:

I. INFORMACION GENERAL

Nombre y Apellidos ENCUESTADO	edad	PUERTO DE DESEMBARQUE

1. Ha trabajado alguna vez en la pesquería del erizo.

☐ Si	☐ No

Si la respuesta es Si, ¿Hace cuantos años atrás?

☐ Mas de 10 años.	☐ Entre 1 y cinco años atrás.
☐ Entre 5 y 10 años.	☐ Trabajo actualmente.

2. Con que frecuencia trabajó o trabaja.

☐ Todos los años	☐ solo trabaje un año
☐ Año por medio	☐ Otra (Especificar):

3. ¿Cuál es o fue su rol en la embarcación?

☐ Tripulante	☐ Patrón de Embarcación
☐ Buzo	☐ Otra (Especificar):

II. PREGUNTAS SOBRE LA EMBARCACION Y EQUIPAMIENTO EN LA QUE SE TRABAJA:

2. Nombre y Matrícula de su embarcación:

NOMBRE:
MATRICULA:

III. PREGUNTAS LA EXTRACCION DEL RECURSO ERIZO :

1. Acerca de la extracción de erizo, muestre en el mapa adjunto los sitios donde usualmente extrae erizo.

De los sitios mostrados indique el nombre y la profundidad aproximada de e xtracción.

Nº	Nombre banco	Profundidad	Nº	Nombre banco	Profundidad
1			10		
2			11		
3			12		
4			13		
5			14		
6			15		
7			16		
8			17		
9			18		

2. Conoce Ud de la existencia de lugares en que se encuentre erizo en profundidad

☐ Si	☐ No

Si la respuesta es Si, indique la posición en el mapa adjunto y el nombre y profundidad en la tabla.

Nº	Nombre banco	Profundidad	Nº	Nombre banco	Profundidad
I			VIII		
II			IX		
III			X		
IV			XI		
V			XII		
VI			XIII		
VII			XIV		

3. Ha extraído erizo en zonas profundas.

☐ Si	☐ No

Si la respuesta es Si, muestre la posición en el mapa adjunto y los nombres y profundidad en la tabla.

Nº	Nombre banco	Profundidad	Nº	Nombre banco	Profundidad

A			H		
B			I		
C			J		
D			K		
E			L		
F			M		
G			N		

ANEXO 4: Respuesta del SHOA a solicitud de informar

From: "Roldan, Domingo - Jefe Dpto. Servicios a Terceros" <droldan@shoa.cl>
To: cmolinet@uach.cl
Cc: "Naredo, Eduardo - Secretario Dpto. Servicios a Terceros - TER" <serviciosaterceros2@shoa.cl>,
"Kaiser, Karim - Jefe Division Oceanografia - TER" <kkaiser@shoa.cl>
Date: Thu, 9 Apr 2009 11:26:19 -0400
Subject: Solicitud
X-Mailer: Internet Mail Service (5.5.2653.19)
X-UACh-MailScanner-Information: Please contact the ISP for more information
X-UACh-MailScanner: Found to be clean
X-UACh-MailScanner-SpamScore: s
X-UACh-MailScanner-From: droldan@shoa.cl
X-Spam-Status: No

Señor
Carlos Molinet Flores
Universidad Austral de Chile

De mi consideración:

En respuesta a su solicitud enviada por correo electrónico al CENDHOC, mediante el cual solicita información batimétrica y tipo de sustrato ascociado a las Cartas Náuticas señaladas en el Formulario de Solicitud adjunto, lamento informar a Ud. que este Servicio no dispone de información digital y tipo de sustrato correspondiente a dichas cartas.

No obstante lo anterior, informo a Ud. los precios de las Cartas Náuticas impresas y que se indican a continuación, las cuales puede adquirirlas en nuestra Sala de Venta ubicada en Angelmó Nº 2250, Puerto Montt, Fono: 65-277300:
Carta Náutica N° 7430 $ 13.000
Carta Náutica N° 7431 $ 1.650
Carta Náutica N° 7432 $ 13.000
Carta Náutica N° 7440 $ 13.000
Carta Náutica N° 8100 $ 2.800
Carta Náutica N° 8111 $ 13.000

Saluda atentamente a Ud.,

Capitán de Fragata (R) Domingo Roldán Saelzer

Jefe de Servicios a Terceros

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile

Teléfono: 56-32-2266512 / Fax: 56-32-2266527 / droldan@shoa.cl

Errázuriz 254, Playa Ancha, Valparaíso, Chile. http://www.shoa.mil.cl

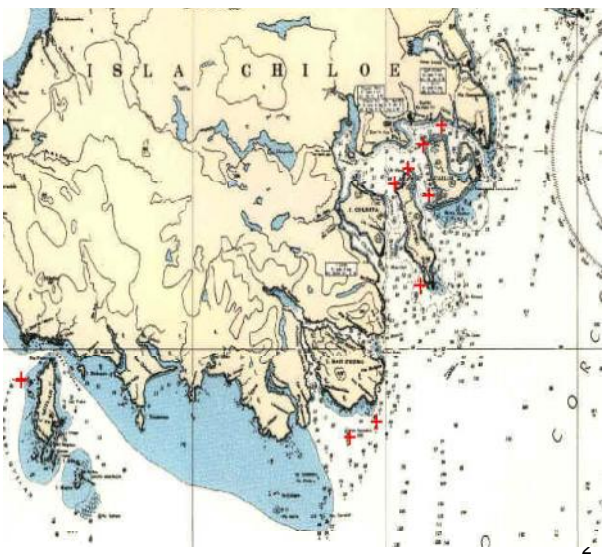
Proyecto FIP 2007-44

Aproximación metodológica

- Identificacion y busqueda dirigida de parches de erizo

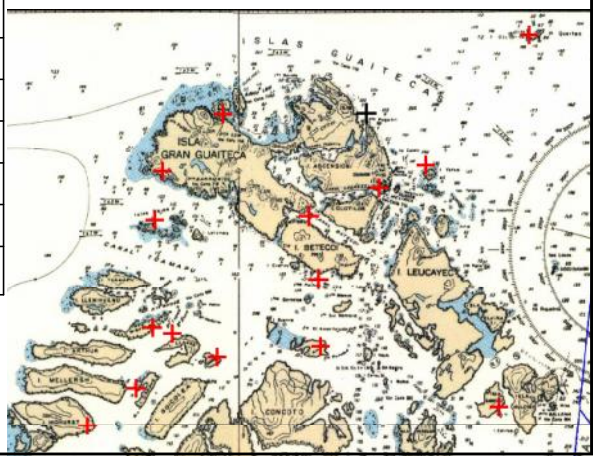
Nombre sitio	Frecuencia de aparición	Prof- prom
Cailin NW	5	40
Cailin SW	1	30
Canal chacao	3	55
Corcovado	4	30
Guaquipilan	1	25
Laitec N	1	38
Laitec NW	2	32
Laitec SW	7	42
Quellon	4	35
San Pedro S	2	40
Islotes guamblin	3	40

Encuestas Quellon



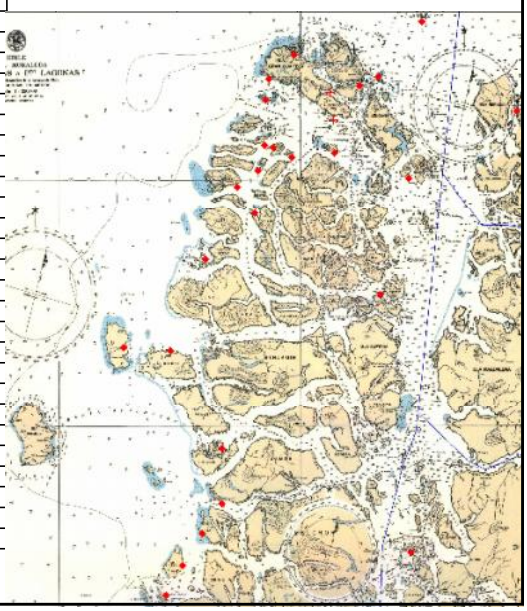
Encuestas Melinka

bancos	frecuencia de aparicion	prof promedio	prof-max	prof-min
canal cuervo	15	40	45	35
isla amita	5	28	40	18
isla ascension	4	35	45	18
isla clotilde	4	38	40	35
isla mercedes	4	41	45	35
canal cuervo	2	37	37	37
isla yack	2	30	35	25
islas peligroso	2	23	25	20
canal leucayec	1	30	40	30
Canal puquitin	1	20	20	20
isla amortajado	1	25	25	25



PROCEDENCIAS IFOP

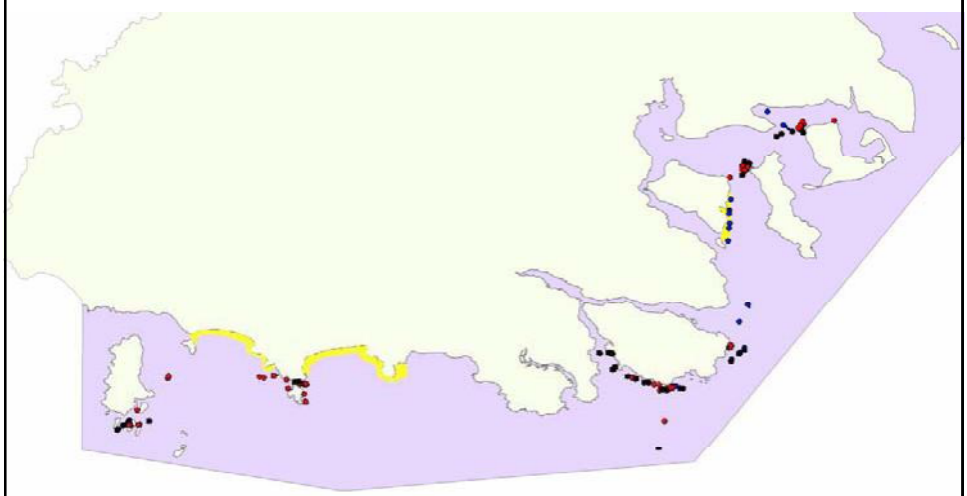
procedencia	prof prom	prof-max	prof min	frec
Isla Cailin	24	50	3	108
Barra Chiguao	11	48	2	264
Isla Laitec	13	46	0	982
El Pinto	13	40	0	278
Piedra Lile	32	40	15	4
Punta Concha	40	40	40	1
Punta Paula	20	40	2	52
Canal Yelcho	10	35	2	339
Isla Midhurst	8	35	0	6
Isla San Pedro	10	35	2	244
Isla Mauchil	10	34	2	80
Isla Chaullin	17	30	10	5
San Antonio	27	30	25	3
Punta Lapa	19	28	8	3
Ayentema	11	25	2	19
Bajos Chochy	10	20	3	32
Corcovado	11	20	4	29
Isla Guapiquilan	8	20	0	39
Puerto Barrientos	8	18	4	9
Punta Pelu	12	18	7	3
Bahia Low	8	15	0	3
Encolma	12	15	8	2
Oqueldan	15	15	15	1
Quellon Viejo	13	15	10	3
Asasao	8	12	6	6
Isla Coldita	10	12	5	7
Isla Guafo	8	12	0	17
Isla Queitao	12	12	12	1
Chilcol	10	10	10	1
Estero Yaldad	10	10	9	4
Huelpun	10	10	10	1



RESULTADOS PRELIMINARES

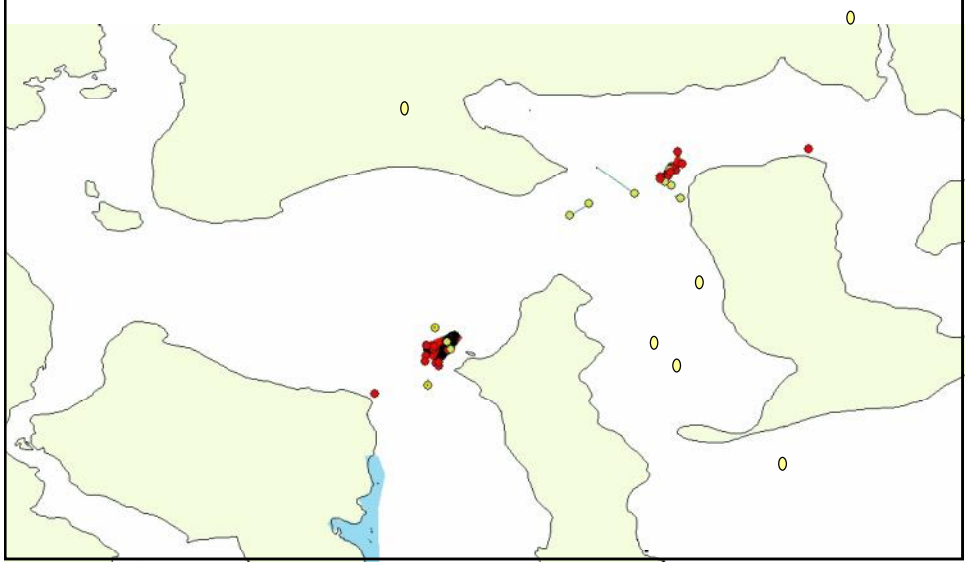
	Estratos	Puntos visitados	Distancia recorrida (m)
Quellón	0-15 m	57	5700
	16-30 m	18	1800
	31-60 m	53	5300
	> 60 m	11	1100
total		**139**	**13900**
Melinka	0-15 m	38	3800
	16-30 m	18	1800
	31-60 m	29	2900
	> 60 m	14	1400
total		**99**	**9900**

POLIGONO 6



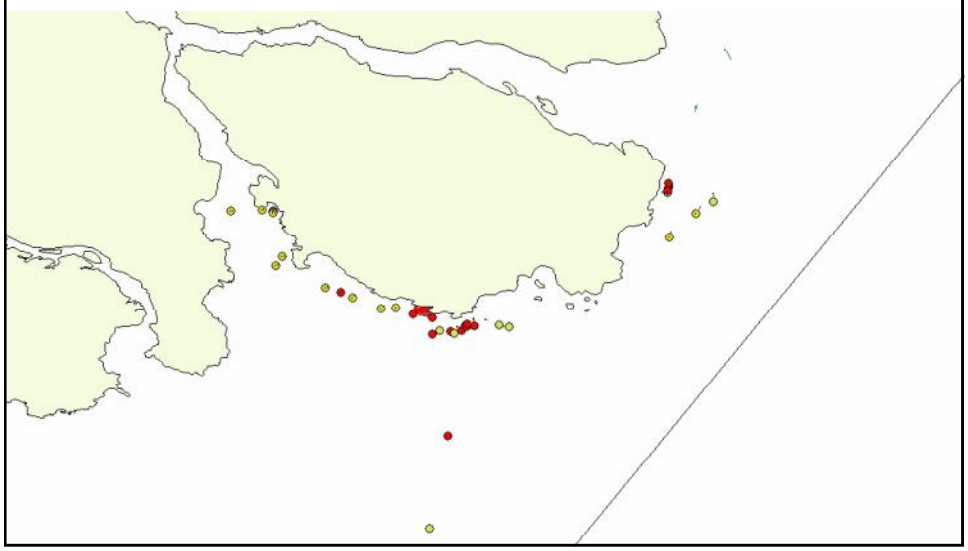
SECTOR QUELLON

Desembarque registrado 500.000 t



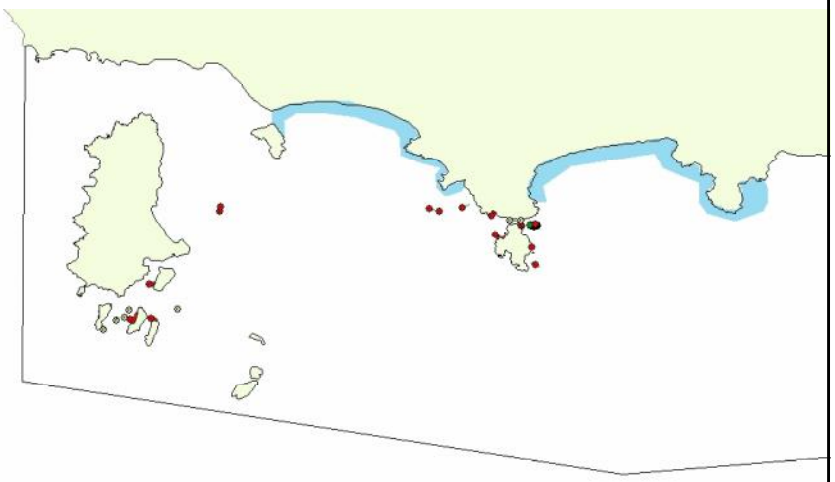
SAN PEDRO

Desembarque registrado 1780 tons

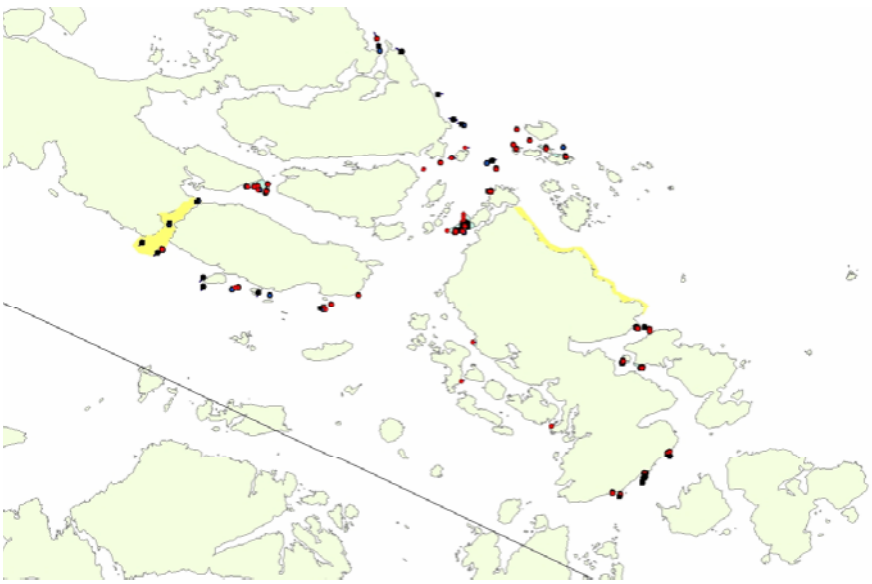


INIO GUAPIQUILAN

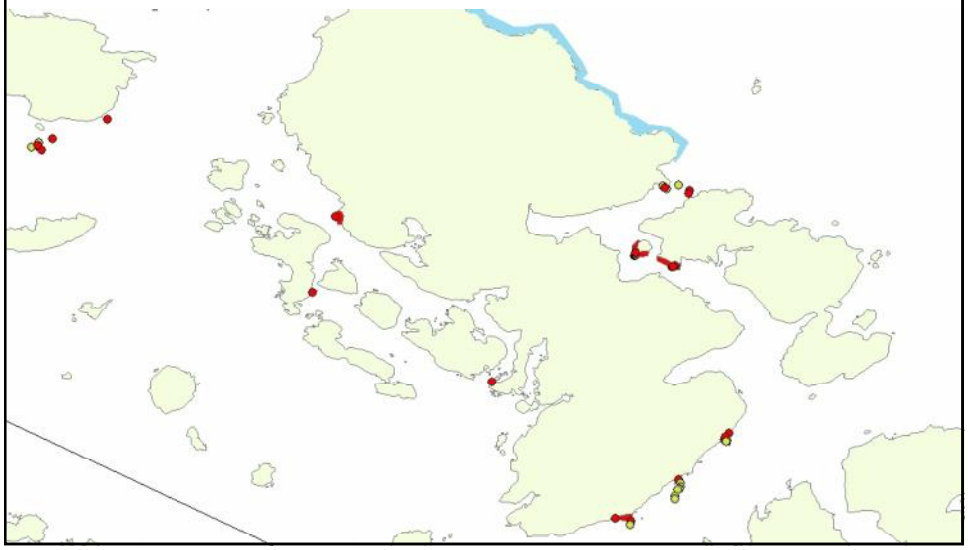
Desembarque registrado 1.326 t.



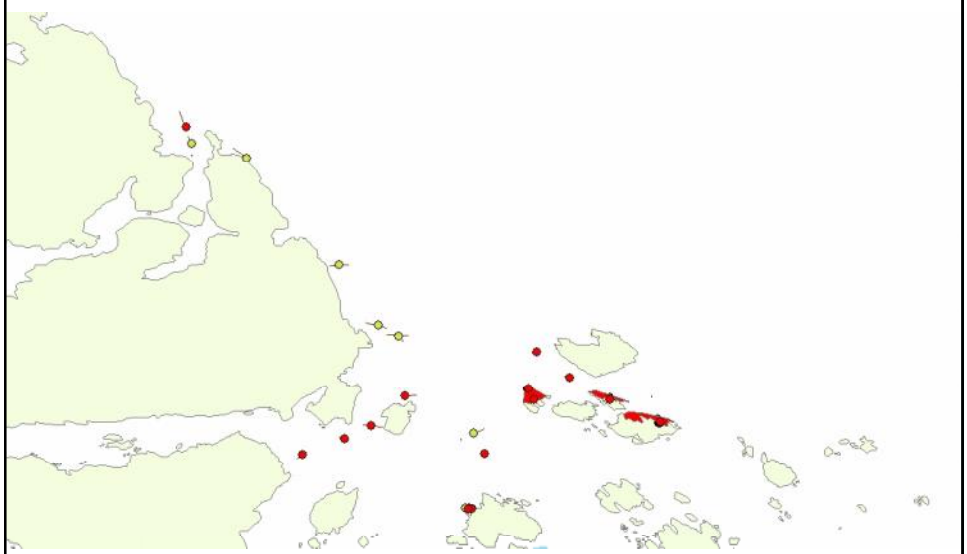
POLIGONO 7

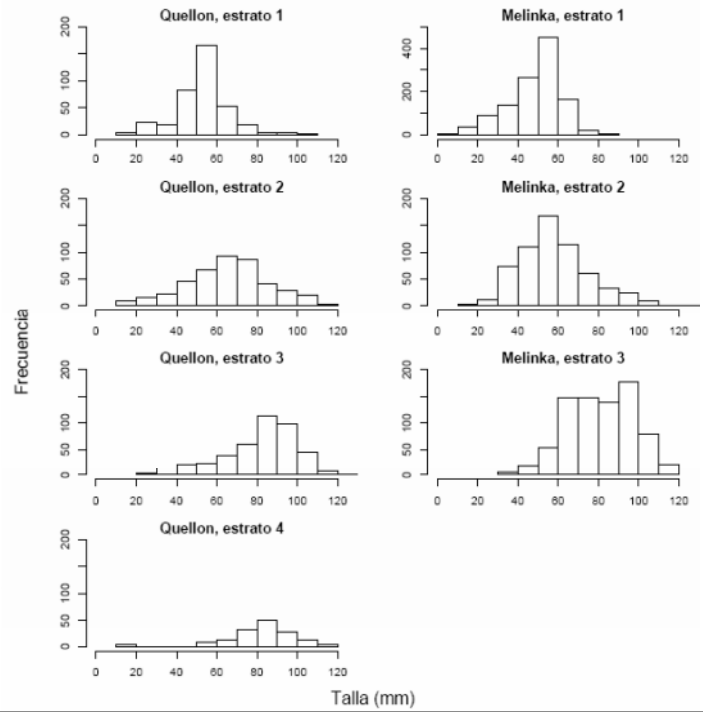


LEUCAYEC



PELIGROSO





LAS MEJORES IMAGENES

POLIGONO 6 ESTRATO 1

POLIGONO 6 ESTRATO 2

POLIGONO 6 ESTRATO 3

POLIGONO 6 ESTRATO 4

POLIGONO 7 ESTRAT0 1

POLIGONO 7 ESTRATO 2

POLIGONO 7 ESTRATO 3

POLIGONO 7 ESTRATO 4

Sintesis

- Explorados 140 puntos de muestreo en el **polígono 6** sólo se han registrado 3 parches de erizo entre 0 y 15 m de profundidad con tallas que oscilan entre 20 y 50 mm
- Se encontró erizos en los estratos profundos en muy baja densidad, excepto en un área.
- Los resultados encontrados en el estudio se contradicen con las alrededor de 4.000 t que fueron registradas por Pupelde para el año 2008 (similar a lo observado entre 2005-2007)
- Explorados alrededor de 100 puntos de muestreo en el **polígono 7** se registraron varios parches (más de 15) en áreas relativamente extensas pero sólo en el estrato entre 0 y 10 m de profundidad
- Sectores con erizo bajo 15 m de profundidad fueron escasos observándose una densidad decreciente hasta 80 m (1 erizo cada 10 a 40 m de arrastre de camara)

- De la estructura de tallas se observó que erizos más pequeños se encontraron en el estrato de 0 a 15 m y en estratos más profundos sólo se observaron erizos de longitud mayor de 50 mm.
- Se espera que la evaluación de stock de los parches y áreas evaluadas pueda estar disponible en marzo debido a la gran cantidad de imágenes que se deben analizar.
- Las imágenes recolectadas en este proyecto estarán disponibles para todos interesados, previa visto bueno del FIP.

REPORTE REUNION GTA ERIZO
19 DE DICIEMBRE DE 2008

REPORTE

Asistentes
Jorge Aranguiz: Fed. Pescadores de Chonchi
Jorge Guerra: Subpesca, sectorialista de recursos bentónicos.
Carlos Molinet: Coordinador (s) de GTA erizo
Nancy Barahona: IFOP
Héctor Morales: Presidente de Federación de Pescadores
Manira Matamala: Consultora Pupelde
Juan Gutiérrez: Consultora Pupelde
Oscar Chang: Asesor de Fepasur
Claudia Meneses: Reemplazante de asesor de Fepasur Quellón
Jaime Molina: Sernapesca X Región
Gonzalo Pizarro: Sernapesca XI Región.
Gonzalo Covarrubias: Representante Industria
Guillermo Roa: Representante Industria

Se disculpa mediante carta el Dr. Moreno y asume la coordinación interina Dn Carlos Molinet.

Tabla

1. Revisión últimas recomendaciones realizadas a la COMPEB y recuento de actividades no realizadas por falta de financiamiento.
2. Resultados de la pesquería e investigación del año 2008
3. Discusión
4. Propuestas a la Compeb

1. **Revisión últimas recomendaciones realizadas a la COMPEB y recuento de actividades no realizadas por falta de financiamiento.**

Recomendaciones hechas el año 2007 para el funcionamiento del año 2008.

- Considerando los antecedentes presentados se recomienda revisar el polígono del plan de manejo, ya que aunque el Plan de Manejo se encontraría en la etapa 1 de aplicación, la pesca de investigación se realiza sobre un área diferente. Se recomienda Evaluar implementación de etapa 2.
- Aprobar el Plan de Trabajo 2008, considerando el financiamiento de este a fin de promover el buen funcionamiento del GTA.
- Aprobar la evaluación y elaboración de una propuesta u hoja de ruta, por los GTA, para que el Plan de Manejo entre régimen.

- Aprobar la realización de GTAs plenarios, que reúna a todos los grupos técnicos, en lo posible previo a cada reunión de COMPEB para estandarizar criterios técnicos y científicos.
- Que la temporada de la pesquería del erizo 2008 se inicie junto con la pesca de investigación, extendiendo el periodo de vigencia de la veda biológica para la X y XI regiones, lo que debería repetirse en caso de continuar con este régimen en 2009.
- La Resolución de Pesca de Investigación 2008 debiera hacer exigible que toda lancha acarreadora deberá implementar un sistema de posicionamiento satelital para ingresar a la pesca de investigación. Los sistemas de GPS debieran ser los sugeridos por consultora Pupelde (Tiempo real, Telefónico).
- Se propone aprobar evaluar el financiamiento de la implementación preliminar de la red de monitoreo poblacional a través de las opciones a) Seguimiento bentónico, b) pesca de investigación 2008, c) recursos Subpesca.

Estos temas no fueron recogidos entre los acuerdos de la COMPEB, o al menos no mostraron avance durante 2008 por lo que se solicitará nuevamente un pronunciamiento.

2. Resultados de la pesquería e investigación del año 2008

2.1 Pesca de investigación

Se realiza revisión de los resultados de la pesquería del año 2007, destacándose principalmente el retraso en el inicio de la pesca de investigación (25 de Abril), los valores alcanzados de los indicadores de (Fig. 5 a 9, presentación adjunta en PDF):

a) Porcentaje de la captura BTML de 70 mm: 61%
b) Longitud media de la captura: 69,3 mm
c) Captura en toneladas: toneladas: 16.470 toneladas
d) Captura en número: 134 millones de erizos

Nuevamente el polígono 6 (Quellón) es el que más contribuyó al desembarque
El esfuerzo consignado como el Nº de buzos (459 buzos) registrado por Consultora Pupelde disminuyó a una taza de 20% respecto al año 2007. Esto se contradice con el esfuerzo registrado por IFOP (869 buzos) en los mismos polígonos durante el mismo periodo (Fig. 10).

La CPUE estimada con los registros de la pesca de investigación es alta (entre 150 a 200 Kg/buzo/hora), lo que es mucho mayor que lo reportado en los registros de IFOP en prácticamente toda el área de estudio, existiendo diferencias de más de 100% en algunos casos (Fig. 13). Esto ya había sido

informado en reportes anteriores con información entregada por la consultora Pupelde, sin embargo, los datos corresponden al resultado del monitoreo de todo el periodo en todas las áreas de muestreo. Las diferencias más importantes se observan en el poligono 6, donde la CPUE de PI es de más de 200 Kg/buzo/hora, mientras que los registros de IFOP sólo indican alrededor de 50 Kg/buzo/hora.
La estructura de talla por polígono muestra una "compresión" de la captura entre 60 y menos de 70 mm, con aumento significativo de los individuos bajo 70 mm.
La talla media de los erizos fue levemente inferior a la talla media observada durante 2007.

2.2 Investigación

Se muestran los resultados del proyecto FIP 2007-44 "Estudio de poblaciones fuente (profundas) y flujo de dispersión larvaria y reclutamiento de erizos en la XI región (Fase I)" cuyo objetivo general es Determinar la distribución y abundancia de erizos (Loxechinus albus) en un rango batimétrico de 0 a 100 m de profundidad y su potencial reproductivo en zonas de extracción de la zona contigua de la X y XI regiones.

Se resumen la metodología aplicada en las prospecciones, la cual consistió en realizar barridos de transectas en 4 estratos de profundidad (0-15; 15-30; 30-60; 60-100m) utilizando cámaras de video submarina y un vehículo remoto submarino.
El área de estudio abarca zonas en los polígonos 6 y 7, los cuales fueron elegidos debido a que en su conjunto alcanzan el 45 % del desembarque total de erizos (X y XI regiones en conjunto). Los lugares al interior de estos fueron seleccionados a través de consultas directas y de encuestas a pescadores artesanales (Fig. 21 a 23).

Los resultados preliminares indican que:

- Existen amplias zonas con sustrato apto para el erizo, sin embargo, la densidad encontrada es baja en la mayoría de los estratos: en el **polígono 6** se registran sólo 3 parches en el primer estrato (0-15m) con tallas pequeñas entre los 20 y 50mm. En el **polígono 7** existe mayor número de parches, pero estos se concentran entre los 0 y 10 metros de profundidad
- La densidad de los estratos profundos es muy baja a excepción de un área. Sectores con erizo bajo 15 m de profundidad fueron escasos observándose una densidad decreciente hasta 80 m (1 erizo cada 10 a 40 m de arrastre de cámara)

- Los resultados encontrados en el estudio se contradicen con las capturas registradas en el polígono 6 durante el año 2008 en la pesca de investigación, la que durante el último año se registró alrededor de 4.500 t.
- La estructura de tallas observada muestra mayor presencia de erizos pequeños en el estrato de 0 a 15 m y en estratos más profundos sólo se observaron erizos de longitud mayor de 50 mm, cuya condición gonadal está muy disminuida.

3. Discusión

El Dr. Carlos Moreno, envía una misiva en la que se disculpa por su inasistencia y además hace notar su parecer acerca de los resultados de la Pesquería y de la investigación realizada a través del proyecto FIP 2007-44. Principalmente manifiesta su preocupación por los resultados observados particularmente en la zona alrededor de Quellon y sugiere que la mirada hacia la extracción durante 2009 debe ser bastante conservadora.

3.1 Observaciones de los asistentes con respecto a los resultados de la Pesca de Investigación y funcionamiento de la pesquería durante el año 2008.

Se señala, por parte Jorge Guerra que es necesario que los distintos GTA se reúnan en reuniones plenarias previas a las reuniones de COMPEB. De manera tal de unificar la presentación de resultados e indicadores.
Además de lo anterior, la Sra. Claudia Meneses señala que es necesario que la información de la pesquería del erizo que proviene de la pesca de investigación (Pupelde) y del monitoreo de las pesquerías bentónicas (IFOP) sean comparables.

El Sr. Molinet indica que aún hace falta recoger información a través de la pesca de investigación como condición gonádica y además establecer las estaciones de monitoreo como se propuso el año anterior.

En relación al inicio de la Pesca de Investigación, Juan Gutiérrez indica que es necesario que la resolución de la pesca de investigación esté lista en enero e indique que debe iniciarse el 1° de marzo, con la finalidad de evitar retrasos en el inicio de ésta, como sucedió durante el 2007 y 2008. En este último año el comienzo oficial fue el 25 de Abril, este retraso significó que una fracción del desembarque no esté registrado por la consultora Pupelde.

Se señala además que en esta temporada pasada (2008) se presentó un nuevo escenario en relación al pesaje de la captura. Anteriormente el pesaje oficial de la captura se realizaba en el muelle, hoy en día existe una romana que está ubicada lejos del puerto de desembarque. Esto genera dos problemas: 1) existen

diferencias de peso entre ambas y 2) puede generar asignación de mayores números de cajas a cada lancha, debido a que no existe control o sellado de la carga desde el muelle hasta la romana. Para subsanar esto se propone que es necesario consignar que la Consultora debe cuantificar y certificar el número de cajas en el muelle y que luego el pesaje que certifica Sernapesca se haga en la romana y que este sea de acuerdo a lo que certificó previamente la consultora en la Romana.

Se menciona por parte de la Consultora Pupelde que los resultados de la experiencia de uso de GPS en embarcaciones extractivas, que se solicitó a la Consultora en el marco de la pesca de investigación durante el año 2007, no ha sido consultada ni utilizada con posterioridad. A este respecto Nancy Barahona señala que la resolución de las dificultades en dicha experiencia debe hacerse a través de la Subpesca, como organismo técnico de la Consultora.
En relación a la fiscalización que realiza Sernapesca en la X Región, Jaime Molina señaló que se mantuvo el personal en Quellón con régimen horario hasta las 00 horas verificando pesaje de Quellón y Melinka y que en relación a las infracciones bajo tallas el número es similar a la del año anterior. Se destaca que hubo menos buzos en la zona contigua (29), lo que hace pensar que no se justifican las toneladas extraídas de la XI Región. Sobre todo considerando que hubo aumento del volumen de extracción en las zonas X norte y X sur.
La cuota de la X norte y Sur se excedió en 400 t y 600 t respectivamente, lo que fue permitido para evitar una solicitud de aumento de cuota. A pesar de esto no se sobrepasó la cuota global. El Sr. Morales señaló al respecto que se debe recordar que no hay transferencia de cuotas, por tanto no debería extenderse los plazos de extracción.

Con respecto a las acciones de Sernapesca XI región Gonzalo Pizarro señaló que han aumentado las infracciones cursadas a embarcaciones por operar en zonas no autorizadas y que las dificultades en la operación de la fiscalización en Melinka son básicamente la falta de pesaje, ya que actualmente se pesa una muestra de las cajas y se estima el total de kilógramos de la lancha y luego se sella la captura que es pesada en Quellón. A este respecto se señala que se hace necesario contabilizar la cantidad de cajas que vienen en las embarcaciones.

En relación al funcionamiento de la pesca de investigación Guillermo Roa señala que los retrasos en el inicio de la pesca de investigación generan dificultades de comercialización con los mercados extranjeros. Existen dificultades debido a que no existe credibilidad en los productores chilenos, básicamente por dificultades en los inicios de los periodos de extracción, lo que genera pérdida de mercados.

3.2 Observaciones de los asistentes con respecto a los resultados preliminares de investigación en el proyecto FIP 2007-44

Sr. Aranguiz consulta si es posible continuar con las prospecciones en los polígonos restantes que se iniciaron en el proyecto FIP 2007-44 y de esta manera obtener información y resultados globales, e incluir a la pesca artesanal ya que sería beneficioso para los resultados de prospección.

Ante esto se indica que la continuación de este trabajo dependerá de financiamientos futuros y que la inclusión de los pescadores artesanales en este trabajo debe hacerse necesariamente. Además se espera llegar con la información a los pescadores a través de difusión de los resultados de las investigaciones y pesca de investigación.
El Sr. Gonzalo Covarrubias acota que los resultados preliminares efectivamente muestran resultados de ausencia de erizos, lo que es una realidad que es conocida ampliamente por los usuarios del recurso. Por lo cual propone que las áreas estudiadas deben ser aquellas desde donde efectivamente se está extrayendo el erizo y durante las faenas de extracción.

La Sra. Manira Matamala señala que una interpretación de los resultados preliminares es que efectivamente el origen de las capturas de erizos no corresponde con lo informado.

Respecto de este mismo punto y en relación a la propuesta de Carlos Moreno de evaluar el cierre del polígono 6 Juan Gutierrez indica que este polígono efectivamente no es el origen de las capturas informadas desde allí, por tanto, no es necesario cerrarlo. Y que Es necesario saber desde donde provienen los erizos informados desde los distintos polígonos, especialmente el 6.

Juan Gutiérrez indica que el cierre de polígonos no es una solución adecuada, ya que documentalmente es algo que se puede lograr, pero el error de la asignación de origen se traspasaría a otros polígonos. Una manera de corregir esto es con muestreo in situ y constatar durante las extracciones el estado de los parches.

Carlos Molinet plantea que los resultados observados en el área alrededor de Quellon identificada como poligono 6, donde se han recorrido 140 puntos, muestra evidencia de alerta para la pesquería, particularmente en la región de los Lagos y solicita que se deje constancia en el reporte que el GTA-erizos considera insuficientes hasta ahora los resultados parciales del proyecto FIP 2007-44, por lo que son considerados preliminares para tomar decisiones acerca de medidas en relación a la pesquería 2009.

3.3 Resumen de dificultades en el desarrollo de la pesca de investigación:

- Sistema de monitoreo de la Pesca de Investigación debe mejorarse en el control del esfuerzo.
- Deficiencia en el control de origen asignado al sector de Sn Pedro.
- No hay inscripción de buzos debido a falta de escolaridad (8°) y al reprobar de manera reiterada las pruebas.
- Falta de coordinación de sistemas de monitoreo a través de un manejador de datos
- Hace falta difundir los resultados de los resultados de la pesquería en las caletas.
- Extensión de temporada de extracción.
- Red de monitoreo
- Difusión y capacitación

4. **Propuestas**

4.1 ESTABLECER UNA VEDA EXTRACTIVA: La inscripción debe ser obligatoria, es decir, debe haber veda extractiva. Esto ayudaría a regular y manejar la información del esfuerzo (H. Morales). Se acuerda que los TTR para esta veda extractiva serán diseñados por Pupelde. Se establece el requisito que la veda no debería afectar el normal inicio de las actividades a partir del 1 de marzo de cada año.

4.2 Proponer la instauración de las redes de monitoreo y programas de difusión y capacitación a los usuarios de los resultados y las medidas de manejo. (Manira Matamala)

4.3 Regularización educación de buzos que están trabajando con IFOP (Claudia Meneses).

4.4 Se debe trabajar en los límites existentes actualmente en la Zona Contigua ya que generan dificultades en la generación de información del origen de las capturas (J. Gutiérrez)

4.5 Se propone no extender la temporada de extracción. Para esto debe iniciarse la pesquería el 01 de Marzo.

4.6 De acuerdo a la información existente acerca de la pesquería se propone una cuota global para el periodo 2009 de 16.500 toneladas, las cuales deben ser asignadas a las respectivas zonas por la COMPEB.

5. Próxima tabla GTA

- Regularización de bases de datos entre consultora e IFOP a través de un manejador de datos.
- Institucionalidad del manejador de datos.
- Análisis de resultados de proyecto FIP 2003-13.