



INFORME FINAL

FONDO INVESTIGACION PESQUERA
FIP Nº 2000-18

Bases biológicas para rotación de áreas en el recurso erizo





INFORME FINAL

FIP N° 2000-18

**Bases biológicas para
rotación de áreas en el
recurso erizo**

• Febrero, 2003 •

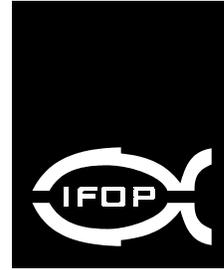


REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP
Presidente del Consejo:
Felipe Sandoval Precht

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP
Jefe División Investigación Pesquera:
Jorge Farías Ahumada
Director Ejecutivo:
Guillermo Moreno Paredes



JEFE DE PROYECTO

NANCY BARAHONA T.

AUTORES

NANCY BARAHONA
JOSE M. ORENZANS
ANA PARMA
GABRIEL JEREZ
CLAUDIO ROMERO
HERNÁN MIRANDA
ALEJANDRO ZULETA
VÍCTOR CATASTI
PATRICIO GALVEZ

COLABORADORES INTERNACIONALES

LOUIS BOTSFORD
ALEX BRADBURY
TOM POLACHECK

COLABORADORES NACIONALES

VIVIAN PEZO
NERSIO SALDIVIA
DAGOBERTO SUBIABRE
PAULINA GEBAUER
MAURICIO HERRERA
CRISTIAN BARRAZA
FRANCISCO CÁRCAMO

• Febrero, 2003 •



PERSONAL PARTICIPANTE

AUTORES Y COLABORADORES POR TEMA	
Tema	Nombre
Coordinación General	Nancy Barahona
Coordinación Técnica	José (Lobo) Orenzans
Recopilación y Análisis Literatura Nacional	Gabriel Jerez Vivian Pezo
Estrategia de manejo y proposición de plan de investigación	José (Lobo) Orenzans Ana Parma Louis Bostford Alex Bradbury
Análisis Base de Datos	Ana Parma Alejandro Zuleta Nancy Barahona
Actividades de Campo	Claudio Romero Nersio Saldivia Dagoberto Subiabre Mauricio Herrera Cristian Barraza
Cartografía SIG	Víctor Catasti Patricio Galvez Claudio Romero
Desarrollo y análisis de encuestas	Gabriel Jerez Hernán Miranda José (Lobo) Orenzans
Lectura de anillos	Dagoberto Subiabre Paulina Gebauer
Identificación de juveniles de erizo Experiencias de Fecundidad Potencial	Francisco Cárcamo Nersio Saldivia
Fotografía	Raúl Gili – Vilma Ojeda



..... INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



RESUMEN EJECUTIVO

Este documento corresponde al Informe Final del Proyecto “Bases biológicas para rotación de áreas en el recurso erizo”, FIP N° 2000-18, proyecto que se inició en marzo del año 2001 y finalizó en abril de 2002.

El propósito del estudio consistió en efectuar una recopilación del máximo de antecedentes técnicos relativos al recurso, para ello se identificaron tres grupos de información de interés, a saber:

- a. La literatura científica y técnica (nacional e internacional)
- b. La base de datos históricos de desembarque del IFOP
- c. El conocimiento empírico de los pescadores e industriales.

Para abordar el punto (a) se dividió en dos componentes: literatura nacional tanto visible como invisible, entendiéndose por estos conceptos información de fácil ubicación en bibliotecas, como reportes técnicos y tesis entre otros; y la literatura internacional relativa principalmente a otras especies de erizo y sus planes de manejo, entre otros.

El punto siguiente (b) se abordó, principalmente, para los análisis asociados a la información de captura y esfuerzo, disponibles por IFOP. La información relativa a las tallas, si bien se inició su análisis en el Taller de Modelado, se tomará en mayor profundidad en una segunda fase del proyecto. Sin embargo, se espera entregar algunos avances disponibles a la fecha en el próximo informe final.

La obtención de Información relativa al conocimiento empírico de los pescadores e industriales (c), fue abordada mediante el diseño y aplicación de encuestas a tres



segmentos: a) pescadores artesanales que operan en la pesquería en distintas caletas en las Regiones en estudio; b) operadores de faenas instalados en Quellón y c) industriales pertenecientes a la Asociación Gremial de Industriales Ericeros de Chile A.G. Esta información fue complementada con la ejecución de reuniones de trabajo, las cuales se efectuaron en Ancud con los pescadores artesanales y en Quellón con el sector industrial.

Cabe señalar la disposición de ambos sectores a colaborar en el proyecto, sin embargo, la situación de conflicto vivida en las Regiones en estudio, coincidentes con el período de ejecución del proyecto, redundaron en que la participación de ambos sectores no fuera exitosa como se había esperado; concluyendo finalmente en que hoy día, ambos sectores se encuentren participando de una Pesca de Investigación con la consultora Aycón Ltda., mediante un proyecto financiado por la Subsecretaría de Pesca.

Se juzgó que, en esta etapa, que la prioridad, en lo referente a actividades de terreno, era la solución de una serie de cuestiones de tipo metodológico, ello en preparación para las etapas anuales subsiguientes del programa. Se identificaron cinco problemas específicos que requerían atención:

- ◆ Diseño de un protocolo para la estimación de un índice de abundancia
- ◆ Refinamiento de un método para la estimación de la edad de los individuos
- ◆ Puesta a punto de una técnica de marcación estándar
- ◆ Diseño de colectores de asentamiento económicos y eficientes
- ◆ Estandarización de una técnica sencilla para estimar la relación entre la talla y la masa gonadal.



Se identificaron dos lugares para efectuar estas tareas de campo, uno de ellos fue Punta Lile ubicada en la Isla Laitec en la X Región y Canal Leucayec ubicado en el sector de Melinka en la XI Región. En ambos lugares se probaron distintas técnicas de evaluación directa concluyéndose que *“el Diseño de muestreo estratificado por tipo de sustrato, con submuestras anidados aleatorio simple de líneas de transectas subdivididas en estaciones y muestreo aleatorio simple de cuadrantes en su interior”*, proporciona las mejores cualidades estadísticas; toma en consideración el mayor número de elementos relacionados con los tipos de sustratos; la distribución de los ejemplares en el espacio; permite un mejor control del error de muestreo y estimaciones más ajustadas a la realidad; consecuentemente permite decisiones más conservadoras en beneficio de la sustentabilidad del recurso.

Para el estudio de edad se probaron dos técnicas: a) la lectura de estructuras duras (placas genitales) y b) la marcación con tetraciclina de ejemplares vivos. En relación a la primera de ellas se contó con la asesoría técnica del candidato a PhD Paulina Gebauer y para la segunda, con asesoría del Doctor Orensanz, quien formó parte permanente del equipo de trabajo del proyecto.

La ejecución de talleres y participación de agentes del sector en este proyecto se consideró muy importante, es así que se realizaron reuniones con pescadores, industriales, personal del FIP y de la Subsecretaría de Pesca. Así también, en el taller de modelado comprometido en los términos técnicos se extendieron invitaciones a personal de la Universidad del Norte y Austral, quienes se excusaron por no poder asistir.

Las actividades en su conjunto permitieron ir recabando información para dar cumplimiento a los objetivos específicos 2 y 3. Durante este año del desarrollo del



proyecto plurianual surgieron circunstancias importantes que condicionaron su desarrollo a futuro. En primer lugar, hubo un creciente interés, por parte de las organizaciones de la X Región, y en menor medida en la XI Región, en la implementación de AMERBs, lo cual se hizo evidente en el “*Taller Areas de Manejo*”, convocado por la Subsecretaría de Pesca en Puerto Montt (Agosto 16-17, 2001). Más significativo aún para el futuro de este proyecto, durante el año 2001, fue el desarrolló del conflicto originado en la actividad extractiva conducida en la XI Región, por parte de pescadores registrados en la X Región, al amparo de lo señalado en la LGPA como “áreas contiguas”.

Se suma a lo anterior el problema suscitado con la operación en las zonas contiguas, el cual concluyó con la ejecución de la Pesca de Investigación señalada en párrafos anteriores, la cual contempla tres actividades principales:

- (1) Control del ingreso y egreso de los pescadores de ambas Regiones, basado en un sistema electrónico de identificación y seguimiento de los pescadores.
- (2) Georreferenciación de áreas explotadas (“procedencias”) intensivamente en la X y XI Regiones.
- (3) Un programa de muestreo de desembarques, independiente del que conduce IFOP bajo contrato con la Subsecretaría de Pesca.

Esta Pesca de Investigación se basa en la explotación de “excedentes”, cuyo cálculo requiere de una estimación del efectivo y un criterio para el cálculo de una CTP. Estos serían provistos cada año por la Subsecretaría de Pesca. En ausencia de esta información, y a los fines de implementar dicho estudio, se



sugirió para el primer año una cuota total definida de manera arbitraria¹. Esta cuota total se asigna en forma individual a los buzos registrados, sobre una base mensual. Para el primer mes se estipulan 500 cajas/buzo, pudiendo esta cantidad ser modificada en los meses siguientes, previo acuerdo expreso de los usuarios de la pesquería. Se reconocen tres categorías de buzos: (1) registrados en la X Región que operan en la X Región, (2) registrados en la XI Región que operan en la XI Región, y (3) registrados en la X Región autorizados para operar en la XI Región. Las asignaciones mensuales, personales e intransferibles, se harían efectivas mediante códigos de barra (CVCs).

El sistema propuesto tiene tres pilares:

- Depende de la estimación de la abundancia total, sobre la cual se basa el cálculo de una CTP.
- Depende de la fiscalización para el control del esfuerzo y las cuotas individuales.
- Está implementado de manera vertical, de arriba hacia abajo, sin mecanismos explícitos para la participación activa de los usuarios en las actividades de monitoreo y decisiones de manejo.

En lo esencial, el sistema propuesto es una nueva versión del “régimen de extracción bentónica”. Las dificultades en la aplicación del régimen bentónico fueron expuestas en el “*Taller técnico sobre evaluación crítica de métodos de estimación y modelado*” (Valparaíso, Octubre 22-26, 2001) conducido en el ámbito de este proyecto.

¹ La cuota total sugerida está expresada en términos de cajas estándar; para el año 2002 esta será de 2.100.000 cajas estándares, pudiendo esta cantidad ser aumentada previo acuerdo expreso de los usuarios de la pesquería. El proyecto no indica los fundamentos de la cuota.



El sistema de manejo propuesto por Aycón Ltda. (2002) es muy similar al régimen bentónico, con el añadido de un refinamiento en el sistema de fiscalización. Este esquema es inconsistente con los Términos Técnicos de Referencia (TTR) definidos para el presente proyecto, que tuvo las siguientes motivaciones:

- (1) La dificultad de manejar recursos como el loco y el erizo en base a estrategias que dependan de una estimación de la abundancia global (por ejemplo a nivel regional), lo cual llevó a considerar estrategias de manejo espacialmente explícitas (rotación, refugios reproductivos).
- (2) La percepción de que las estrategias dependientes de la fiscalización son difíciles de implementar en pesquerías de este tipo.
- (3) El reconocimiento de la necesidad de implementar formas de co-manejo, con participación de administradores, técnicos, pescadores e industriales.
- (4) El énfasis en los incentivos por sobre la fiscalización como reaseguro de la sustentabilidad.

Por estas razones, el desarrollo de las etapas subsiguientes del proyecto plurianual está condicionado por la forma en que se implemente la Resolución 2118 de la Subsecretaría de Pesca. La viabilidad del Programa Piloto de Pesca Experimental y de su eventual expansión de escala, elementos centrales de la Propuesta Técnica, dependerán del marco regulatorio definitivo.

Este estudio contó con la valiosa participación de los doctores Orensanz y Parma, quienes guiaron el proyecto en su conducción técnica y de análisis. Así también, participaron en el taller de modelado el Doctor Botsford y Pollacheck. Por otra parte, se mantuvo un continuo intercambio de ideas con el Doctor Bradbury, los cuales unidos al equipo de IFOP han dado lugar a este trabajo.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN EJECUTIVO	i
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE FOTOS	xix
ÍNDICE DE ANEXOS	xxi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. INFORME METODOLÓGICO	3
3.1 Objetivo específico 2.2.1	3
3.1.1 Recopilación de antecedentes técnicos	3
3.1.2 Escala	8
3.1.3 Información biológica básica	9
3.2 Manejo espacialmente explícito: Bases para el desarrollo del programa	36
3.2.1 Opciones de manejo	36
3.2.2 Evaluación del sistema, las estrategias y los controles de manejo	39
3.2.3 Objetivo general: bases para el desarrollo del programa plurianual	40
3.3 Soporte técnico para la propuesta de programa plurianual	45
3.3.1 Desarrollo de un modelo operativo	45
3.3.2 Especificación del sistema	47



4. RESULTADOS	51
4.1 Marco regulatorio. Legislación pesquera del erizo	51
4.2 Recopilación antecedentes técnicos	53
4.2.1 Literatura científica –técnica	53
4.2.2 Base de datos históricos de desembarque de IFOP	77
4.2.3 Conocimiento empírico (no escrito) de los propios pescadores	96
4.2.4 Resultados actividades de campo	104
4.3 Manejo espacialmente explícito: Bases para el desarrollo del programa	123
4.3.1 Opciones de manejo	123
4.3.2 Discusión del proyecto con técnicos, administradores, pescadores e industriales	132
4.3.3 Objetivo general: Bases para el desarrollo del Programa Plurianual	137
4.4 Soporte técnico para la propuesta de programa plurianual	142
4.4.1 Evaluación de procedimientos alternativos de manejo. Desarrollo de un modelo operativo	142
4.4.2 Metapesca: Modelo general de la dinámica de una meta-población explotada de invertebrados bentónicos	144
4.4.3 Especificación del sistema	147
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	151
6. CONCLUSIONES	155
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161

TABLAS
FIGURAS
FOTOS
ANEXOS



ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 3.1 Número de muestras por rango de tallas, lugar y fecha de muestreo.
- Tabla 3.2 Resumen de respuesta de ejemplares inducidos al desove.
- Tabla 4.1 Establecimiento de períodos de veda, su decreto, cobertura y temporada, para el recurso erizo.
- Tabla 4.2 Tallas mínimas legales a las que ha estado sujeto el recurso erizo en Chile.
- Tabla 4.3 Puertos monitoreados por IFOP. 1984 – 2001.
- Tabla 4.4 Variables recopiladas a través del registro diario de captura. 1984 – 2001.
- Tabla 4.5 Desembarques muestreados (t) por IFOP y oficiales para las Regiones X y XI sumadas.
- Tabla 4.6 Número de procedencias registradas por puerto de desembarque. Las celdas de la matriz muestran el número de procedencias comunes accedidas desde distintos puertos.
- Tabla 4.7 Nomina de los principales recursos explotados por los buzos.
- Tabla 4.8 Volumen y cantidad de huevos en hembras con respuesta a la inducción.



.....INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO.....



ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 3.1 Ubicación general del sitio denominado Piedra Lile, situado unos 5 Km al sur de la ciudad de Quellón en la isla de Chiloé, décima región del país.
- Figura 3.2 Ubicación general del sitio llamado Canal Leucayec, situado a 8 km al sur-oeste de Melinka, archipiélago de la Guaitecas, undécima región de Chile.
- Figura 3.3 Disposición georreferenciada de las líneas de transectas fijas y sus estaciones de muestreo en el sitio denominado Piedra Lile.
- Figura 3.4 Ubicación de las líneas fijas de muestreo en el Canal Leucayec. La disposición en sentido longitudinal al eje principal del Canal favorece el trabajo con las corrientes mareales.
- Figura 4.1 Distribución de frecuencias de tallas y de profundidades de buceo para la pesca destinada al consumo en fresco (arriba) y a la industria (abajo). Información registrada por el programa de monitoreo en las Regiones X y XI en el año 1999.
- Figura 4.2 Desembarques totales de erizo registrados en SERNAPESCA y muestreados por IFOP.
- Figura 4.3 Número de viajes con y sin información de esfuerzo para los distintos puertos.
- Figura 4.4 Desembarque (t) y esfuerzo de pesca (horas de buceo) muestreado para la pesquería de erizo destinada al consumo en fresco. X Región.
- Figura 4.5 Desembarque (t) de erizo destinado al consumo en fresco cubierto por el programa de monitoreo en puertos de la X Región.
- Figura 4.6 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en la X Región, por puertos de desembarques. Años 1984, 1985 y 1986.



- Figura 4.7 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en la X Región, por puertos de desembarques. Años 1987, 1988 y 1989.
- Figura 4.8 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en la X Región, por puertos de desembarques. Años 1990, 1991 y 1992.
- Figura 4.9 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en la X Región, por puertos de desembarques. Años 1993, 1994 y 1995.
- Figura 4.10 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en la X Región, por puertos de desembarques. Años 1996, 1997 y 1998.
- Figura 4.11 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en la X Región, por puertos de desembarques. Años 1999, 2000 y 2001.
- Figura 4.12 Número de áreas explotadas por la pesquería para consumo en fresco e industria en la X y XI Región.
- Figura 4.13 Variación interanual en el número de procedencias explotadas por puerto.
- Figura 4.14 Desembarques anuales totales (t) de erizo registrados por SERNAPESCA para las regiones X y XI.
- Figura 4.15 Desembarques de erizo utilizado en la industria cubierto en la base de datos, para los puertos monitoreados en la X y XI Región. La información de Melinka se entrega asociada a Quellón.
- Figura 4.16 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en las Regiones X y XI, por zonas de desembarques. Años 1984, 1985 y 1986.
- Figura 4.17 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en las Regiones X y XI, por zonas de desembarques. Años 1987, 1988 y 1989.
- Figura 4.18 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en las Regiones X y XI, por zonas de desembarques. Años 1990, 1991 y 1992.



- Figura 4.19 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en las Regiones X y XI, por zonas de desembarques. Años 1993, 1994 y 1995.
- Figura 4.20 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en las Regiones X y XI, por zonas de desembarques. Años 1996, 1997 y 1998.
- Figura 4.21 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en las Regiones X y XI, por zonas de desembarques. Años 1999, 2000 y 2001.
- Figura 4.22 Desembarques (kg) por viaje por parte de botes (arriba) y lanchas acarreadoras (centro) para la pesquería de erizo destinada a la industria durante el año 2001, y número de botes asociados a cada lancha acarreadora.
- Figura 4.23 Rendimiento por viaje en la pesquería de erizo: a) destino industria; b) destino consumo fresco.
- Figura 4.24 Distribución de la CPUE en la pesquería de erizo: a) destino industria; b) destino consumo fresco.
- Figura 4.25 (a) Número de procedencias registradas para la pesca que abastece a la industria, (b) volumen de desembarques para los que se registró la procedencia de la captura, y (c) fracción de estos desembarques que provienen de la Región X.
- Figura 4.26 Curvas de rarefacción mostrando la concentración de la captura de erizo por procedencias en los últimos siete años (ver texto). Se incluyen todas las capturas de procedencia conocida destinadas a la industria.
- Figura 4.27 Curvas de rarefacción mostrando la concentración de la captura de erizo por procedencias en los últimos siete años (ver texto). Se incluyen sólo las capturas desembarcadas en Quellón destinadas a la industria



- Figura 4.28 Curvas de rarefacción mostrando la concentración de la captura de erizo por procedencias en los últimos cinco años (ver texto). Se incluyen sólo las capturas desembarcadas en Puerto Chacabuco destinadas a la industria.
- Figura 4.29a Captura (t) por salida de botes que abastecen a la industria. Período 1988-2001. Símbolos: región XI = oscuros; región X= claros. Bandas sombreadas marcan vedas estacionales. Procedencias rankeadas en orden decreciente de captura total para el período.
- Figura 4.29b Captura (t) por salida de botes que abastecen a la industria. Período 1988-2001. Símbolos: región XI = oscuros; región X= claros. Bandas sombreadas marcan vedas estacionales. Procedencias rankeadas en orden decreciente de captura total para el período.
- Figura 4.30a Captura (t) por salida para lanchas acarreadoras. Período 1988-2001. Símbolos: región XI = oscuros; región X= claros. Bandas sombreadas marcan vedas estacionales. Procedencias en orden decreciente de captura total para el período.
- Figura 4.30b Captura (t) por salida para lanchas acarreadoras. Período 1988-2001. Símbolos: región XI = oscuros; región X= claros. Bandas sombreadas marcan vedas estacionales. Procedencias rankeadas en orden decreciente de captura total para el período.
- Figura 4.31. CPUE, captura (kg) por hora de buceo por procedencia para el período 1988-2001. Se incluyen sólo procedencias que están dentro de las 60 más importantes para el período, y para las que se cuenta con información de esfuerzo.
- Figura 4.32 Profundidad de buceo por procedencia para el período 1988-2001. Se incluyen sólo procedencias que están dentro de las 60 más importantes para el período, y para las que se cuenta con información sobre profundidad.
- Figura 4.33 Captura (t) por salida de lanchas acarreadoras para las cinco procedencias más importantes para el período 1988-2001.
- Figura 4.34a Distribución de los años de experiencia de los buzos.



- Figura 4.34b Estructura de los años de experiencia de trabajo de los buzos en la pesquería del erizo.
- Figura 4.35 Relación entre el número de recursos explotados (ítems) vs. los años de experiencia de los pescadores y buzos.
- Figura 4.36 Proporción de los buzos que pertenecen a una organización de pescadores en la pesquería del erizo.
- Figura 4.37 Rango de profundidades de buceo en la pesquería del erizo.
- Figura 4.38 Causas principales de abandono de los bancos de erizos por parte de los buzos.
- Figura 4.39 Umbral de rendimiento para permanecer en un banco de extracción de erizos. Por debajo de este umbral el pescador abandona el sector de pesca.
- Figura 4.40 Frecuencia de revisitas a los bancos de erizos explotados previamente por parte de los buzos.
- Figura 4.41 Lugares de extracción de erizos con mayor poder de recuperación, según la percepción de los buzos.
- Figura 4.42 Factor asociados a la calidad de los erizos extraídos según los buzos.
- Figura 4.43 Periodo de ocurrencia del fenómeno de gónadas "lechosas". en el erizo.
- Figura 4.44 Distribución de las profundidades de buceo para el recurso erizo.
- Figura 4.45 Presencia de especies co-habitantes con el erizo.
- Figura 4.46 Años de experiencia de los operadores de faenas de erizo.
- Figura 4.47 Número de embarcaciones promedio por faena de pesca.



- Figura 4.48 Frecuencia de revisitas de zonas de extracción previamente explotadas.
- Figura 4.49 Zonas de extracción con mayores niveles de recuperación.
- Figura 4.50 Carta batilitológica que muestra la conformación de los tipos de fondo y las profundidades existentes en el sitio de muestreo Piedra Lile.
- Figura 4.51 Carta batilitológica que presenta la distribución y el tipo de sustratos asociados con su profundidad en el lugar denominado Canal Leucayec.
- Figura 4.52 Densidad de erizo y límites de confianza observados en el sitio Piedra Lile correspondiente al muestreo realizado en líneas de transectas fijas.
- Figura 4.53 Distribución de la densidad de erizo registrada en el sitio Piedra Lile correspondiente a los muestreos realizados en líneas de transectas fijas.
- Figura 4.54 Densidad de erizo y límites de confianza observados en el sitio Piedra Lile correspondientes al muestreo realizado en líneas de cuadrantes dispuestas al azar. Se observa en color rojo, el valor obtenido en el mes de noviembre mediante el muestreo realizado con cuadrantes al interior de las líneas de transectas fijas.
- Figura 4.55 Densidad de erizo y límites de confianza observados en los muestreos realizados en líneas de transectas fijas en el Canal Leucayec.
- Figura 4.56 Distribución de la densidad de erizo registrada en el Canal Leucayec correspondiente a los muestreos realizados en líneas de transectas fijas.
- Figura 4.57 Densidad de erizo y límites de confianza observados en el Canal Leucayec correspondientes al muestreo realizado en líneas de cuadrantes dispuestas al azar. Se observa también en color rojo, el valor obtenido en el mes de noviembre mediante el muestreo realizado con cuadrantes al interior de las líneas de transectas fijas.



- Figura 4.58 Estructura de tallas de la población de erizos presentes en el sitio de estudio denominado Piedra Lile. En color rojo se representa a la población con posibilidad de ser explotada comercialmente (talla mínima de extracción de erizo: 70 mm).
- Figura 4.59 Tallas medias y fracción explotable (≥ 70 mm) para la población de erizos presentes en el sitio de estudio Piedra Lile.
- Figura 4.60 Evolución y relación entre el Peso total húmedo y el peso de la gónada de los erizos estudiados en el sector Piedra Lile.
- Figura 4.61 Índice gonodosomático del erizo en Punta Lile. Quellón. X Región. Las barras corresponden al intervalo de confianza del 95%.
- Figura 4.62 Gráfica de la curva y parámetros que describen el modelo de potencias que explica la relación entre el diámetro de un erizo y su peso total para el recurso estudiado en Piedra Lile.
- Figura 4.63 Composición mensual de la estructura de tallas resultante de la evaluación directa del recurso erizo en el Canal Leucayec. En color rojo se representa a la población con posibilidad de ser explotada comercialmente (talla mínima de extracción de erizo: 70 mm).
- Figura 4.64 Tallas mensuales promedio y fracción explotable de la población (≥ 70 mm) observadas en la población de erizos del Canal Leucayec.
- Figura 4.65 Gráfica que muestra la variación mensual del Peso total y el Peso de la gónada de los erizos estudiados en el Canal Leucayec.
- Figura 4.66 Índice gonodosomático del erizo en Canal Leucayec. Melinka. XI Región. Las barras corresponden al intervalo de confianza del 95%.
- Figura 4.67 Variación entre períodos de la relación de potencias existente entre el Diámetro de un erizo y su Peso total para la población estudiada en el Canal Leucayec.



- Figura 4.68 Relación entre talla y número de anillos para muestras de erizo colectadas en Quellón y Melinka en los meses de febrero 2002 (negro), abril 2001 (azul), agosto 2001 (rojo) y noviembre 2001 (verde). Para Quellón se agregó una muestra especial de animales de tallas grandes (naranja) colectada en julio 2002. Los datos correspondientes a los distintas muestras fueron graficados en forma levemente desfasada para facilitar su visualización.
- Figura 4.69 Tallas medias a la edad para muestras de erizos colectadas en Quellón (puntos) y Melinka (líneas) en los meses de febrero 2002 (negro), abril 2001 (azul), agosto 2001 (rojo) y noviembre 2001 (verde).
- Figura 4.70 Fracción de erizos a los que se les pudo contar el número de anillos exitosamente en función de la talla. La línea corresponde a una función Gaussiana (mitad izquierda) ajustada a las fracciones observadas.
- Figura 4.71 Relación entre la talla y el número de anillos para las muestras de erizo tomadas en Quellón y en Melinka (puntos) junto con los resultados de los ajustes del modelo de Von Bertalanffy. Líneas sólidas: ajustes realizados para los dos lugares por separado; líneas quebradas: ajuste realizado para el conjunto de datos.
- Figura 4.72 Relación Peso total(g) versus Peso total gónada (g). El peso total incluye el peso del cangrejo comensal.
- Figura 4.73 Relación longitud (diámetro de la testa en mm) versus peso total(g).
- Figura 4.74 Relación longitud (diámetro de la testa en mm) versus peso gónada(g).
- Figura 4.75 Índice gonodosomático del erizo en relación a la talla para Punta Lile (X Región) y Canal Lecucayec (XI Región).
- Figura 4.76 Gradiente de coloración de las gónadas del erizo en función del tamaño del ejemplar.



- Figura 4.77 Estructuras de talla de erizo con presencia de gónadas normales y lechosas, en base a los cuatro muestreos realizados en Punta Lile y Canal Leucayec.
- Figura 4.78 Relación entre el peso medio del comensal del erizo (*Pinnaxodes* sp) y la talla del ejemplar huésped.
- Figura 4.79 Áreas de extracción señaladas por los pescadores con presencia de erizo con gónadas oscuras.

ÍNDICE DE FOTOS

- Foto 1.** a) Testa de erizo; b) Un acercamiento de la Corona de placas aborales *Loxechinus albus*
- Foto 2.** Placa gonádica de erizo *Loxechinus albus*, observada con luz reflejada, edad 5.
- Foto 3.** *Loxechinus albus*. a) Mandíbula con diente; b) Diente; c y d) Linterna de Aristóteles.



.....INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO.....



ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1. Encuesta a pescadores artesanales e industriales ericeros.
- ANEXO 2. Tareas de Campo, entregado en la Primera Fase del Proyecto.
- ANEXO 3. Tratamiento de los erizos marcados con tetraciclina.
- ANEXO 4. Modelo estadístico desarrollado para la estimación de parámetros.
- ANEXO 5. Taller técnico: evaluación crítica de métodos de estimación y modelado (Valparaíso, Octubre 22-26, 2001).
- ANEXO 6. Desarrollo de un modelo operativo: Metapesca Modelo General de la Dinámica de una Metapoblación Explotada de Invertebrados Bentónicos.
- ANEXO 7. Trabajo preparatorio para el desarrollo de un Sistema de Información Geográfica (SIG) durante el segundo año del proyecto.
- ANEXO 8. Antecedentes sobre la industria.
- ANEXO 9. Nómina de dirigentes de pescadores artesanales y participantes en reuniones de coordinación de proyecto.
- ANEXO 10. Plan detallado de Asignación de Personal Profesional y Técnico en horas hombre por actividad.



1. INTRODUCCIÓN

Este documento constituye el informe final del proyecto “Bases biológicas para rotación de áreas en el recurso erizo”, (FIP 2000-18), estudio que se inició en marzo del año 2001, con el propósito de diseñar e implementar un “*Programa de Pesca Experimental*” que responda a las peculiaridades biológicas y sociales presentes en la pesquería, conforme a los lineamientos definidos en las Términos Técnicos de Referencia (TTR) emitidos por el Fondo de Investigación Pesquera.

Cabe señalar que a través de este proyecto, la autoridad pesquera indicó la intención de poner en práctica una nueva forma de manejo, con el fin de hacer sustentables las pesquerías bentónicas, como la del erizo. Esta nueva forma consistió en involucrar directamente a los usuarios en el manejo de sus pesquerías. Por lo tanto, el éxito de este proyecto estaba supeditado a la participación activa del sector industrial y artesanal, y a un activo compromiso por parte de la autoridad pesquera, en términos de mostrar de manera concreta que la forma de administrar los recursos bentónicos estaría en vías de cambio.

El proyecto efectuó, para dar cumplimiento al objetivo general, una recopilación de antecedentes técnicos, tanto existentes en la literatura nacional e internacional como empíricos, estos últimos provenientes del conocimiento de los pescadores y el sector industrial “ericero”. Para dar cumplimiento a estas actividades se consultaron distintas fuentes, las cuales han quedado documentadas en este informe. Así también se diseñaron y aplicaron encuestas para recoger la información empírica y talleres de trabajo con personas vinculadas a la Subsecretaría de Pesca, pescadores artesanales, industriales y consultores externos.



Paralelamente, se efectuaron actividades de campo, consistentes en la ejecución de estudios biológicos, tendientes principalmente a mejorar cuestiones metodológicas asociadas al proceso de reclutamiento, crecimiento, estimación de densidad, así como también a realizar observaciones biológicas básicas; todo esto, en preparación de las etapas anuales subsiguientes del “*Programa de Pesca Experimental*”. Junto a lo anterior se proporcionan los resultados de las actividades de campo realizadas en las dos estaciones de muestreo seleccionadas: Punta Lile en la Xª Región y Canal Leucayec en la XIª Región.

El documento se ha estructurado por objetivo en el capítulo metodológico; sin embargo, en los resultados se ha respetado este orden sólo para el objetivo específico número uno. Los objetivos específicos siguientes y general se entregan en forma conjunta, ya que los resultados por tema y su discusión se van complementando.

De acuerdo a lo comprometido en la propuesta técnica en este documento se entregan los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto, los cuales ya han sido aprobados en el pre-imforme final, a saber:

- ◆ Identificación de los procesos clave de la dinámica del recurso erizo y de su explotación pesquera en la zona de estudio.
- ◆ Caracterización de interrelaciones e identificación de la forma en que ocurren los procesos más determinantes de la dinámica.
- ◆ Análisis de los antecedentes técnicos del recurso y su pesquería en la zona de estudio.
- ◆ Metodología propuesta para realizar manejo por áreas del recurso erizo.
- ◆ Proposición de bases técnico-biológicas y plan de investigación por etapas anuales.



2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo general

Proposición de las bases técnico-biológicas necesarias para aplicar estrategias de manejo por áreas en el recurso erizo en la zona sur del país (X y XI Regiones).

2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1** Identificación de los procesos clave de la dinámica del recurso erizo y de su explotación pesquera en las Regiones de interés
- 2.2.2** Especificación de estrategias de manejo espacialmente explícitas para el recurso erizo
- 2.2.3** Proposición de un plan de investigación por etapas anuales

3. INFORME METODOLÓGICO

3.1 Objetivo específico 2.2.1

3.1.1 Recopilación de antecedentes técnicos

La propuesta técnica contemplaba la revisión de tres grupos de información sobre el sistema de interés:

- a. La literatura científica y técnica
- b. La base de datos históricos de desembarque del IFOP
- c. El conocimiento empírico de los propios pescadores.



A. Literatura científica técnica

Esta categoría tiene dos componentes: la literatura específica del erizo comestible (*Loxechinus albus*), y la referente a otras especies comerciales de erizo. Con respecto a la primera, se prestará especial atención a la abundante “literatura invisible” existente en instituciones nacionales: informes de proyectos o estudios realizados por diferentes institutos (incluido el propio IFOP; ver lista preliminar en la Sección 7), tesis universitarias de pre-grado y de grado, y proyectos FIP. Cuando el valor de la información lo justifique (y en particular en el caso de los documentos más antiguos), se buscará recuperar la información de interés en formato electrónico. Con respecto a otras especies comerciales (en particular *Strongylocentrotus spp.*), existe una vasta literatura internacional publicada en revistas académicas, la cual es fácilmente identificable (ASFA) y accesible. Hay, además, un volumen substancial de información valiosa en la forma de informes técnicos, planes de manejo y memoranda internos de agencias de manejo tales como el California Department of Fish & Game (CDF&G), el Washington State Department of Fish & Wildlife (WSDF&G), el Department of Fish & Oceans de Canadá (DFO) y el Alaska Department of Fish & Game (ADF&G). En estos casos el material de interés será identificado y solicitado a través del contacto con las personas involucradas en el manejo de erizos (por ejemplo Peter Kalvass en California, Alex Bradbury en Washington, Allan Cambell y Rick Harbo en British Columbia, y Gordon Kruse y Doug Woodby en Alaska). A título de ejemplo de este tipo de materiales señalamos los documentos CDF&G (1994) y Ebert *et al.* (1995) (ver Referencias) que contienen una rica documentación acerca de las controversias que rodean la implementación de un Plan de Manejo para el erizo rojo de California. Este aspecto se decidió en dos componentes: la literatura específica del erizo comestible (*Loxechinus albus*), y la referente a otras especies comerciales de erizo. Con respecto a la primera se prestó especial atención a la búsqueda y revisión de literatura nacional. La segunda componente se identificó como literatura internacional.



A. Bases de datos históricos de desembarque de IFOP

El IFOP cuenta con información biológica y pesquera en ambas regiones, en particular series históricas de captura, esfuerzo y composición de tallas, asociadas a “procedencias” o áreas de extracción. El escrutinio de esta información constituirá la primera acción del proyecto, y una que será fundamental para todos los componentes y etapas ulteriores. El objetivo de este análisis será reconstruir series de tiempo de captura y esfuerzo *por procedencia*, atendiendo a caracterizar los *modus operandi* o “methiers” (Biseau, 1998) y la identidad de los pescadores (puerto o caleta de origen) operando en cada zona. Luego la ubicación y extensión geográfica de las procedencias serán refinadas en actividades conjuntas con los pescadores. La información resultante constituirá un componente fundamental en la selección de las estaciones de la futura red de observación (*Objetivo Específico 1- Considerandum 5.2.1 – Bases especiales*) y en el diseño de un Sistema de Información Geográfica, SIG (*Objetivo Específico 3- Considerandum 5.2.5- Bases especiales*)

B. Conocimiento empírico (no escrito) de los propios pescadores

El uso de esta rica fuente de información (a menudo denominada TEK, de “Traditional Ecological Knowledge”) ha sido objeto de una significativa revalorización en el manejo de pesquerías durante los últimos 15 años (Berkes, 1999). En el caso de este proyecto esa información se ha considerado clave e insustituible en varios aspectos:

- Caracterización del proceso de pesca, particularmente la asignación espacial del esfuerzo, un elemento fundamental en cualquier estrategia de manejo espacialmente explícita. De especial interés es la identificación de



determinantes diferentes de la distancia a puerto (profundidad, exposición, etc.).

- Identificación de áreas de refugio naturales, por ejemplo bancos que no son pescados debido a la calidad (color) de las gónadas.
- Registros anecdóticos de episodios de desove (raramente observados en erizos en la naturaleza).
- Migraciones y agregaciones estacionales, etc.

Se diseñó un set de encuestas las cuales estaban compuestas por preguntas que permitieran recoger la información empírica tanto de los pescadores artesanales que operan sobre la pesquería como también la de los operadores de faenas e industriales. El diseño de aplicación contempló la participación de los muestreadores estables que posee el proyecto “Investigación Situación Pesquería Bentónica” en la red de monitoreo de ambas Regiones como también personal de este proyecto.

Se realizó una aplicación piloto en Ancud, dando como resultado que se debía rediseñar el modelo inicialmente propuesto. Se efectuaron los ajustes respectivos quedando compuesta por 4 formularios que consideraron las siguientes formas: 1 y 2: a aplicar al sector artesanal la cual permitiría recopilar el conocimiento empírico de los pescadores, 3: para ser aplicada a operadores de faena y 4: a ser aplicada al sector industrial (**Anexo 1**). El contenido de cada forma de la encuesta, esperaba rescatar la siguiente información:



Forma 1: Encuesta destinada a Pescadores, recopila información relativa a:

Recuperación de procedencias explotables	Tendencias y distribución espacial del esfuerzo
Los buzos	Aspectos biológicos del recurso
Organización de la actividad de pesca	

Forma 2: Encuesta sobre Procedencias, la cual recopila información asociada a la explotación, ubicación de los bancos, características de ellos, entre otros.

Forma 3: Encuesta orientada a los Operadores de faenas, para recopilar información relativa a:

Recuperación de procedencias explotadas	Tendencias y distribución espacial del esfuerzo
Organización de una faena	Aspectos sociales de las faenas

Forma 4: Encuesta orientada a las Empresas procesadoras de erizo, para recopilar información relativa a:

Las empresas propiamente tales	Organización de la empresa
El recurso erizo	Manejo del recurso
Registros de información	

Las encuestas aplicadas a los pescadores fueron realizadas en cinco centros de desembarque: Carelmapu, Ancud, Dalcahue, Quellón y Melinka. Para aplicar la encuesta a los operadores de faenas, se realizó una gestión con el dirigente de este grupo de trabajadores, luego se efectuó una reunión de trabajo con ellos en Quellón y se procedió a ejecutar las entrevistas. Finalmente, el trabajo con los industriales se canalizó a través de la Asociación de Industriales Ericeros, efectuándose entrevistas en las propias dependencias de las empresas, toda vez que ellos quisieran acceder a este trabajo.



Las respuestas de cada forma fueron vertidas en planillas Excel, a partir de ellas se graficaron los resultados y posteriormente se procedió al análisis de éstos.

3.1.2 Escala

A. Selección de las localidades de una red de monitoreo de la dinámica del recurso.

La metodología comprometida para abordar este punto consistió en el diseño de una red que incluiría (a) el número y ubicación de un conjunto de localidades fijas, y (b) los tiempos de revisita. Mediante estos elementos se esperaba “afinar” la adecuación de proceso de observación a las escalas espaciales y temporales de interés. Los criterios de selección de las localidades fijas que se establecieron deberían asegurar:

- ◆ Cobertura geográfica y temporal adecuada,
- ◆ Representatividad ecológica,
- ◆ Inclusión de bancos con historias de productividad, explotación y niveles de depleción diferentes para obtener contrastes en las densidades, y
- ◆ Conveniencia logística.

La red estaría conformada de seis nodos (correspondientes a otros tantos puntos de desembarque) en la X Región (Maullín, Carelmapu, Ancud, Pudeto, Dalcahue y Quellón), y dos nodos en la XI Región (Melinka y Puerto Chacabuco).

Los bancos (procedencias) se seleccionarían en base a los siguientes elementos, conforme a los criterios introducidos más arriba:



- ◆ Antecedentes generados a través del Programa de Seguimiento de las Pesquerías, conducidos por el IFOP desde el año 1985 a la fecha,
- ◆ Reuniones y talleres con los pescadores y empresarios,
- ◆ Visitas de inspección a las localidades prospectivas.

3.1.3 Información biológica básica

Dentro de la red de localidades de monitoreo discutida en la sección precedente se seleccionarían dos estaciones (“A y B”), ubicadas una en la X Región y la otra en la XI Región. Los lugares elegidos fueron: Sitio A: Punta Lile ubicada en la Isla Laitec, cercana al puerto de Quellón, en la X Región y Sitio B: Canal Leucayec, cercano al puerto de Melinka, en la XI Región. Los criterios de selección fueron: condiciones de acceso al lugar, nivel de explotación por parte de los pescadores, tipos de hábitat y sistemas de corrientes, entre otros. En estos se condujeron los experimentos metodológicos y observaciones biológicas básicas descritas en lo que sigue de esta sección.

Se juzgó que, en esta etapa, la prioridad en lo referente a actividades de terreno era la solución de una serie de cuestiones de tipo metodológico, ello en preparación para las etapas anuales subsiguientes del programa. Se identificaron cinco problemas específicos que requerían atención:

- ◆ Diseño de un protocolo para la estimación de un índice de abundancia.
- ◆ Refinamiento de un método para la estimación de la edad de los individuos.
- ◆ Puesta a punto de una técnica de marcación estándar.
- ◆ Diseño de colectores de asentamiento económicos y eficientes.
- ◆ Estandarización de una técnica sencilla para estimar la relación entre la talla y la masa gonadal.



3.1.3.1 Procedimientos de evaluación directa empleados en el marco de la obtención de datos para obtener un índice de abundancia.

Durante la ejecución de este proyecto se analizaron, discutieron y probaron diferentes procedimientos de evaluación directa del recurso erizo y sus diseños, los cuales responden a consideraciones prácticas y teóricas.

Las consideraciones prácticas dicen relación con:

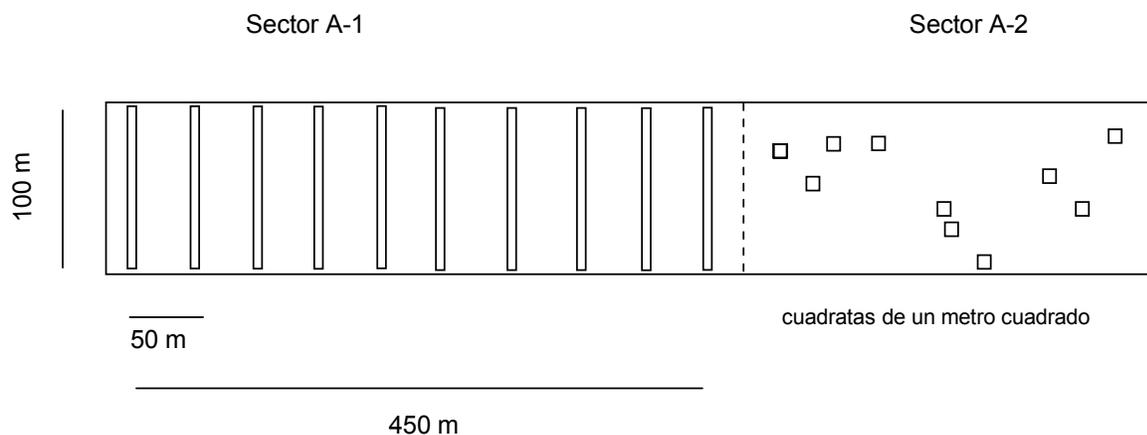
- ◆ Las formas de la distribución espacio temporal en que se encuentra el recurso, períodos reproductivos, tipo de sustrato, etc.
- ◆ Las condiciones de mar que limitan o favorecen las diversas vías o formas de evaluar el recurso.

Por su parte, las consideraciones teóricas están relacionadas con:

- ◆ Las exigencias o cualidades deseables en términos estadísticos como insesgamiento, criterios de convergencia, varianza mínima, precisión, etc.
- ◆ El procedimiento que rescate la realidad que se desea representar.
- ◆ Factibilidad de ser llevado a la práctica el plan de muestreo o evaluación tal cual es planeado.

A. Diseños de Muestreo para la estimación de los Parámetros de Densidad y la Abundancia.

Cada sitio de muestreo (Sector) fue dividido en dos sectores (particiones) contiguos. A continuación se entrega un diagrama tipo, el cual sufrió ajustes en terreno, los cuales se describen en los párrafos siguientes.



El “Sector A-1” fue reservado para conteo de animales a lo largo de transectos
El “Sector A-2” fue utilizado para la recolección de muestras de animales

Para desarrollar las actividades de campo se dispuso de un protocolo de muestreo (**Anexo 2**), el cual sufrió modificaciones propias de los ajustes necesarios de hacer en terreno. Estas modificaciones están incorporadas en la descripción metodológica señalada en los párrafos siguientes.

A.1 Líneas de transectas fijas

El primer procedimiento discutido y probado para evaluar fue un diseño de muestreo basado en líneas de transectas fijas, el cual supone una sobre posición aleatoria del recurso erizo sobre la trama de líneas fijas, dispuestas en el espacio.

Este procedimiento si bien es fácil de implementar en la práctica, no permite una reubicación de las líneas acorde con la información recogida mediante buceos prospectivos, que dan cuenta de la distribución del recurso en el espacio y que sugieren otros diseños o procedimientos de evaluación más eficientes. La permanencia de las transectas en el espacio implica la pérdida de materiales de



muestreo por las propias condiciones de mar o por la sustracción de estas. En consecuencia este método fue descartado, el que además, no recoge o toma en consideración otros antecedentes valiosos como las características de sustrato que sugieren una formulación más eficiente.

A.2 Cuadrantes dispuestos al azar en un lugar contiguo al lugar donde fueron posicionadas las transectas fijas.

La disposición de cuadrantes de un tamaño igual a los 0,25 m² obedece a un diseño de muestreo aleatorio simple de cuadrantes en el espacio. La estructura de los estimadores utilizados, básicamente corresponde a las descritas para el caso de transectas fijas.

Como en el caso de transectas fijas, es un procedimiento fácil de implementar en la práctica. Sin embargo, atendiendo al tamaño de los cuadrantes y a la definición del diseño, no recoge necesariamente antecedentes relacionados con los distintos tipos de sustratos donde habita este recurso. Lo anterior implica el riesgo de una alta variabilidad espacial y una alta probabilidad de obtener muchos ceros, lo cual requiere un tratamiento especial de la información perfectamente evitable al tener en cuenta antecedentes tales como los señalados anteriormente.

En consecuencia este procedimiento fue descartado, por que las estimaciones están expuestas a un error de muestreo o varianza que perfectamente puede ser reducida con diseños más eficientes en términos estadísticos.

A.3 Líneas de transectas aleatorias

El uso de líneas de transecta dispuestas aleatoriamente significa una evaluación tanto más objetiva que la de los cuadrantes y transectas fijas, por las particulares



dimensiones y la aleatoriedad con que estas fueron dispuestas en el espacio. Sin embargo, esto no constituye necesariamente un seguro control de la variabilidad o precisión de las estimaciones efectuadas, a menos que se aumente sustancialmente el número de transectas que forman parte de la muestra. Como el caso de los cuadrantes puede no recoger adecuadamente la realidad existente de los diferentes tipos de sustratos que se encuentran en el sector o área evaluada. A menos, claro está, que la distribución del recurso sea más o menos uniforme y, éste se encuentre únicamente dentro de un particular tipo de sustrato, situación que se ha encontrado en la práctica pero que es muy difícil de que sea algo frecuente.

Como en los dos procedimientos anteriores es fácil de implementar y no recoge, sino por condiciones de azar, antecedentes relacionados con los distintos tipos de sustratos donde habita el recurso. Lo anterior implica el riesgo de una alta variabilidad espacial y una alta probabilidad de obtener muchos ceros, lo cual requiere un tratamiento especial de la información perfectamente evitable al tener en cuenta antecedentes como sustrato, tamaño de los diferentes tipos de sustratos, etc.

Este método fue descartado por que las estimaciones están expuestas a un error de muestreo o varianza perfectamente controlables con diseños más eficientes en términos estadísticos. Sin perjuicio de que la uniformidad del sustrato y distribución sean una característica del momento y pueden sugerir este procedimiento como eficiente en términos estadísticos.

A.4 Líneas de transectas aleatorias con subestaciones

La incorporación de subestaciones dentro de las transectas lo determina la posible dificultad de conteo al interior de las transectas producto de la presencia de un alto número de ejemplares interceptados por la transecta y constituye, respecto de los



otros métodos, un avance en el control de la varianza puesto que permite eventualmente una post – estratificación, en el proceso de la información recogida.

Como en los procedimientos anteriores, es de fácil implementación. La consideración de subestaciones constituye un avance en el control del error de muestreo. Sin embargo, no recoge, sino por condiciones de azar, antecedentes relacionados con los distintos tipos de sustratos donde habita este recurso. Lo anterior implica el riesgo de una alta variabilidad espacial.

En consecuencia, este procedimiento es posible utilizar en el caso que se reconozca una uniformidad en la distribución del recurso en el sustrato. De no ser así y a pesar de un control mayor del error de muestreo en relación con los procedimientos anteriores, es posible tener un mayor control con diseños que se muestran más adelante.

A.5 Líneas de transectas aleatorias con subestaciones y submuestreo de cuadrantes al interior de las subestaciones.

El diseño de muestreo corresponde a un diseño de muestreo aleatorio simple de transectas en el área de estudio o área a evaluar. Por otra parte, y al interior de éstas, en forma anidada se identifica un diseño estratificado (subestaciones) y un diseño de muestreo aleatorio simple de cuadrantes.

La incorporación o definición de un diseño de muestreo al interior de las subestaciones se ha considerado atendiendo a las razones que motivaron la “estratificación” de las transectas en subestaciones, la posibilidad de observar una alta presencia o abundancia de ejemplares dentro de las subestaciones, lo que hace aconsejable algún procedimiento que permita una estimación de la abundancia observada dentro de las subestaciones y por tanto de la(s) transectas con un mayor control del error de muestreo.



Como en los dos procedimientos anteriores, es fácil de implementar en la práctica, aún cuando el personal que participará en las evaluaciones verá aumentada las actividades de buceo. A su vez, no recoge, sino por condiciones de azar, antecedentes relacionados con los distintos tipos de sustratos donde habita este recurso. Lo anterior, implica el riesgo de una alta variabilidad espacial y una alta probabilidad de obtener muchos ceros, lo cual requiere un tratamiento especial de la información perfectamente evitable al tener en cuenta antecedentes como sustrato, tamaño de los diferentes tipos de sustratos, etc.

Este diseño concebido de la manera descrita y con las consideraciones respecto a que no incluye los diferentes sustratos fue descartado por que las estimaciones están expuestas a un error de muestreo o varianza perfectamente controlables con diseños más eficientes en términos estadísticos. A menos que, no se distinga presencia de sustratos diferentes, o bien que, existiendo estos sustratos se observe una clara “uniformidad” o similitud de la distribución del recurso en los diferentes tipos de sustratos y una apreciación visual de similitud en la abundancia del recurso en estudio.

A.6 Diseño de muestreo estratificado por tipo de sustrato, con submuestras anidados, aleatorio simple de líneas de transectas subdividida en estaciones y muestreo aleatorio simple de cuadrantes en su interior.

Estudios previos han proporcionado antecedentes que han permitido sugerir diseños más complejos en su estructura, pero que sin duda recogen de manera más objetiva la realidad que se pretende describir.

En concordancia con lo anterior, este diseño rescata los elementos ya descritos: tipos de sustratos, variabilidad dentro de las transectas, es decir: recoge lo



observado en cuanto a que este recurso preferentemente se ubica en zonas de rompientes, conforma agregaciones, que tales parches o agregaciones reúne individuos de diferentes tamaños, cohabita con otros recursos y que ocupa más de un tipo de sustrato, aunque preferentemente se le encuentre en sustrato rocoso.

Eventualmente este tipo o forma de ver la evaluación de este recurso, permite enfrentar otro tipo de estudios como los de comunidades, que da cuenta de la riqueza de especies y la importancia relativa de la presencia de estas especies.

La incorporación de tan diversos antecedentes nos ha permitido dirigir la discusión metodológica a estructurar un diseño de muestreo que permita controlar de mejor forma la varianza del estimador que en definitiva se adopte, junto a consideraciones prácticas de implementación.

Como en el caso de los procedimientos anteriormente descritos, es un procedimiento fácil de implementar en la práctica y no agrega mayor complejidad en su aplicación, lo importante es que recoge de mejor forma los antecedentes relacionados con el tipo de agregación, la influencia de los distintos tipos de sustratos donde habita este recurso. Todo esto implica un mejor control del error de muestreo, de la variabilidad espacial, y nos proporciona una mejor estimación de la densidad y abundancia del recurso en estudio pensando que hemos controlado de mejor forma las diferentes fuentes de error.

Por lo tanto, y sobre la base de los antecedentes descritos, lo que acompañado de muestreos biológico, espacial y temporalmente compatibles, permite un diagnóstico más acertado de la abundancia y un mejor manejo de la pesquería, cuestión que debiera reflejarse en una administración dotada de información de mejor calidad. En lo sucesivo este procedimiento se sugiere sea asumido para estimar la densidad, abundancia y parámetros biológicos.



A.7 Diseños de muestreo estratificado por tipo de sustrato, con submuestreo anidados de conglomerados (manchas de erizos), de líneas de transectas con subestaciones y muestreo de cuadrantes al interior de las subestaciones.

Este diseño se ha planteado como una forma más de mejorar las estimaciones, sin embargo presenta restricciones operativas en cuanto a la definición de los conglomerados. Estos han sido definidos como agregaciones o parches de ejemplares, lo que implica un esfuerzo adicional de buceo, el cual por condiciones operativas, tiempo disponible o recursos económicos no siempre se tienen.

3.1.3.2 Aspectos operativos de los diseños de muestreo y descripción de procedimientos de implementación en terreno.

A.1 Selección y ubicación de lugares o zonas de estudio para las evaluaciones directas y seguimiento de parámetros biológicos.

Se estableció que la existencia de erizos en forma natural, la extensión del banco y su facilidad de acceso para los buzos, constituirían los criterios para la selección del sitio de muestreo. Como se señala en párrafos anteriores los lugares elegidos para el seguimiento de los parámetros biológico-pesqueros del recurso en la X Región fueron Piedra Lile, ubicado en Isla Laitec, a unos cinco kilómetros al sur de la ciudad de Quellón (**Figura 3.1**) y en la XI Región, el lugar seleccionado fue Canal Leucayec, ubicado entre las islas Emma y Leucayec, a unos ocho kilómetros al sur-oeste de Puerto Melinka (**Figura 3.2**)



A.2 Batimetría y fondos

La cartografía usada está basada en las cartas N° 715, 718 y cartas digitales del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA). Se utilizó el Datum WGS84 para la referencia geográfica, y navegadores GPS para la adquisición de posiciones. Se confeccionaron dos tipos de figuras:

- a. *Carta batilitológica* : representa el perfil batimétrico y la conformación de los tipos de sustrato del sitio de estudio, y
- b. *Carta de distribución de densidad*: representa la distribución espacial de la densidad observada en las estaciones de muestreo fijas.

Para la elaboración de la carta batilitológica, se utilizó un GPS no diferencial que posee un error de posición de 15 metros el 90% del tiempo, un ecosonda Furuno GP-1850F y el instrumento para clasificación acústica de fondo marino QTC view. El instrumento es capaz de diferenciar hasta 16 clases de fondo marino, ya sea por diferencias geomorfológicas (arena, conchuela, fango, rocas, etc.) como distinciones biológicas, permitiendo también definir categorías de hábitat (diferencias entre macroalgas, rocas con invertebrados, etc.).

El procedimiento de operación en terreno consistió en calibrar el equipo en los sustratos dominantes presentes en ambos sitios de estudio. El catálogo necesario para utilizar QTC view, fue producido calibrando cada tipo de fondo descrito, utilizando el buceo y la filmación de video submarina, como herramientas de validación.

Posteriormente, se realizaron tracks tanto en sentido perpendicular, como paralelos a la costa con una separación media de 15 a 30 metros, tratando de cubrir una amplia zona incluyendo los sitios de muestreo. Toda la información fue almacenada en un computador notebook conectado en serie con el QTC-view.



Como resultado de lo anterior, se obtuvo una base de datos con la posición geográfica asociada a la profundidad, el tipo de sustrato y el grado de confianza de la clasificación. Estos datos fueron analizados con los software GS+ y Surfer. Se aplicó el modelo de interpolación espacial inverso a la distancia, para representar la distribución de los tipos de fondo y el modelo kriging para la profundidad y densidad observada.

Finalmente, las cartas fueron confeccionadas en los programas Map Maker y Manifold System, que permitieron integrar la cartografía existente, producir salidas gráficas, y realizar consultas y análisis geográficos de los datos generados.

A.3 Evaluaciones directas

Las evaluaciones directas de erizo fueron realizadas en los meses de abril, agosto y noviembre del año 2001 y en febrero del año 2002, mediante los tipos de diseños de muestreo complementarios descritos anteriormente, a saber:

◆ Densidad en líneas de transectas fijas

Se desplegaron en cada sitio 10 líneas de transectas de 100 metros de largo, dispuestas en forma paralela entre sí conformando un arreglo sistemático. En cada línea se dispuso marcas plásticas cada 10 metros, espacios que denominamos “estaciones”. Las líneas fueron fijadas al fondo mediante lastres de plomo, de forma tal que se mantuviesen tensas en el fondo sin formar ondulaciones con las corrientes.

El método de evaluación del erizo consistió en nadar por el centro de la transecta, cercano al fondo, contando todos los ejemplares presentes en una franja central de nado. La unidad de muestreo resultante fue un cuadrante de 10 metros de largo (distancia entre estaciones de nado) por 1,7 de ancho (tamaño de la



brazada del buzo). Durante abril y agosto del 2001 en el sector Piedra Lile, el ancho para la franja de conteo fue de 1 metro y se utilizó una guía de metal sostenida por el buzo.

En el sitio de muestreo denominado Piedra Lile, cercano a Quellón, las transectas fueron dispuestas perpendicularmente a la costa y en forma paralela entre sí según se muestra en la **Figura 3.3**. Inicialmente, se colocaron estacas y marcas visibles en la costa como puntos de referencia de cada transecta. Adicionalmente, se utilizó el navegador GPS operando con el datum WGS84 para georreferenciar las posiciones.

En el sitio de muestreo ubicado en el Canal Leucayec, localidad de Melinka, las transectas fueron dispuestas en forma paralela a la costa, en el sentido del eje longitudinal del Canal, en dos grupos de cinco líneas (**Figura 3.4**). Se utilizó el procedimiento ya mencionado para ubicar cada línea en el sitio elegido.

◆ **Densidad en líneas de cuadrantes dispuestas al azar**

Esta evaluación fue realizada en lugares cercanos al sector de transectas fijas. Se utilizaron líneas de 100 metros de largo a la cual fueron fijados cuadrantes de fierro, de 0,25m² a razón de 1 cuadrante cada 10 metros.

Las líneas fueron desplegadas sobre el fondo en forma aleatoria desde la embarcación en movimiento. Seguidamente, un buzo recolectaba en bolsas plásticas todos los erizos hallados dentro de cada cuadrante. El procedimiento fue repetido 3 veces en cada sitio, obteniéndose un total de 30 cuadrantes como tamaño de muestra para cada sitio.



◆ **Densidad en cuadrantes dispuestos al azar sobre las estaciones fijas**

Debido a consideraciones metodológicas destinadas a supervisar y comparar métodos, se consideró necesario realizar un tercer conteo de erizos al interior de las estaciones fijas utilizando un cuadrante de metal de 0.25 m². Esta evaluación sólo fue realizada durante el mes de noviembre de 2001 en ambos sitios de estudio.

El procedimiento consistió en numerar cada línea de transecta fija, con marcas dispuestas cada 1 metro. El buzo mediante la indicación de una tabla de números aleatorios, procedía a colocar el cuadrante a la distancia especificada por la tabla, y hacia la izquierda o derecha del buzo. Entre cada estación fueron colocados 3 cuadrantes, es decir un total de 30 cuadrantes por cada línea de transecta, configurando un tamaño de muestra final de 300 cuadrantes.

De una tabla de números aleatorios se seleccionó la posición en la cual se debía ubicar cada uno de los tres cuadrantes a examinar dentro de cada subestación en la cual, por su densidad, se consideró necesario realizar un muestreo aleatorio simple de cuadrantes. Para los efectos se utilizó una tablilla con las indicaciones correspondientes.

A.4 Estimación de la Estructura de Tallas

La estimación de la estructura de tallas fue elaborada con la información proveniente de los diferentes tipos de sustratos obteniendo una muestra de tamaño superior a los 600 ejemplares. La determinación del tamaño de muestra se ha establecido a partir de desarrollos teóricos y de simulación que muestra que para una estructura o variable con distribución multinomial, a la cual se ajusta una



estructura de tallas, requiere en este caso y para este recurso un número aproximado a los 600 ejemplares.

La estructura de tallas fue estimada mediante las siguientes relaciones:

$$\hat{P}_k = \frac{n_k}{n}$$

$$\hat{V}(\hat{P}_k) = \frac{1}{n-1} \hat{P}_k (1 - \hat{P}_k)$$

En el caso de realizar una estimación de la estructura de tallas considerando estratificación la estimación debería considerar algún tipo de ponderación de las estructuras estimadas por tipo de sustratos, en este caso la ponderación natural debiera ser la abundancia (estimada) por tipo de sustrato, en este caso la estructura de tallas está dada por las siguientes relaciones:

$$\hat{P}_{pk} = \sum_{h=1}^{h=L} \frac{\hat{X}_h}{\hat{X}} \hat{P}_{hk}$$

$$\hat{V}(\hat{P}_{pk}) = \sum_{h=1}^{h=L} \frac{\hat{X}_h^2}{\hat{X}^2} \hat{V}(\hat{P}_{hk})$$

donde:

$$\hat{P}_{hk} = \frac{n_{hk}}{n_h}$$

$$\hat{V}(\hat{P}_{hk}) = \frac{1}{n_h - 1} \hat{P}_{hk} (1 - \hat{P}_{hk})$$

$$\hat{X} = \sum_{h=1}^{h=L} X_h$$



El coeficiente de variación e intervalo de confianza para el parámetro están dados por:

$$CV(\hat{P}_k) = \frac{\sqrt{\hat{P}_k}}{\hat{P}_k}$$

$$IC[P_k] = \left[\hat{P}_k - Z_{\frac{1-\gamma}{2}} \sqrt{\hat{V}(\hat{P})}, \hat{P}_k + Z_{\frac{1+\gamma}{2}} \sqrt{\hat{V}(\hat{P})} \right]$$

A.5 Estimación de la Relación Longitud – Peso

La estimación de la relación longitud – peso obedece a un diseño de muestreo estratificado por clase de tallas, procedimiento que garantiza la obtención de ejemplares de cada clase, particularmente de las clases extremas.

Para la obtención de las muestras, se extrajeron todos los erizos hallados en las líneas y cuadrantes dispuestas al azar. Los ejemplares fueron puestos en bolsas de polietileno debidamente rotuladas. Cuando el número de ejemplares recolectados fue inferior a lo esperado, se realizaron extracciones controladas, tratando en lo posible de representar adecuadamente todas las tallas existentes en el lugar

Una vez en tierra se procedió a medir la longitud y el peso total húmedo de todos los ejemplares extraídos. Posteriormente, las muestras fueron clasificadas por rangos de talla, estableciéndose una amplitud de clase de 5 milímetros con un número mínimo de 20 individuos por clase. Suplementariamente fueron extraídos erizos adicionales para completar el número requerido de ejemplares por clase de talla. La relación longitud – peso fue estimada a través de la siguiente relación:

$$w_k = a l_k^b$$



la cual fue ajustada mediante un ajuste de una función potencia haciendo uso de una herramienta de cálculo que se encuentra en el menú del software excel. La varianza aproximada de la estimación del peso medio a la talla será obtenida mediante la siguiente relación.

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

La estructura del coeficiente de variación e intervalo de confianza son, genéricamente, las descritas para la estimación de la estructura de tallas.

El tamaño de muestra recolectado mensualmente para las dos localidades en estudio (Leucayec, Lile) y para los meses de abril, agosto, noviembre del 2001 y febrero del 2002 fueron respectivamente:

$$([490,199], [437, 266], [201, 266], [255, 217])$$

A.6 Estimación de la proporción sexual, estados de madurez e índice gonadosomático.

Todos los erizos fueron sacrificados para registrar el sexo, peso, color, estado de condición y textura de la gónada. Para la estimación de la proporción sexual en número la estructura de los estimadores, tomando en cuenta la estratificación del sustrato, está dado por los siguientes estimadores ponderados por la abundancia estimada por tipo de sustrato:

$$\hat{P}_{ps} = \sum_{h=1}^{h=l} \frac{\hat{X}_h}{\hat{X}} \hat{P}_{hs}$$

$$\hat{V}(\hat{P}_{ps}) = \sum_{h=1}^{h=l} \frac{\hat{X}_h^2}{\hat{X}^2} \hat{V}(\hat{P}_{hs})$$



donde:

$$\hat{P}_{hs} = \frac{n_{hs}}{n_h}$$

$$\hat{V}(\hat{P}_{hs}) = \frac{1}{n_h - 1} \hat{P}_{hs} (1 - \hat{P}_{hs})$$

$$\hat{X} = \sum_{h=1}^{h=L} X_h$$

El coeficiente de variación e intervalo de confianza para el parámetro están dados por:

$$CV(\hat{P}_{ps}) = \frac{\sqrt{\hat{P}_{ps}}}{\hat{P}_{ps}}$$

$$IC[\hat{P}_{ps}] = \left[\hat{P}_{ps} - Z_{\frac{1-\gamma}{2}} \sqrt{\hat{V}(\hat{P}_{ps})}, \hat{P}_{ps} + Z_{\frac{1+\gamma}{2}} \sqrt{\hat{V}(\hat{P}_{ps})} \right]$$

En el caso de individuos pequeños sin diferenciación sexual visible, se observó la gónada a través de un microscopio de campo. La estimación del índice gonadosomático fue realizada mediante las relaciones siguientes:

$$IGS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} wg_i}{\sum_{i=1}^{i=n} we_i}$$

$$\hat{V}(IGS) = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [Wg_i - IGSWg_i]^2}{n-1}$$



A.7 Descripción del Crecimiento Individual

Los anillos de crecimiento que se observan en las placas de los erizos han sido utilizadas a menudo para estimar la edad (ver por ejemplo Jordana *et al.*, 1997). En algunos casos estas determinaciones fueron validadas mediante marcación con tetraciclina (Ebert, 1988; Gage, 1991); el resultado ha sido en general que las marcas son anuales, pero que se tornan difíciles de separar en los individuos de mayor talla y crecimiento lento. Gebauer y Moreno (1995) investigaron las marcas de crecimiento del erizo blanco mediante el seguimiento estacional de una población. Como parte de este proyecto se previó obtener muestras de invierno y verano en las estaciones A y B, así como utilizar el marcado con tetraciclina como forma de validación (ver punto A.8: técnicas de marcación).

Las muestras para el estudio de crecimiento de erizo se obtuvieron en Punta Lile y Canal Leucayec, sitios donde se llevaron a cabo los estudios metodológicos durante la ejecución de este proyecto. La ubicación geográfica y la descripción de los sitios fue entregada en puntos anteriores (4.1.3.a). La técnica aplicada para este estudio consistió en lectura de los anillos ubicados en las placas genitales. Se seleccionaron en el primer muestreo (abril de 2001) 20 ejemplares por rango de tallas por sector, los cuales fueron agrupados cada 5 mm. Para los muestreos siguientes y entendiéndose que el propósito de este estudio fue de carácter metodológico la muestra estuvo conformada por 10 ejemplares por rango de tallas, manteniéndose la marca de clases, esta disminución en el tamaño de las muestras facilitó el trabajo operativo. En la **Tabla 3.1** se entrega el número de individuos por rango de tallas y lugar de muestreo.

Los ejemplares fueron recolectados mediante buceo semi autónomo por personal del proyecto, en los lugares antes citados, y luego llevados a tierra, donde se



procedió a aplicar el protocolo de muestreo diseñado para estos efectos, el cual indicaba el registro de las siguientes variables por rango de clases y ejemplar:

- Diámetro (mm): Se midió el diámetro máximo de la testa de cada ejemplar, sin púas, para ello se utilizó un pie de metro metálico de 0,01 mm de precisión.
- Peso total : Cada individuo fue pesado en una balanza analítica Precisa 600 C de 0,01 g de precisión.
- Peso de la gónada: A cada individuo le fue removida la parte superior de la testa, inicialmente se utilizó un cuchillo y luego una sierra manual. Las gónadas fueron extraídas y pesadas en una cápsula petri, para ello se utilizó la misma balanza en la cual se registró el peso total.
- Color de la gónada: Se confeccionó una carta de colores con el fin de asociar la coloración de las gónadas a un color único.
- Condición de la gónada: se identificó en forma subjetiva el estado de la gónada (por ejemplo “lechosa”).
- Estado de la gónada: en los muestreos efectuados en los meses de noviembre y febrero se identificó para las hembras el estado “Madura”: cuando las gónadas o los folículos gonádicos están llenos de gametos y “Eclosionada”: cuando los gametos se liberaron al medio y las gónadas están vacías.
- Sexo: se identificó mediante un frotis, visto bajo una lupa Yashima, ocular 20x, el sexo de cada ejemplar.
- Peso parásito: en aquellos casos en que el individuo hospedaba parásito en su interior, se procedió a registrar su peso.



- Longitud del diente: se procedió a remover la linterna y registrar el tamaño del diente de cada erizo muestreado.

Finalmente, se retenía la corona de cada ejemplar, la cual era rotulada para su posterior tratamiento e identificación en los estudios de crecimiento. Los componentes de la corona una vez secos se desprendían, para seleccionar las placas se utilizó un colador fino de malla de 1mm, luego las placas fueron guardadas rotuladas en sobres. La metodología aplicada en el procesamiento de las muestras para los estudios de crecimiento fue la descrita por Gebauer 1992¹, con algunas modificaciones.

Las modificaciones consistieron en la no aplicación de hipoclorito de sodio y secado en estufa. Cada placa una vez seca al aire, fue lijada por ambos lados, para ello se utilizó lija al agua grano fino N° 220, 280, 400 y 600. Posteriormente, cada placa pulida fue ubicada en una placa petri. Sobre ella se adicionaron gotas de xilol e inmediatamente se procedió a su lectura bajo la lupa, identificándose los anillos. En este estudio se utilizó en la lectura una lupa marca LEICA MZ6 y un Proyector de Luz. NIKON FIBER OPTIC LIGHT SOURCE con un transformador de corriente TOYODEN Modelo KD-200.

La lectura se realizó sólo sobre la cara expuesta de cada placa. Las placas como se mencionó en el párrafo anterior no fueron sometidas a secado mediante estufa. Sin embargo, se realizó la experiencia para observar si existían diferencias o mejoras en las lecturas, no observándose éstas. Posteriormente, cada placa fue guardada rotulada en su propio envase.

¹ Personal de IFOP fue capacitado por la Bióloga Marina Paulina Gebauer en esta técnica, participando ella como consultora al interior del proyecto.



Posteriormente, mientras se desarrolló el modelo estadístico para hacer posible la estimación de parámetros de crecimiento (ver punto A.9), se observó que sería importante disponer de lectura de anillos de individuos de tallas mayores, por lo cual en el mes de julio del año 2002 se procedió a efectuar un muestreo dirigido a estas tallas. Este se llevó a cabo en Quellón, el rango de tallas muestreado se ha incorporado a la **tabla 3.1**.

A.8 Técnicas de marcación

La inyección de tetraciclina y ulterior observación de marcas bajo luz UV en los elementos dentarios son técnicas estándar ampliamente utilizadas (ver Ebert *et al.*, 1999, para la descripción de un estudio extensivo). El componente de terreno de este proyecto contempló inicialmente la inyección y ulterior recuperación de erizos en las Estaciones A y B, a fin de (1) obtener datos de incrementos de talla para distintos intervalos de DT, (2) validar el uso de marcas de crecimiento en las estimaciones de edad. Sin embargo, en una reunión de coordinación se planteó que efectuar este trabajo en estas estaciones de muestreo no es necesario, dado que sólo se necesita probar la técnica, no facilitando el control del experimento la ubicación de estas estaciones. En este contexto se determinó efectuar estas actividades en dos lugares cercanos a la estación de muestreo de IFOP en Ancud. Estas actividades se iniciaron en el mes de agosto.

Finalmente, se identificó como un lugar apropiado para efectuar esta experiencia: Pargua, sector ubicado en la X Región en el Canal de Chacao. La selección del lugar, previa visita prospectiva, permitió concluir lo siguiente:

- El área cuenta con alimento para los erizos y esta protegida, lo cual permite intuir que será más factible la recaptura futura de los ejemplares.



- En el área se cuenta con personal que estará verificando en forma permanente la ubicación de las boyas como puntos de referencia, y limpiará el lugar de depredadores (jaibas, estrellas de mar, etc).
- El área tiene fácil acceso y control.

Se marcaron 3.636 ejemplares, cuyos diámetros de testa variaron entre 12 y 98 mm. Dependiendo del tamaño del erizo, a cada ejemplar una vez medido se le inyectó entre 0,2 y 1cc de solución de tetraciclina (1g en 100 de agua de mar). La inyección de la solución se detenía en el momento que se comenzaba a inflar suavemente el perístomo.

La remoción de los individuos del medio se efectuó la primera semana de octubre², removiéndose del lugar 2008 ejemplares, que cubren todos los rangos de tallas. La metodología utilizada (**Anexo 3**) fue aportada gentilmente por el Doctor Tom Ebert, aplicada para el erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus*, con modificaciones.

A.9 Estimación de parámetros de crecimiento

Se desarrolló un modelo estadístico para hacer posible la estimación de parámetros de crecimiento en base a tres fuentes de información, en un mismo análisis, integrado: datos de talla a la edad obtenidos a partir de lectura de anillos en las placas genitales de erizos, datos de incrementos de talla obtenidos mediante marcación con tetraciclina, y distribuciones de frecuencias de tallas.

² Si bien esta actividad estaba planificada para el mes de Septiembre, la ocurrencia de un accidente por parte de personal del equipo técnico, impidió la ejecución de este trabajo según lo planificado.



De acuerdo a lo contemplado para el presente proyecto, se presenta el desarrollo del modelo completo y los resultados de la estimación de parámetros basada en la primera fuente de datos correspondiente a la información sobre talla-edad.

- **Información disponible**

Se contó el número de anillos de un total de 906 ejemplares colectados en las localidades de Quellón y Melinka en muestreos realizados a lo largo del año. Para el caso de Quellón, se agregó una muestra de individuos de tallas mayores con el propósito de mejorar la estimación de los parámetros de crecimiento relacionados a las tallas máximas. El número de individuos datados por fecha y lugar se observan a continuación:

Mes	Quellón	Melinka
Abril 2001	103	115
Agosto 2001	95	94
Noviembre 2001	121	110
Febrero 2002	104	121
Julio 2002	43	

A los ejemplares que pudieron ser datados exitosamente se suman 182 erizos, en su mayoría de tallas chicas, los que no presentaron anillos legibles.

- **Modelo de crecimiento**

Para modelar el crecimiento se supuso que :

- (i) los individuos crecen en forma determinística de acuerdo a la función de von Bertalanffy,
- (ii) las trayectorias de crecimiento individuales difieren en su talla inicial L_1 y en su talla asintótica, L_∞ , y



(iii) Los parámetros L_1 y L_∞ se distribuyen en forma normal e independiente de acuerdo a

$$L_1 \sim N(\mu_1, \sigma_1^2) \quad \text{y} \quad L_\infty \sim N(\mu_\infty, \sigma_\infty^2)$$

La función de von Bertalanffy fue reparametrizada siguiendo a Schnute y Fournier (1980), según

$$l_a = L_1 + (L_n - L_1) \frac{1 - \rho^{a-1}}{1 - \rho^{n-1}}$$

donde $\rho = \exp(-K)$ es la constante de Brody, y L_1 y L_n corresponden a las tallas a la edad 1 y n , respectivamente, dadas por

$$L_1 = L_\infty (1 - e^{-K(1-t_0)}) \quad \text{y} \quad L_n = L_\infty (1 - e^{-K(n-t_0)}) = L_\infty - (L_\infty - L_1) \rho^{n-1}$$

en términos de los parámetros convencionales de la función de von Bertalanffy. Se usó un valor de n igual a 12, considerando que el número máximo de anillos contados fue de 11. Dado que el parámetro K se asume constante, el supuesto de variabilidad en el L_∞ se traduce en un supuesto equivalente para el L_n :

$$L_n \sim N(\mu_n, \sigma_{L_n}^2)$$

donde

$$\mu_n = \mu_\infty - (\mu_\infty - \mu_1) \rho^{n-1} \quad \text{y} \quad \sigma_{L_n}^2 = \sigma_\infty^2 (1 - \rho^{n-1})^2$$

De acuerdo a este modelo, las distribución de tallas a la edad a es normal con media

$$\mu_a = \mu_1 + (\mu_n - \mu_1) \frac{1 - \rho^{a-1}}{1 - \rho^{n-1}}$$



y varianza

$$\sigma_a^2 = \sigma_{L_n}^2 \left[\frac{1 - \rho^{a-1}}{1 - \rho^{n-1}} \right]^2 + \sigma_1^2 \left[1 - \frac{1 - \rho^{a-1}}{1 - \rho^{n-1}} \right]^2 + 2Cov(L_n, L_1) \left[\frac{1 - \rho^{a-1}}{1 - \rho^{n-1}} \right] \left[1 - \frac{1 - \rho^{a-1}}{1 - \rho^{n-1}} \right]$$

donde $Cov(L_n, L_1) = \sigma_1^2 \rho^{n-1}$.

- **Estimación**

Para la estimación de parámetros de crecimiento se utilizó el método de máxima verosimilitud. Los detalles del modelo estadístico desarrollado para incorporar diversas fuentes de información se incluyen en el **Anexo 4**. Los resultados corresponden al análisis de datos de talla-edad. Una complicación que debió ser abordada surgió a partir de las dificultades encontradas en la lectura de los anillos de crecimiento para individuos pequeños (menores de 20 mm), la que no fue posible en muchos casos. Esto resultó en un sesgo en las observaciones de talla a la edad para animales jóvenes, ya que sólo los ejemplares mayores dentro de cada clase de edad pudieron ser datados. Las tallas de los ejemplares cuya datación no fue posible fueron igualmente registradas, lo que permitió corregir el efecto del sesgo en las lecturas en la función de verosimilitud, tal como se describe en el **Anexo 4**.

A.10 Diseño de colectores experimentales

Las redes geográficas de colectores de asentamiento larval son un elemento importante en el monitoreo de poblaciones de invertebrados bentónicos con larvas pelágicas, incluidos los erizos (ver por ejemplo Keesing *et al.*, 1993). Han sido utilizadas en la predicción del vigor de clases anuales y la investigación de la



coherencia geográfica (correlación espacial) en el reclutamiento. La última es una pieza de información acerca del nivel de conectividad entre las poblaciones de una metapoblación. Entre los componentes de campo de este proyecto se previó comparar una serie de diseños económicos y fáciles de colocar y retirar en estaciones fijas. El diseño seleccionado será utilizado en el programa de monitoreo previsto para etapas futuras.

Se utilizaron diversos diseños de colectores los cuales fueron ubicados en dos áreas previamente acordadas con pescadores, ellas fueron el área de manejo de erizo denominada Pulelo ubicada en el sector de mar interior de la Isla de Chiloé y Pargua, en el Canal de Chacao. Para la selección de los lugares se usaron criterios de accesibilidad, cuidado por parte de los pescadores e indicadores empíricos de existencia de erizos pequeños. En ambos lugares se colocaron líneas con distintos colectores los cuales estuvieron conformados por: malla rachel, malla cebollera, caja lechera con malla ostionera en su interior, set de placas de policarbonato y canastillos de PVC con malla anchovetera interna.

Además de los colectores anteriormente señalados se investigó la posibilidad de usar rejillas que ya han sido probadas por la Universidad Austral de Chile en la reserva de Mehuin y la Pontificia Universidad Católica de Chile en su estación de Las Cruces, lamentablemente no se encontró este material en el mercado.

De acuerdo a los antecedentes disponibles de la literatura, más la información proporcionada por pescadores e industriales se consideró apropiado hacer la instalación de colectores en el mes de noviembre.



A.11 Relación entre la talla y la masa gonadal

La contribución reproductiva como función de la talla es un elemento fundamental tanto desde el punto de vista del valor del producto como del establecimiento de una talla mínima (y eventualmente de una talla máxima), un elemento necesario dentro de las opciones de manejo descritas más adelante. Se prevé estimar la contribución reproductiva (y por añadidura el valor del producto) mediante el peso de las gónadas, un proxy conveniente de la fecundidad. Se juzga que no existe justificación para la estimación de la fecundidad. Dado que la contribución reproductiva está sujeta a gran variabilidad (Starr *et al.*, 1993), la relación entre DT y el peso de las gónadas será estimada para las dos estaciones de estudio, con la mayor frecuencia permitida por el plan de muestreo.

La obtención de las muestras para este estudio ha sido descrita en puntos anteriores (3.1.3.2-A.7).

A.12 Fecundidad Potencial

A sugerencia del evaluador se desarrolló en el mes de octubre un muestreo con el fin de obtener una estimación de fecundidad por clase de talla. Se obtuvieron 224 ejemplares de erizo *L. albus* de diferentes tallas, desde el sector Pargua (**Tabla 3.2**), el día 3 de Octubre del 2002. Se trasladaron al Centro Maricultura Hueihue, donde fueron inducidos al desove mediante una inyección de 5 ml de KCl 0.5 M vía cavidad peristomal. La recepción de los huevos se hizo en vasos plásticos con agua de mar filtrada. En el caso de hembras se permitió la emisión de huevos por 90 minutos, en el caso de los machos solo se registro su sexo. Luego, de 90 minutos los erizos emiten casi la totalidad de sus gametos, por lo tanto se calculó volumétricamente la cantidad de huevos. Experiencias previas permiten asumir que 1 ml de huevos equivale aproximadamente a 150.000 huevos.



3.2 Manejo espacialmente explícito: Bases para el desarrollo del programa

A continuación se describe la metodología que permitió dar cumplimiento a los objetivos específicos 2.1.2, 2.1.3 y al objetivo general, de acuerdo a la presentación efectuada en los TTR. Este modo de presentación obedece a que el resultado de estos objetivos no resulta fácil de abordar por separado dado que están encadenados sus resultados, se ha considerado que de esta forma se facilitará la lectura y comprensión de los mismos.

3.2.1 Opciones de Manejo

Se consideró en primer lugar el contexto general en que se desenvolvería este proyecto, incluyendo el sistema de manejo, las estrategias de explotación viables y los controles asociados. Cada expresión se utilizó de manera rigurosa, según las definiciones establecidas en el TTR.

3.2.1.1 Sistema de manejo

Por tal se entiende el sistema en el que se definen las estructuras institucionales para el manejo y la asignación de derechos de uso, un conjunto al que algunos se refieren como “Estructuras Institucionales Estratégicas” (Charles, en Orensanz y Jamieson, 1998). El marco de referencia en el caso de este proyecto son los derechos de uso territorial (TURFs, por “*Territorial Use Rights in Fisheries*”) y el co-manejo a que dan lugar, introducidos en la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) de 1991 bajo el nombre de “*Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos*”, o más simplemente “*Áreas de Manejo*”. Éstas han sido objeto de estudio por varios autores (Stotz, 1997; Castilla *et al.*, 1998). Existen otros antecedentes de TURFs que involucran pesquerías de erizo, por ejemplo Juinio-Méñez *et al.* (1998). Los sistemas alternativos son el acceso abierto (restringido



por la propiedad estatal sobre los recursos y modificado por las prácticas tradicionales de acceso), y un espectro de sistemas de entrada limitada diferenciados en la regulación de la transferibilidad de los derechos (por ejemplo permisos).

3.2.1.2 Estrategia de explotación

Conforme a lo estipulado en los TTR la estrategia de referencia fue la *rotación de áreas*. Esta ha sido tratada en distintos contextos. El más conocido son las estrategias formales de rotación óptima, originalmente desarrolladas en el manejo forestal y esencialmente parte de la misma familia que los modelos de “rendimiento por recluta”, mejor estudiados en las ciencias pesqueras Clark (1976). Por otra parte, hay unos pocos antecedentes de recursos pesqueros sedentarios en que la rotación fue introducida intuitivamente como una opción razonable y logísticamente fácil de implementar. Este es el caso de la pesquería de erizos del Estado de Washington, USA (Jones, 1977; Bradbury, 1990, 1991), el ejemplo mejor conocido (este sistema fue eliminado en 1996 por razones ajenas a su performance, como consecuencia de un litigio legal entre el Estado y las tribus indígenas del Puget Sound). La diferencia central entre la aplicación de estrategias de explotación en sistemas forestales y recursos pesqueros sedentarios es la variabilidad e impredecibilidad del reclutamiento y, por ende, del proceso de recuperación de las parcelas explotadas. Esta complejidad adicional (no tratable analíticamente) ha llevado al uso de ejercicios de simulación (por ejemplo Caddy y Seijo, 1998), algunos de ellos motivados por la pesquería del erizo rojo (Botsford *et al.*, 1993; Pfister y Bradbury, 1996). Botsford *et al.* (*op. cit.*), por ejemplo, incorporaron en sus simulaciones los “efectos de Allee” (mecanismos depensatorios) discutidos en la Sección 4.3.1.a. Es importante hacer notar que los dos referentes principales (a nivel mundial) sobre rotación en pesquerías en



general, y en stocks de erizos en particular, estuvieron asociados con esta propuesta en calidad de consultores externos: el Prof. L. Botsford (aspectos teóricos; University of California- Davis) y el Sr. W. (“Alex”) Bradbury (Implementación, WDF&G).

En nuestra perspectiva, un sistema de rotación de áreas debe incluir la consideración de refugios reproductivos, contemplados como instrumento de manejo en la LGPA bajo el nombre de “Reservas Marinas”. Estas reservas son un tipo específico de área marina protegida (MPA, por “Marine Protected Areas”), con el objetivo bien definido de establecer una salvaguarda contra la sobrepesca de un recurso particular. Este uso de las MPAs ha sido intensamente debatido en años recientes (Lauck, 1996; Clark, 1996; Houde *et al.*, 2000). En el caso específico de los erizos Rogers-Rogers-Bennett *et al.* (1995) atendieron a circunstancias naturales que proveen un refugio de facto, y Quinn *et al.* (1993), investigaron variaciones en el diseño con ejercicios de simulación.

Las alternativas a las estrategias rotativas serían en este caso la regulación por áreas del esfuerzo de pesca y/o de las capturas.

3.2.1.3 Controles

Los controles básicos en una estrategia rotativa son los tiempos de rotación y el número de particiones de los fondos de pesca, obviamente interdependientes. Estos pueden ser refinados mediante:

- ◆ La introducción de umbrales de densidad o CPUE por debajo de los cuales se cierra la explotación de una partición, y



- ◆ El ajuste de los tiempos de revisita en base a índices de recuperación observados mediante el programa de monitoreo. En este caso una parcela no se reabre a un nuevo pulso de explotación en tanto no se haya alcanzado el nivel de abundancia deseado.

Cualquiera sea la estrategia y los controles, éstos deberán ir en todos los casos acompañados de una talla mínima, la cual puede ser ajustada regionalmente conforme a la información disponible. Se consideró que sería importante, además, evaluar la conveniencia y factibilidad de una talla máxima, una opción considerada en las pesquerías de erizo rojo del Pacífico nor-oriental (CDF&G, 1994; Ebert *et al.*, 1995), sin embargo este análisis no se alcanzó a realizar.

3.2.2 Evaluación del sistema, las estrategias y los controles de manejo

El mérito y aceptabilidad de las opciones y alternativas introducidas más arriba (*evaluación del sistema, las estrategias y los controles de manejo*), se propuso que serían discutidos y evaluados en el curso de talleres, en los cuales administradores (de la Subsecretaría de Pesca), pescadores (organizaciones de las X y XI Regiones) y técnicos (partícipes de esta propuesta) tendrían acceso a ejercicios de simulación con una interfase amistosa. Walters *et al.* (1998) describen un ejemplo de este tipo de ejercicio. Las conclusiones de estos talleres serían un input principal en el diseño del plan piloto a ser implementado durante los años subsecuentes del programa plurianual, sin embargo esta actividad, según se observará en la entrega de los resultados, no fue concluida del todo en esta primera fase del proyecto.



3.2.3 Objetivo general: bases para el desarrollo del programa plurianual

Se propuso elaborar un programa de investigación plurianual que permitiera abordar el Objetivo General del proyecto.

En términos operativos, este Objetivo General implicaba evaluar la performance esperada de distintos procedimientos de manejo espacialmente explícitos para la pesquería del erizo. En términos generales, un procedimiento de manejo (*sensu* Butterworth y Punt 1999, Deriso *et al.* 1998, pg. 54-55) debe especificar el programa de monitoreo a usar para el seguimiento del recurso, la estrategia de explotación y el tipo de controles para implementarla (sección 4.2.1), y los algoritmos de decisión para traducir la información recabada en el programa de monitoreo en regulaciones (controles) de manejo. En el caso de una estrategia de rotación, existe una variedad de alternativas a evaluar, que involucran, por ejemplo, distintas fracciones del área total abiertas a la explotación cada año, distintas formas e intensidades de monitoreo como base para regular la reapertura de áreas previamente explotadas, y distintas densidades umbrales para regular el cierre y apertura de bancos. La forma más expeditiva para evaluar los resultados esperados de los distintos procedimientos posibles es probar su efectividad en ejercicios de simulación, aspecto que no fue abordado en esta fase del proyecto. Un aspecto crítico de la evaluación de procedimientos de manejo es el diseño de “*Modelos Operativos*” (Butterworth y Punt 1999, Parma 2000) que representen en forma realista los distintos escenarios posibles para la dinámica del recurso y la pesquería. Es en este marco que la información disponible y a adquirir acerca de los procesos básicos de la dinámica cobra valor en términos del manejo. Es importante distinguir dos tipos de información necesaria sobre el sistema. Por un lado está la información básica que permite caracterizar los procesos poblacionales y pesqueros en términos formales para construir el *Modelo Operativo*. Por otro, está la información acerca del *estado* del sistema a adquirir



mediante un protocolo regular de monitoreo para ser usada directamente en las regulaciones de manejo. El programa plurianual de investigación debe atender a ambas necesidades. Por un lado, debe aportar información básica combinando análisis de información existente y a adquirir mediante muestreos de campo y en base a la implementación de un *Plan Piloto de Pesca Experimental*. Por otro, debe poner a punto la metodología a usar en los programas regulares de monitoreo requeridos para implementar el procedimiento de manejo elegido.

El proyecto plurianual debe culminar con la elaboración de una tabla de decisión donde procedimientos de manejo alternativos sean evaluados en términos de su potencial para alcanzar los objetivos de manejo, determinados en conjunto por los administradores de los recursos y por los usuarios. Dada la imposibilidad de especificar completamente los procesos dinámicos relevantes que determinarían el éxito de una u otra alternativa de manejo, la concepción de *Procedimientos de Manejo* debe ser vista en términos adaptativos (Walters 1986, Parma *et al.* 1998). Buena parte del aprendizaje acerca del sistema ocurrirá una vez implementado el procedimiento de manejo a la escala global de la pesquería.

3.2.3.1 Consolidación de un modelo operativo para la pesquería del erizo

Los distintos componentes de la dinámica poblacional del erizo y de su pesquería, modelados por separado durante el segundo año del programa plurianual, serán integrados en un modelo general para la metapoblación y la pesca. El modelo deberá ser usado como modelo operativo (de simulación) para la evaluación de procedimientos de manejo alternativos. El modelo tendrá capacidad para representar escenarios alternativos de reclutamiento y conectividad entre las subpoblaciones, los procesos post-dispersión a la escala local de cada banco, y el proceso de pesca. Para ser usado como modelo operativo en la evaluación de



políticas de manejo, será necesario simular también el programa de monitoreo y su traducción en medidas que afectan el proceso de pesca. Esto permitirá implementar en la simulación el proceso completo del manejo, incluyendo (i) la obtención de nuevos datos, (ii) la aplicación del algoritmo de feedback de decisión para el cálculo de los controles o acciones de manejo, y (iii) el efecto de los controles regulatorios en la dinámica del proceso de explotación simulado.

3.2.3.2 Implementación de un plan piloto de pesca experimental

La información analizada durante el primer año del proyecto y los resultados de los talleres conjuntos con pescadores y administradores serán usados para elaborar un *Plan Piloto de Pesca Experimental*. El objetivo del mismo será implementar, a una escala reducida y por ende manejable, un plan de rotación experimental con participación de parte de la flota artesanal. La pieza de información central para el diseño de un procedimiento de manejo rotativo de áreas es la determinación de las tasas de recuperación de áreas explotadas. La estimación de dichas tasas debe, forzosamente, realizarse a la escala espacial de los bancos de pesca. Ese será el objetivo formal específico usado para el diseño del plan experimental. La implementación de dicho plan permitirá, además, mejorar los protocolos de monitoreo y los mecanismos del proceso participativo.

3.2.3.3 Evaluación de procedimientos de manejo alternativos

El modelo operativo a desarrollar durante el segundo año del programa multianual será usado para la evaluación de procedimientos de manejo alternativos. Un set específico de candidatos a evaluar, considerados plausibles *a priori*, será definido en forma conjunta con administradores y pescadores. La selección se realizará atendiendo a consideraciones biológico-técnicas, así como a los aspectos prácticos relacionados a la implementación, tanto en lo que se refiere a los



programas de monitoreo requeridos como a los problemas de regulación y fiscalización asociados a cada alternativa de manejo. La evaluación seguirá los procedimientos usuales en este tipo de análisis (Butterworth y Punt 1999, Parma 2002). Se definirá una serie de indicadores de desempeño que reflejen los objetivos del manejo y los intereses de los distintos sectores involucrados. El objetivo del análisis es identificar alternativas que sean robustas, esto es, cuya performance en términos de los indicadores de desempeño sea adecuada frente a una serie de escenarios que representen el estado de conocimiento adquirido sobre el recurso y las incertidumbres consideradas centrales. Por ejemplo, aún cuando los procesos centrales de la dinámica que determinan las tasas de recuperación de poblaciones explotadas y la frecuencia media de revisita de un mismo banco estén incompletamente especificados y sean poco predictibles, es posible concebir procedimientos robustos de feedback que respondan directamente a los índices de abundancia para regular el cronograma de cierres y aperturas de los bancos. Por ejemplo, el sistema de rotación implementado en el estado de Washington para la pesquería del “geoduck” especifica que los bancos no pueden ser revisitados hasta cuando los indicadores de densidad no hayan recuperado el nivel estimado antes de la cosecha (Orensanz *et al.* 2000).

3.2.3.4 Redimensionamiento de la escala del plan de pesca experimental

Los resultados del *Plan Piloto De Pesca Experimental* y de la evaluación de *Procedimientos Alternativos de Manejo* alternativos serán usados para considerar opciones para la expansión del *Plan Piloto* a la escala global de la pesquería. Más allá de los resultados de tipo biológico-técnicos a producir mediante el programa de investigación plurianual, la experiencia con el *Plan Piloto* permitirá anticipar las posibles complicaciones logísticas y organizativas involucradas en la expansión del programa de manejo. Posiblemente, el desafío más grande para la implementación de un programa de manejo a la escala de la pesquería no esté en



los aspectos biológico-técnicos sino en asegurar la continuidad de la participación responsable de los pescadores en el manejo y su compromiso en proteger la sustentabilidad de la pesquería. Tal como lo demuestra el incipiente programa de Áreas de Manejo, la clave para la sustentabilidad consiste en ofrecer los incentivos apropiados que promuevan el comportamiento deseado en todos los actores involucrados en el proceso de comanejo: pescadores, científicos y administradores (Hilborn y Orensanz, MS).

3.2.3.5 Etapas del Programa Plurianual

Los siguientes estadios fueron previstos para el desarrollo del programa:

- Año 1.** Especificación general del sistema e identificación de las opciones de manejo. Corresponde al presente proyecto.

- Año 2.** Basado en los resultados del Año 1, diseño e implementación de un *Plan Piloto de Pesca Experimental*. Análisis (estimación y modelado) conducente a la consolidación de un *Modelo Operativo* definitivo (Sección 4.4.a). Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica (SIG). En todos los casos, durante el primer año se hicieron progresos substanciales a lo largo de las líneas previstas para el segundo año.

- Año 3.** Continuación del *Plan Piloto de Pesca Experimental*. Evaluación de *Procedimientos Alternativos de Manejo*.

- Año 4.** Continuación del *Plan Piloto de Pesca Experimental*
Redimensionamiento de la escala del *Programa de Pesca Experimental*.



3.3 Soporte técnico para la propuesta de programa plurianual

3.3.1 Desarrollo de un modelo operativo

El desarrollo y discusión del modelo operativo que se presenta en este proyecto fue el resultado del trabajo metodológico conducido con apoyo de una Pew Fellowship in Marine Conservation acordada a uno de los autores (Orensanz) y conducido por los doctores Orensanz y Parma. Fueron concebidas por ellos de manera que convergieran con los objetivos del proyecto, dando como resultado METAPESCA, el cual es un modelo general para la dinámica de una metapoblación de organismos bentónicos, compuesta por subpoblaciones conectadas entre ellas por dispersión larval. En su versión inicial, el modelo tenía algunos aspectos en común con un modelo de simulación utilizado por Botsford (1995) y Botsford *et al.* (1998) para explorar la dinámica de este tipo de recursos. Esos modelos fueron discutidos en detalle durante un taller conducido en octubre de 2001 en Valparaíso, del que participó el Prof. Botsford (**Anexo 5**). El y su grupo los han aplicado específicamente a los stocks de erizo de California, así como en la exploración de estrategias rotativas y de los efectos de áreas marinas protegidas (Botsford *et al.*, 1993, 1999). Versiones posteriores de METAPESCA incorporan explícitamente el proceso de pesca y el manejo.

Una descripción de las componentes de este trabajo se entrega en el capítulo de resultados y en el **Anexo 6**.

3.3.1.1 Modelado de la dinámica de las metapoblaciones

En el modelado de la dinámica de las metapoblaciones se consideraron los siguientes componentes:



- ◆ Procesos locales pre-dispersión en cada celda emisora de larvas de la matriz espacial. Estos procesos incluyen tanto mecanismos compensatorios (denso-dependencia en el crecimiento, y por ende en el output reproductivo) como densatorios (denso-dependencia de las tasas de fertilización).
- ◆ Dispersión, modelada de modo que la probabilidad de dispersión entre la celda emisora y la receptora es alguna función de la distancia entre las mismas, con eventuales modificadores.
- ◆ Procesos locales post-dispersión en cada celda receptora, incluyendo mecanismos compensatorios (inhibición del asentamiento por parte de los residentes) y densatorios (atracción de larvas competentes por parte de los residentes).

El modelo inicial será una variación del propuesto por Botsford (1995) y Botsford *et al.* (1998), ulteriormente afinado para incorporar elementos cualitativos de la circulación costera (Wing *et al.*, 1995, 1998). Es muy importante resaltar que en el caso de los erizos existe sólida evidencia empírica de la existencia de mecanismos densatorios (“Allee effects”), tanto en los escenarios de pre-dispersión (Pennington, 1985; Levitan, 1991; Levitan y Sewell, 1997) como de post-dispersión (Tegner y Dayton, 1977).

3.3.1.2 Modelado del proceso de pesca

Resulta obvio que en la implementación de estrategias de manejo espacialmente explícitas es indispensable analizar el comportamiento de asignación espacial del esfuerzo por parte de los pescadores. La pieza básica de información en este sentido serán los registros históricos de desembarcos por procedencia disponibles en el IFOP, complementados con información obtenida a través de entrevistas



estructuradas a los pescadores (sección 4.1.1.c). El análisis básico utilizará como referencia modelos del tipo de la bien conocida Distribución Libre Ideal (IFD, por “Ideal Free Distribution”) o el modelo “gravimétrico” (Walters *et al.*, 1993), un caso especial de la primera. En algunos casos se considerarán modelos más complejos, del tipo de los desarrollados por Wilén (2000) para la pesquería de erizos de California.

3.3.2 Especificación del sistema

3.3.2.1 Estimación de parámetros-modelos de procesos biológicos “post dispersión”.

Se explorarán los modelos propuestos para el análisis de frecuencias de tallas en poblaciones de erizos, tanto para la estimación de parámetros de crecimiento, mortalidad y reclutamiento (Ebert *et al.*, 1995; Barry y Tegner, 1989; Smith y Botsford, 1998) como en modelos poblacionales basados en datos de captura por tallas (Lai y Bradbury, 1998). Se considerarán también las posibilidades y problemas que presentan los datos de captura-recaptura de individuos marcados con tetraciclina (Ebert *et al.*, 1999) y la factibilidad de utilizar determinaciones de edad. Los resultados serán discutidos críticamente y consolidados en el curso de un taller a ser conducido durante el mes 8 del proyecto (Sección 6.3). En base a estos resultados, conjuntamente con la revisión de la literatura y resultados de experimentos metodológicos (*Objetivo 1- Considerandum 5.2.1*) se formularán recomendaciones con respecto a los datos y protocolos de estimación a ser utilizados en años subsecuentes.



3.3.2.2 Plataforma para el análisis de procesos espaciales: Desarrollo de un sistema de información geográfica (SIG)

Comenzando en el segundo año del programa previsto de deberá desarrollar un Sistema de Información Geográfica del área de estudio al que se deberá incorporar la información ecológica y pesquera descrita en otras secciones de esta propuesta. De importancia muy especial será el mapeo de las “procedencias”, en razón de (1) la importancia que ello reviste en la partición de una región con vistas a la implementación de una estrategia rotativa, y (2) la necesidad de analizar el comportamiento de asignación espacial del esfuerzo por parte de los pescadores. Caddy y Carocci (1999) presentan un excelente ejemplo de este último aspecto. Durante el primer año se seleccionará el sistema y se llevará a cabo el trabajo preparatorio. Se prevé el uso de software con capacidad para análisis estadísticos espaciales, al estilo de la interfase de ARCVIEW con el módulo estadístico de S+.

3.3.2.3 Coherencia en el reclutamiento

La dinámica de una metapoblación, en particular su patrón de conectividad, es elusiva desde una perspectiva observacional, al punto de que es necesario concebir estrategias de explotación que sean robustas ante la irreductible incertidumbre asociada con estos escenarios. De todos modos, el valor conceptual de cierta comprensión de los patrones de conectividad (aún cuando cualitativa; Ebert *et al.*, 1994) es incuestionable. Un elemento que puede proveer elementos útiles a través del programa de monitoreo es una red de colectores de asentamiento larvario (*Objetivo 1- Considerandum 5.2.1-Bases especiales*). La sincronía del asentamiento en una cierta región, por ejemplo, puede reflejar conectividad. Otros patrones de interés son los pulsos característicos de poblaciones espasmódicas (Pearse y Hines, 1987) y la determinación de áreas de retención larvaria relacionadas con la topografía costera (Ebert y Russell, 1988).



3.3.2.4 Dinámica post-cosecha de las parcelas explotadas

El feedback del programa de manejo propuesto más adelante se origina en buena medida en la observación del proceso de recuperación del stock en las regiones explotadas. En ese sentido, el monitoreo a través de una red de localidades de observación (*Objetivo 1- Considerandum 5.2.1- Bases especiales*) es un componente fundamental. Se considera que en la observación de la recuperación post-cosecha se debe atender tanto a la abundancia como a la distribución espacial de la abundancia a escala local, en particular teniendo en cuenta los mecanismos depensatorios indicados con anterioridad. Las formas de caracterizar el patrón de abundancia serán perfiles de concentración pre- y post-cosecha, en tanto aquellos capturan las propiedades de segundo orden del proceso espacial (en este caso la abundancia) a una escala de observación de interés (Orensanz *et al.*, 1998, 2000; Prince y Hilborn, 1998).

Los erizos tienen una influencia substancial sobre las comunidades de que forman parte, al punto de que tal vez no existan otras pesquerías en que los efectos ecológicos de la extracción de la especie objetivo sean más visibles (Tegner y Dayton, 1991). El efecto general es el desarrollo de la vegetación bentónica (por ejemplo “kelp beds”; Harrold y Pearse, 1987; Johnson y Mann, 1993) cuando los erizos son removidos (sea por la pesca o por causas naturales; Pearse y Hines, 1979; Scheibling y Raymond, 1990; Christie *et al.*, 1995; Leinaas y Christie, 1996), y la desaparición de aquella cuando la población de erizos aumenta (Hagen, 1995), al punto de que los fondos se transforman en los bien conocidos “desiertos rojos”, dominados por algas coralináceas incrustantes, resistentes al ramoneo. Dinámicas ecosistémicas generales similares a la generada por la pesca resultan de la depredación por langostas (Scheibling, 1994, 1996; Elnor y Vadas, 1990),



nutrias de mar, o catástrofes climáticas (Tegner y Dayton, 1987, 1991). Es en razón de la importancia de estas interacciones ecológicas que en las tareas de monitoreo se deberá prestar atención no sólo a la población de erizos sino también al desarrollo y composición de la vegetación algal.



4. RESULTADOS

4.1 Marco regulatorio: Legislación pesquera del erizo

Se ha considerado pertinente entregar al inicio de los resultados el marco regulatorio tanto legislativo como normativo que ha regulado y regula la pesquería del erizo y su proceso extractivo.

- **Vedas**

La autoridad pesquera determinó, por primera vez, en 1981 una veda de tipo reproductiva, aplicada entre la I y XI Región, para el período noviembre a marzo. En 1986 modificó la medida, retrasándola para los meses de octubre a enero en las mismas Regiones, dejando sin veda estacional a la XII Región. En 1994 aplicó por primera vez una veda en la XII Región, modificando el período y temporada de ésta entre ese año y 1999 tres veces (**Tabla 4.1**).

Desde el año 1987 el periodo de veda estuvo fijo desde la I a la XI Regiones entre el 15 de octubre y el 15 de enero. Luego el año 2000 fue modificado, produciéndose una extensión para las Regiones X y XI entre el 16 de enero y el 1 de marzo, comenzando a regir en el período octubre 2000 y marzo 2001. En resumen la veda para las Regiones en estudio desde el año 2000 rige entre el 15 de octubre y 1 de marzo.

Los pescadores que extraen erizo para venta en fresco no estuvieron de acuerdo con esta última medida, como tampoco las autoridades regionales (principalmente turismo). Por este motivo, en los años 2001 y 2002 se realizaron Pescas de Investigación en el período comprendido entre el 15 de enero y 1 de marzo, con el



fin de permitir la extracción de erizo para consumo en fresco. Es decir, si bien se modificó el período de extracción, a la vez, se abrió una ventana temporal para aquellos pescadores que venden sólo en fresco.

- **Tallas mínimas legales**

El erizo ha tenido una talla mínima legal de extracción (TML) desde 1934, la cual fue fijada en 10 cm de diámetro, medida que fue ratificada en 1965. A partir de 1980, la TML se redujo a 8 cm de diámetro sin incluir las púas. En 1986 se disminuyó, nuevamente, a 7 cm, regulación vigente hasta hoy (**Tabla 4.2**).

- **Régimen de manejo**

La pesquería del erizo está declarada como una pesquería que ha alcanzado el Régimen de Plena Explotación; es decir, la situación en que la pesquería llega a un nivel de explotación tal que, con la captura de las unidades extractivas autorizadas, ya no existe superávit en los excedentes productivos de la especie hidrobiológica (Ley de Pesca, Título II, art. 2, numeral 21), con lo cual el Estado ha cerrado la inscripción en el Registro Pesquero Artesanal (Ley de Pesca, Título III, art. 33). En relación con este registro cabe mencionar que junto con la Ley de Pesca (año 1991), se creó este Registro en el cual debían inscribirse todos los agentes que participaran en la extracción de recursos pesqueros y sus naves. Es así que los buzos que explotaban el erizo pudieron inscribirse hasta el año 1995 en el cual comenzaron a haber cierres de los registros para esta pesquería por Región. Estos fueron: XII Región se cerró el 12 de enero; X y XI Regiones se cerró en el mes de mayo y en septiembre del mismo año, que se produjo el cierre en el resto del país. Posteriormente, en el mismo año se abrió una ventana de inscripción en la XII Región entre el 25 y 29 de septiembre.



En el año 1995 existían 12.022 buzos inscritos a nivel nacional de los cuales 5.664 y 816 correspondían a las Regiones X y XI, respectivamente, es decir, el 54% estaban inscritos en las regiones en estudio. El año 2000 se efectuó una actualización de los registros, quedando inscritos en la pesquería de erizo un total de 6.724 buzos a nivel nacional de los cuales 3.340 y 452 corresponden a las Regiones X y XI, respectivamente.

El régimen de plena explotación para la pesquería del erizo está vigente para todo el país desde el 01 de enero de 2000 hasta el 31 de diciembre de 2004 (Res.Esp. N°2615/ 1999).

4.2 Recopilación de antecedentes técnicos

La propuesta técnica contemplaba la revisión de tres grupos de información sobre el sistema de interés:

- La literatura científica y técnica
- La base de datos históricos de desembarque del IFOP
- El conocimiento empírico de los propios pescadores

4.2.1 Literatura científica técnica

Este aspecto se analizó en base a dos componentes: la literatura específica del erizo comestible (*Loxechinus albus*), y la referente a otras especies comerciales de erizo. Con respecto a la primera se prestó especial atención a la búsqueda y revisión de literatura nacional. La segunda componente se identificó como literatura internacional.



A.1 Revisión literatura científica y técnica nacional.

A continuación se presenta un resumen de los principales estudios biológicos, ecológicos y pesqueros del recurso erizo (*Loxechinus albus*) realizados en Chile, con especial énfasis en aquellos originados en la zona sur austral.

Para la revisión bibliográfica se consultaron las siguientes bibliotecas:

- Biblioteca Central Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso.
- Biblioteca Periférica Instituto de Fomento Pesquero, Puerto Montt.
- Archivo Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso.
- Biblioteca Universidad de Magallanes, Punta Arenas.
- Biblioteca Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Biblioteca Universidad de Concepción, Concepción.
- Biblioteca Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Biblioteca Universidad de Valparaíso, Viña del Mar.
- Biblioteca Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.
- Biblioteca Universidad de Chile, Santiago.
- Biblioteca Universidad Católica del Norte, Coquimbo.
- Biblioteca Universidad de Antofagasta, Antofagasta.
- Biblioteca Universidad Arturo Prat, Iquique.
- Biblioteca Universidad de Los Lagos, Osorno y Puerto Montt.
- Biblioteca CONICYT, Santiago.

Dos revisiones recientes han sintetizado información sobre la ecología del erizo chileno (Vásquez, 2001) y su pesquería (Andrew *et al.*, 2002). No obstante, el foco de las mismas fue muy distinto al de este proyecto. En esta revisión se prestó atención a reportes técnicos conteniendo información sobre el status de los stocks, data previa a la iniciación de la pesquería, y estimación de parámetros



(o aún observaciones) de interés para el modelado de las poblaciones explotadas de erizo.

A.1.1 Ciclo biológico reproductivo

El ciclo reproductivo del erizo ha sido estudiado por diversos autores en lugares y épocas diferentes. Bay-Smith *et al.* (1981) estudió poblaciones de la X y XI Regiones, encontrando que el desove ocurría entre octubre y diciembre. Posteriormente, Reyes *et al.* (1991) determinaron la existencia de un importante desove en octubre en una población del Canal Yelcho (X Región, Quellón). Arias *et al.* (1995) documentaron una intensa actividad gamética entre los meses de octubre y enero en poblaciones de erizo de Carelmapu y Melinka, con madurez gonadal máxima en octubre y el máximo de evacuación de gametos entre noviembre y diciembre. Estos resultados confirman los resultados obtenidos por Bay- Smith *et al.* (*op. cit.*).

Zamora y Stotz (1992), por su parte, postularon que la época de desove presenta diferencias a lo largo del país atribuible a la temperatura. Observaron, además, evidencia de coincidencia de los desoves con temperaturas bajas, producidas durante los días más cortos del año, seguidos por períodos de alta productividad primaria, lo cual implicaría una eventual sincronización entre ambos fenómenos.

En un estudio de Lozada & Arias, 1992, se obtuvo evidencia de fenómenos de hermafroditismo, lo cual no es infrecuente en especies de sexos separados. Ello se comprobó mediante un examen histológico del tejido gonadal, verificándose la presencia de folículos de células germinales masculinas y otros con células germinales femeninas. Los autores no indican que fracción de la población presenta el fenómeno.



Dentro de los estudios del ciclo reproductivo destaca el de Guisado *et al.* (1998), realizado en ocho Regiones del país (I a VIII). Estos autores concluyeron que el período de maduración se prolonga por varios meses, principalmente entre fines del verano y comienzos de primavera, iniciándose primero en las Regiones del norte (I a VI), y concluyendo hacia fines de primavera en las Regiones del sur (VII a VIII). El proceso de desove se presentaba durante los meses de primavera e inicios del verano, observándose reclutamiento masivo entre octubre y enero. Según estos antecedentes, los resultados obtenidos de los estudios reproductivos efectuados en las regiones australes son coherentes, confirmando la tendencia mostrada en el norte y centro de Chile en cuanto que el período de la maduración, desove y reclutamiento se desplaza tres o cuatro meses desde el invierno hacia el verano.

A.1.2 Talla de primera madurez

La talla mínima de desove estimada para la XI Región depende en gran medida de la metodología empleada y del tamaño muestral. Utilizando una técnica visual se estimó una talla de 2,5 a 3,0 cm de diámetro de testa (DT), mientras que Bay-Smith *et al. (op. cit.)*, mediante análisis histológico, estimaron una talla (DT) de 3,0 cm en machos y 3,5 a 4,0 cm en hembras. Arias *et al.* (1995) concluyeron que el inicio de la madurez sexual en Carelmapu (X Región) tiene lugar (en promedio) a los 3,5 y 3,7 cm de DT en machos y hembras, respectivamente. En la XI Región (sector de Melinka) los mismos autores estimaron tallas medias de 4,0 y 3,6 cm (DT) para machos y hembras respectivamente, en tanto Guisado *et al.* (1998) determinaron una talla mínima de madurez entre los 3,3 a 4,5 cm para poblaciones ubicadas entre la I y la VIII Región.



A.1.3 Fecundidad potencial

Guisado (1995) estimó una fecundidad potencial de entre 5,0 a 7,2 millones de huevos para erizos de 5,2 a 7,2 cm (DT), la cual es considerada alta comparada con otros erizos. En otro estudio, que se extendió desde la I hasta la VII Región, también se estimó una fecundidad alta (Guisado *et al.*, 1998). Estos últimos autores determinaron una función de tipo exponencial entre la talla y la fecundidad y encontraron que erizos de talla superior a 60 mm producían en promedio más de 10 millones de ovocitos.

Otros antecedentes aportados por este proyecto se entregan en el punto 4.2.1.5 – A.13.

A.1.4 Fase larval

La duración de la fase larval pelágica ha sido estudiada en condiciones de laboratorio por diversos autores (Pereira *et al.*, 1987; Zamora & Stotz, 1991; Guisado, 1991; Olave, 1992), los cuales han determinado un período, de al menos, 30 días, lo que implica un alto potencial de dispersión. Este potencial debe evaluarse en función de procesos oceanográficos de deriva y transporte de masas de agua. La circulación en los fiordos y canales del sur de Chile está aún poco estudiada. La circulación en las aguas interiores de Chiloé está gobernada por las mareas y por el efecto Ekman; cuando el viento predominante sopla desde el cuadrante sur, el agua interior del Seno Reloncaví es arrastrada hacia el oeste y cuando hay viento Norte, el arrastre se produce hacia el este (Clement *et al.*, 1988). Según Moreno *et al.* (1996), las zonas de mayor probabilidad de transporte de larvas de erizos son aquellas que poseen una gran cantidad de canales transversales que conectan las aguas abiertas del Pacífico con las aguas interiores de los archipiélagos. El mayor y principal de estos es el Golfo del Corcovado, que se conecta con el canal Moraleda.



A.1.5 Asentamiento y reclutamiento

La información disponible es escasa. Como observación puntual se detectó abundantes erizos de 2,0 a 3,0 mm (DT) en los meses de marzo y abril de 1991 en la Reserva Marina de Mehuín (Gebauer, 1992), en pozas intermareales bajas y medias, sobre y entre algas calcáreas. Más al norte, en Coquimbo, González *et al.* (1991) y Stotz *et al.* (1992) han encontrado juveniles de 1,0 a 3,0 mm (DT) en zonas con *Gelidium* y *Coralina officinalis*. Todas estas observaciones son consistentes con la hipótesis de asentamiento intermareal propuesta por Guisado y Castilla (1987) para la zona central del país, y por Moreno y Zuleta (1987) para la costa Valdiviana. Tras asentarse en el intermareal, los erizos tendrían una migración ontogenética hacia el submareal, ya que a un determinado tamaño escaparían mejor a la depredación.

También se ha documentado fallas en el proceso de reclutamiento para poblaciones de la XII Región (Stotz *et al.*, 1998).

A.1.6 Crecimiento

El proceso de crecimiento del erizo ha sido estudiado de manera no sistemática a lo largo de la costa de Chile y utilizando métodos diversos. Destacan los trabajos de Arias(1990), Reyes *et al.*, (1992), Subpesca (1994), Gebauer y Moreno(1995), y Gálvez (1996), los cuales fueron conducidos sobre poblacionales de erizos de la X y XII Regiones. En términos generales, las funciones ajustadas de crecimiento con la ecuación de von Bertalanffy, determinaron que la talla mínima legal se alcanzaría entre los 4 a 5 años de edad.

También se ha evaluado el crecimiento en condiciones experimentales con suministro de dieta algal (Bükle *et al.*, 1977; Zegers *et al.*, 1983; Guisado y



Castilla, 1987; González *et al.*, 1990; Pereira *et al.*, 1991), así como la eficiencia alimenticia de diferentes tipos de dietas artificiales, elaboradas a base de algas como *Macrocystis*, *Gracilaria* y *Ulva* (González *et al.*, 1989; Olave *et al.*, 1999; Bustos *et al.*, 2000).

Entre los métodos utilizados para determinar el crecimiento se mencionan: lectura de anillos en placas interambulacrales y genitales, seguimiento de un grupo modal de talla en el tiempo en el ambiente natural, y estimación de crecimiento de erizos en sistemas de cultivo.

A.1.7 Mortalidad

Respecto a la mortalidad natural, los depredadores documentados incluyen estrellas de mar (*Meyenaster gelatinosius*; Dayton *et al.*, 1977), el rollizo (*Pinguipes chilensis*) y los lábridos (Moreno y Vega, 1988; Bustos *et al.*, 1991).

Las estimaciones de la tasa finita de mortalidad natural, efectuadas por diversos autores, han fluctuado entre 10% y 25% anual (Jerez, 1987; Reyes *et al.*, 1992; Gálvez, 1996; Guisado *et al.*, 1998).

A.1.8 Dinámica y Evaluación de las poblaciones

Los trabajos sobre la dinámica y evaluaciones de las poblaciones de erizos son escasos, aunque existen algunos estudios de prospecciones y evaluaciones directas efectuadas a fines de la década del 70 y hasta mediados de los 80, antes de la expansión de la pesquería orientada a la exportación (Norambuena *et al.*, 1976; Aranda & Gili, 1978a,b ; Aranda *et al.*, 1979; Aranda & Gimpel, 1980; Inostroza *et al.*, 1983).



Es destacable que ya en esos años (1976 a 1978), los antecedentes respecto a valores de densidad relativa de los bancos, muestran una disminución promedio de, aproximadamente, un 30% para los mismos sectores (mar interior de Chiloé y Melinka, 43° a 44° lat. S) y en los mismos períodos de muestreo (verano).

Las estructuras de talla de los erizos muestran frecuencias de 3% a 5% del total muestreado con los valores máximos de diámetro de testa de 110 mm a 118 mm. En la actualidad los ejemplares muestreados en este proyecto no superan los 99 mm y las densidades relativas alcanzan valores promedio equivalentes a un 10% de la densidad estimada a mediados de los 70, en los mismo sectores donde se ha estudiado el recurso (Quellón y Melinka). Lo anterior es concordante con los antecedentes aportados por los estudios de Moreno *et al.*, 2001 sobre áreas potenciales de reservas marinas en la VIII y X Región y los datos recopilados por el Programa de Seguimiento de Pesquerías Bentónicas de IFOP (Barahona *et al.*, 1997 a 2001), donde se aprecia un claro aumento de la fracción de tallas inferiores a la mínima legal (7,0 cm) en los desembarques de erizos provenientes de la X y XI Regiones.

La tendencia observada, tanto en las tallas como en la densidad, podría ser el efecto de la explotación del recurso por más de cuatro décadas como también a las exigencias del mercado.

Si bien IFOP ha llevado el monitoreo de la pesquería del erizo en la X Región por más de 15 años, este no ha contemplado la realización de prospecciones o evaluaciones directas del recurso tal como se efectuaron hasta principios de los ochenta. La información de estos monitoreos es analizada en otro capítulo de este informe.



Durante la década del noventa, el interés del Estado y los privados (empresarios “ericeros”) se centró en la pesquería de la XII Región, en tanto los desembarques se monitorearon en la X y XI Regiones en 1994 (Arias *et al.*, 1995), mediante un proyecto financiado por el recién establecido Fondo de Investigación Pesquera. Este interés se basó en la mayor oferta que se generó en la Región de Magallanes, debido a la explotación de nuevos bancos vírgenes en zonas cada vez más australes. Producto de este interés, se efectuaron estudios biológico – pesqueros de los bancos de erizos de la XII Región, entre los que se destacan los de Gálvez, 1996 y Stotz, 2000, financiados por la empresa privada y Jerez *et al.*, 1997; Valladares, 1999, financiados por el Estado.

Destacan, por otra parte, los estudios de evaluaciones indirectas para la X Región realizadas por Jerez (1991) y para el sector del Archipiélago de los Chonos y Guaitecas, efectuadas por Zuleta *et al.* (1994) y Schipman, 1995. Cabe mencionar, también, que se ha documentado el comportamiento de la pesquería del erizo desarrollada en un horizonte de 13 años (1985 – 1997) en las Regiones X a la XII por Barahona & Jerez (1997). Estos autores confirmaron la tendencia en el desplazamiento de la flota en búsqueda de nuevos bancos, desde la X Región hacia la XI y XII Regiones.

En la actualidad, la pesquería está siendo monitoreada a lo largo del país mediante el proyecto “Investigación Situación Pesquerías Bentónicas 2002, de IFOP, el cual recoge información sobre variables pesqueras relevantes (Barahona *et al.*, 2000; 2001; y 2002 en preparación).

A.1.9 Repoblamiento

Existen escasas experiencias en acciones de repoblamiento de recursos bentónicos a nivel mundial con éxito documentado, y lo que ocurre en Chile no es



la excepción. El objetivo fundamental del repoblamiento es recuperar los niveles de abundancia de los stock naturales disminuidos o agotados, principalmente, por la sobreexplotación. Los antecedentes reunidos indican que el repoblamiento sólo se ha efectuado a nivel experimental, aunque los resultados obtenidos han sido satisfactorios, lográndose tasas de sobrevivencia en el rango de 20% a 50% luego de 6 a 10 meses desde la siembra para juveniles de talla media de siembra de 20 mm. (Godoy & San Martín, 1988; IFOP, 1988; Godoy & Troncoso, 1990; Figueroa *et al.*, 1999, González *et al.*, 2001).

A.1.10 Tecnología de proceso y cultivo

Los estudios relativos al aprovechamiento productivo del erizo son escasos y no se han realizado estudios específicos de este tema en la X Región. Los trabajos realizados tratan sobre el contenido bacteriológico en diferentes condiciones de mercado, la variación estacional de contenidos químicos y el proceso de la liofilización (Guisado & Rojas, 1971; Roca, 1974; Brusco, 1974).

En la actualidad, los estudios sobre el cultivo y la tecnología de procesos en el erizo han derivado hacia los procesos de optimización del cultivo artificial y la repoblación en el ambiente natural. Destacan los trabajos sobre el cultivo de erizo realizados por Guisado & Castilla, 1987, IFOP, 1988; Bustos, 1999; 2000; Bustos & Romo, 2001. También se están realizando esfuerzos para abordar el problema generado por el aumento de la proporción de ejemplares con gónadas café procesados por la industria pesquera elaboradora (Schipman, 1995; Cárcamo, 1997; Borques, 1999 y Romo, 2001).



A.1.11 Referencias bibliográficas revisadas

♦ *Ciclo Biológico Reproductivo*

Arias <i>et al.</i> , 1995.	Guisado <i>et al.</i> , 1998.
Bay-Smith <i>et al.</i> , 1981.	Lozada & Arias, 1992.
Reyes <i>et al.</i> , 1991.	Zamora y Stotz, 1992.

♦ *Talla de Primera Madurez*

Arias <i>et al.</i> , 1995.	Bay-Smith <i>et al.</i> , 1981.
-----------------------------	---------------------------------

♦ *Fecundidad Potencial*

Guisado, 1995.	Guisado <i>et al.</i> , 1998.
----------------	-------------------------------

♦ *Fase Larval*

Clement <i>et al.</i> , 1988.	Guisado, 1991.
Moreno <i>et al.</i> , 1996.	Olave, 1992.
Pereira <i>et al.</i> , 1987.	Zamora & Stotz, 1991.

♦ *Asentamiento y Reclutamiento*

Gebauer, 1992.	González <i>et al.</i> , 1991.
Guisado y Castilla, 1987.	Moreno <i>et al.</i> , 1987.
Stotz <i>et al.</i> , 1998.	Stotz <i>et al.</i> , 1992.

♦ *Crecimiento*

Arias, 1990.	Bükle <i>et al.</i> , 1977.
Bustos <i>et al.</i> , 2000.	Gálvez, 1996.
Gebauer y Moreno, 1995.	González <i>et al.</i> , 1989.
González <i>et al.</i> , 1990.	Guisado y Castilla, 1987.
Olave <i>et al.</i> , 1999.	Pereira <i>et al.</i> , 1991.
Reyes <i>et al.</i> , 1992.	Subpesca, 1994.
Zegers <i>et al.</i> , 1983.	



♦ **Mortalidad**

Bustos <i>et al.</i> , 1991.	Dayton <i>et al.</i> , 1977.
Gálvez, 1996 .	Guisado <i>et al.</i> , 1998.
Jerez, 1987.	Moreno y Vega, 1988.
Reyes <i>et al.</i> , 1992.	

♦ **Dinámica y Evaluación de las poblaciones**

Aranda & Gili, 1978a, b.	Aranda & Gimpel, 1980.
Aranda <i>et al.</i> , 1979.	Arias <i>et al.</i> , 1995.
Barahona & Jerez, 1997.	Barahona <i>et al.</i> , 1997 a 2000.
Gálvez, 1996.	Inostroza <i>et al.</i> , 1983.
Jerez <i>et al.</i> , 1997.	Jerez, 1991.
Moreno <i>et al.</i> , 2001.	Norambuena <i>et al.</i> , 1976.
Schipman, 1995.	Stotz, 2000.
Valladares, 1999.	Zuleta <i>et al.</i> 1994.

♦ **Re poblamiento**

Figueroa <i>et al.</i> , 1999.	Godoy & San Martín, 1988.
Godoy & Troncoso, 1990.	González <i>et al.</i> , 2001
IFOP, 1988.	

♦ **Tecnología de Proceso**

Borquez, 1999	Brusco, 1974.
Bustos & Romo, 2001.	Bustos, 1999.
Bustos, 2000.	Cárcamo, 1997.
Guisado & Castilla, 1987.	Guisado & Rojas, 1971.
IFOP, 1988.	Roca, 1974.
Romo, 2001.	

A.2 Revisión literatura científica y técnica internacional

Esta revisión de la literatura internacional sobre la dinámica, evaluación y manejo de poblaciones de erizos de mar se organizó a lo largo de dos ejes principales: Una serie de tópicos que consideramos relevantes, y una jerarquía de escalas espaciales que estimamos imprescindible para la articulación de modelos



conceptuales y formales de poblaciones de organismos bentónicos. Las escalas se definen en la siguiente sección:

A.2.1 Tópicos científico-técnicos

◆ Estructura y dinámica poblacionales

- ✓ Crecimiento y mortalidad: modelos y parámetros
- ✓ Stocks agregados: dinámica
- ✓ Procesos de macro-, meso- y micro-escala

◆ Interacciones bióticas

◆ Evaluación

- ✓ Macro-, meso- y micro-escala

◆ El proceso de pesca

◆ Manejo

- ✓ Casos
- ✓ Sobrepesca
- ✓ Sustentabilidad
- ✓ Tácticas

El escrutinio tuvo algunos resultados interesantes. Hay tópicos de gran importancia para el manejo en general y para este proyecto en particular que han recibido poca o ninguna atención. El más prominente es el análisis del proceso de pesca, en particular en lo referente a la asignación espacial del esfuerzo de pesca. Paradójicamente éste es un problema que ha recibido mucha atención en el caso de otras pesquerías comerciales por medio de buceo (abalones, geoduck, etc.). Hemos sabido, no obstante, que el Prof. John Wilén (U. of California, Davis) está



conduciendo un estudio analítico basado en la detallada información disponible sobre la pesquería de erizos de California.

Otras áreas, en cambio, han sido particularmente bien investigadas en el caso específico de los erizos. Un ejemplo es el uso de distribuciones de frecuencias de tallas en la estimación de parámetros de crecimiento, mortalidad y abundancia. El escrutinio bibliográfico sirvió para categorizar los modelos que serán explorados durante el taller previsto para octubre, y para identificar las categorías de datos disponibles que resultan más adecuadas a ese fin. Aún cuando las estimaciones de mortalidad disponibles (esencialmente para poblaciones de *Strongylocentrotus* del Pacífico NE) han sido cuestionadas, proveen “priors” razonables para los ejercicios de modelado previstos en este proyecto.

Otros resultados documentados en la literatura proveerán soporte conceptual para la estructura del modelo operacional, y para la generación de hipótesis sobre el funcionamiento del sistema de interés. A continuación se mencionan algunos ejemplos.

Los erizos son el caso de estudio clásico de la depensación previa a la dispersión. De hecho, la denso-dependencia de la tasa de fertilización en los erizos, un fenómeno estudiado por Allee (1931), es el ejemplo primordial de los así llamados “Allee effects” (“denso-dependencia negativa” o “depensación”).

El tópico mejor estudiado es la estructura y organización de comunidades en las que el pastoreo por erizos es un componente clave del ecosistema. Más allá del rol de la herbivoría en el control de las praderas algales, las interacciones en tres niveles (plantas-erizos herbívoros-depredadores) son tal vez la contribución más significativa del estudio de los erizos a la teoría de las comunidades. Dos sistemas han atraído especial interés: pradera de algas-erizo-nutria en el Pacífico nor-oriental, y pradera de algas-erizo-langosta en el Atlántico nor-occidental.



La dispersión de las larvas pelágicas de erizo, un aspecto muy importante en nuestro contexto, ha sido relativamente bien estudiada en el sistema de la Corriente de California. Muchos de los resultados allí obtenidos son útiles para generar hipótesis para las costas Centro y Norte, pero de interés limitado en el caso de las regiones X-XII. Este escenario se asemeja mucho al de las poblaciones de *Strongylocentrotus* del SE de Alaska, Columbia Británica y Puget Sound (Washington, USA), pero esos sistemas nunca fueron explorados desde el punto de vista de la dispersión larval o de la conectividad en las metapoblaciones.

◆ **Fuentes de Información.**

La literatura internacional sobre otras especies de erizos de interés comercial fue identificada y revisada en base a cuatro fuentes principales de información:

- ASFA (Aquatic Science and Fishery Abstracts, versión electrónica actualizada a marzo de 2001)
- Búsqueda en la Internet
- Bibliotecas, principalmente la University of Washington Libraries y las bibliotecas personales de los miembros del proyecto
- Correspondencia con colegas (científicos y managers), sobre todo de Alaska (Alaska Department of Fish & Game, ADF&G), Columbia Británica (Department of Fish & Oceans, DFO), Washington (Washington Department of Fisheries & Wildlife, WDFW) y California (California Department of Fish & Game, CDF&G)

Nuestra revisión no es ni pretende ser exhaustiva. Estuvo centrada en tópicos significativos para el proyecto (modelado, manejo, procesos que afectan el reclutamiento), y en la literatura científico-técnica de los últimos cinco años.



A.2.2 Definición de las escalas espaciales

Los stocks de erizos de valor comercial están estructurados como “metapoblaciones” en las cuales subpoblaciones de individuos post-larvales, sedentarios³, están conectadas entre sí a través de la dispersión de larvas pelágicas. La metapoblación ofrece un contexto conceptual útil para el análisis y manejo de pesquerías bentónicas en general, tal como lo indican las tendencias en la literatura reciente (Orensanz y Jamieson, 1998). Este paradigma emergente enfatiza la estructura espacial de los stocks bentónicos, en contraste con los enfoques inspirados en las pesquerías de peces que tradicionalmente fueron predominantes en la ciencia pesquera. El énfasis en la estructura espacial trae aparejada la necesidad de identificar escalas de observación, análisis y manejo adecuadas. Aquí adoptamos la jerarquía de escalas espaciales presentada por Orensanz y Jamieson (1998):

- ◆ **Megaescala:** a la cual hay diferenciación genética detectable entre subpoblaciones geográficas.
- ◆ **Macroescala:** metapoblaciones constituidas de subpoblaciones espacialmente separadas, conectadas entre sí por la dispersión de larvas pelágicas.
- ◆ **Mesoescala:** subpoblaciones dentro de una metapoblación. Esta es, típicamente, la escala a la que se definen los “bancos” de pesca, unidades usuales en la evaluación de stocks.
- ◆ **Microescala:** corresponde al “vecindario” de los individuos, dentro del cual tiene lugar alguna interacción entre el individuo y su ambiente (incluidos en este sus vecinos).

³ Por “sedentario” no entendemos sésil o inmóvil. Indicamos, mas bien, que los movimientos durante los estadios bentónicos tienen escalas espaciales pequeñas cuando se las compara con procesos cuya dinámica se observa y representa a grandes escalas (por ejemplo la dispersión de larvas o el proceso de pesca).



- ◆ **Nanoescala:** caracterizada por procesos que tienen lugar a bajos números de Reynolds.

En esta revisión enfatizamos los fenómenos de macro, meso y microescala:

- ◆ **Macroescala: dinámica de “fuentes y sumideros” (“source-sink”) en metapoblaciones.** El patrón de conectividad entre los componentes de una metapoblación, andamiaje que subyace a la dinámica de fuentes y sumideros, va desde el modelo ideal de un pool larval bien mezclado en un extremo (máxima conectividad) hasta el caso de poblaciones semi-independientes y auto-reguladas (conectividad mínima). La conectividad nunca es simétrica: el flujo de larvas entre dos subpoblaciones es siempre más fuerte en una dirección. La asimetría máxima se presenta en pseudo-poblaciones no reproductivas (sumideros absolutos) que dependen exclusivamente de reclutas originados en otras subpoblaciones y no contribuyen con larvas al resto de la metapoblación.
- ◆ **Mesoescala: contracción-expansión (CE) de las subpoblaciones.** La mesoescala es el dominio de los modelos pesqueros tradicionales, en los cuales el énfasis está puesto en los cambios en el tamaño de la población, sin atención a su estructura espacial. En años recientes ha habido creciente interés en las CE del rango geográfico que acompaña los cambios en la abundancia agregada⁴. En los peces y otros organismos móviles las CEs de las subpoblaciones son el resultado del desplazamiento activo de los organismos individuales a lo largo de gradientes ambientales; los cambios en el rango ocupado por una subpoblación suceden dentro de un tiempo intrageneracional, y

⁴ Se utiliza el término “agregado” (por ejemplo en “abundancia agregada”) en referencia a toda una metapoblación o subpoblación, sin consideración de su estructura espacial interna.



pueden ser rápidos. En los erizos esas CEs están primariamente mediatizadas por la advección de larvas pelágicas; los cambios en el rango geográfico ocupado por una población involucran a más de una generación y pueden ser muy lentos y “ruidosos”.

- ◆ **Microescala: Procesos denso-dependientes (DD).** Los mecanismos DD que controlan el reclutamiento⁵ a los stocks bentónicos, sean aquellos compensatorios o depensatorios, siempre tienen pequeñas escalas operacionales. El efecto de esos procesos sobre el reclutamiento, sin embargo, puede tener lugar a diferentes escalas espaciales dependiendo de si la DD tiene lugar antes o después de la dispersión de las larvas (Botsford and Hobbs 1995). Los procesos DD *pre-dispersión* incluyen la reducción del crecimiento y la fecundidad a altas densidades debido a la competencia por un recurso alimentario en suministro limitado (compensatorio), y la DD de la tasa de fertilización en organismos con fertilización externa (depensatorio). Los fenómenos típicos de DD post-dispersión involucran varias formas de inhibición del asentamiento o del reclutamiento en presencia de una alta densidad de residentes con-específicos (compensatorio), así como el asentamiento gregario de larvas en la vecindad de residentes con-específicos.

Las escalas introducidas más arriba están definidas en términos de los procesos de interés, no de su extensión dimensional. En general, en el caso de los erizos, las escalas métricas típicas están en el orden de los mm para la nanoescala, m para la microescala, km para la mesoescala, decenas a centenas de km para la macroescala, y miles de km para la megaescala.

⁵ El término “reclutamiento” es utilizado aquí en el sentido de reclutamiento al stock explotable. En ecología bentónica este término es utilizado con frecuencia para denotar el resultado combinado del asentamiento larval y estadíos post-larvales tempranos.



A.2.3 Referencias significativas, clasificadas por t3pico y escala

A.2.3.1 Principales pesquer3as de erizo del mundo

- ✓ *California (USA)*: Kato y Schroeter (1985), Kalvass y Hendrix (1997)
- ✓ *Washington (USA)*: Jones (1977), Bradbury (1990)
- ✓ *Columbia Brit3nica (Canad3)*: Bernard (1977), Campbell y Harbo (1991)
- ✓ *Rusia*: Bazhin (1998)

A.2.3.2 Estructura y din3mica poblacionales

◆ Crecimiento y mortalidad: modelos y par3metros

- ✓ *Datos de edad*: Ebert (1988), Gage (1991), Jordana *et al.* (1997)

Estimaci3n basada en datos de tallas

- ✓ *General*: Ebert (1982), Barry y Tegner (1990), Ebert y Russell (1992), Ebert *et al.* (1993), Ebert (1995)
- ✓ *Talla media en las capturas*: Ebert (1987)
- ✓ *Matrices de transici3n*: Ebert y Russell, citado por Ebert (1995, p.8)
- ✓ *M3todos basados en la ecuaci3n de von Forester*: Smith y Botsford (1998), Smith *et al.* (1998).

Crecimiento- gradientes espaciales: Ebert y Russell (1988), Rowley (1990), Byrne *et al.* (1998), Guillou *et al.* (1997), Agatsuma (1997), Ebert *et al.* (1999).

Crecimiento- estacionalidad: Himmelman *et al.* (1997); Beddingfield y McClintock (2000) & R: Morgan *et al.* (2000).



♦ **Stocks agregados: dinámica**

Modelos poblacionales (stocks agregados):

- ✓ *Modelos matriciales: Pfister y Bradbury (1996).*
- ✓ *Dinámica de la biomasa agregada: Perry et al. (1998)*

Patrones de fluctuación: *Guillou y Michel (1993)*

♦ **Asentamiento y reclutamiento**

Reclutamiento- general: *Ebert (1983), Guillou y Michel (1993).*

Forzamiento climático: *Wing et al. (1998), Hunte y Younglao (1988), Botsford et al. (1998), Scheibling y Hennigar (1997), Agatsuma et al. (1998), Lafferty y Kushner (2000).*

Asentamiento: *Keesing et al. (1993).*

- ✓ *Inducción por coralináceas: Pearce y Scheibling (1990).*

Correlación entre estadíos consecutivos: *Lopez et al. (1998)*

Limitación del reclutamiento (“recruitment limitation”): *Karlson y Levitan (1990), Rowley (1989), Junqueira et al. (1997), Harris y Chester (1996), Tegner y Dayton (1981). Christie et al. (1995), Kenner (1992)*

A.2.4 Procesos de Macroescala: Patrones de conectividad; estructura metapoblacional

Estructura metapoblacional y diferenciación genética geográfica: *Palumbi et al. (1997), Mladenov et al. (1997), Pena et al. (1999).*



Retención y dispersión larvales: mecanismos y escenarios oceanográficos:
Morgan et al. (2000), Lamare (1998), Miller y Emler (1997).

✓ *Sistemas de surgencias (“upwelling”): Pedrotti y Fenaux (1993), Wing et al. (1995)*

Modelos metapoblacionales: *Botsford (1995).*

- ◆ **Procesos de Mesoescala: Persistencia, extinción y resurgencia de las subpoblaciones; relación entre abundancia y área ocupada por una subpoblación**

✓ *No documentado*

- ◆ **Procesos de Microescala: Denso- vs. concentración-dependencia, depensación (“Allee effects”) vs. compensación; pre- vs. post-dispersión**
Compensación, pre-dispersión

✓ *Enfermedades: Lafferty y Kushner (2000)*

✓ *Movimientos locales y selección de hábitat: Andrew y Stocker (1986).*

Depensación, pre-dispersión

✓ *Fertilización: Allee (1931), Pennington (1985), Pearse et al. (1988), Levitan (1991), Levitan y Sewell (1998), Mead y Denny (1995)*

✓ *Agregación: Unger y Lott (1994).*

Depensación: post-dispersión

✓ *Refugio de los juveniles bajo el dosel de espinas de los adultos: Moore et al. (1963), Ebert (1968), Tegner y Dayton (1977), Tegner y Levin (1983), Breen et al. (1985), Sloan et al. (1987).*

Balance entre compensación y depensación: *Levitan (1991)*

Depensación- Implicancias para el manejo: *Botsford et al. (1993), Ebert (1994, pp. 13-21); Ebert et al. (1998).*



A.2.5 Interacciones bióticas

Herbivoría- general: Lawrence (1975), Harrold y Pearse (1987), Andrew y Stocker (1986), Andrew (1989), Agatsuma (1997), Dotsu *et al.* (1999).

Efectos del pastoreo y sobrepastoreo (“overgrazing”)

- ✓ Pastos marinos: Rose *et al.* (1999), Valentine *et al.* (1997)
- ✓ Algas- “kelp”: Pearse y Hines (1979), Scheibling y Raymond (1990), Johnson y Mann (1993), Hagen (1995), Leinaas y Christie (1996), Scheibling *et al.* (1999)
- ✓ Otras algas: Palacín *et al.* (1998).

Defensas antiherbívoro- metabolitos secundarios: Boudouresque *et al.* (1996), Lemée *et al.* (1996).

Competencia entre herbívoros: erizos-abalone: Andrew y O’Neil (2000), Tegner *et al.* (2000). **Depredadores:** Evans y Mann (1977), Tegner y Levin (1983), Cowen (1983).

Interacciones en tres niveles: Plantas, erizos y depredadores

- ✓ *Nutrias marinas como depredadores:* Dayton (1975), Pleschner (1998), Konar (1999).
- ✓ *Langostas como depredadores:* Mann y Breen (1972), Elner y Vadas (1990).
- ✓ *Peces como depredadores:* McClanahan (2000), Sala *et al.* (1998).

Interacciones en tres niveles: Plantas, erizos y pestes (“diseases”):

Johnson y Mann (1988).

Disturbios: Tegner y Dayton (1987, 1991); Tegner *et al.* (1997), Carroll *et al.* (2000).



A.2.6 Evaluación

Macroescala

Mesoescala

- ✓ *Estimación de la abundancia agregada: métodos basados en muestreos*
 - *Muestreo adaptativo: Woodby (1998)*
- ✓ *Mapeo: Andrew y O' Neill (2000)*
- ✓ *Estimación de la abundancia agregada: métodos basados en el modelado del proceso de agotamiento:*
 - *Leslie-De Lury: ADF&G (1994, ver crítica en Ebert **et al.**, 1994, y Ebert, 1994)*
 - *CASA y variaciones: Lai y Bradbury (1998)*
- ✓ *Estrategias mixtas: Schroeter **et al.** (1998).*

Microescala: densidad y concentración

- ✓ *Datos espaciales de pequeña escala; patrones espaciales; problemas de escaleo: Orensanz **et al.** (1998)*

A.2.7 El proceso de pesca

No documentado

A.2.8 Manejo

Casos

- ✓ *California: CDF&G (1994), Igawa (1998), Kalvass (2000).*
- ✓ *Washington: Bradbury (2000).*
- ✓ *Columbia Británica: Perry **et al.** (2000) ; Rogers y Parker (2000).*
- ✓ *Nueva Escocia: Hatcher y Hatcher (1997).*
- ✓ *México: Arenas-F. y de León-C. (1997).*



Sobrepesca

- ✓ *Sobrepesca serial*: Haaker **et al.** (1996), Guillou y Michel (1993)
- ✓ *Sobrepesca por crecimiento: análisis de rendimiento por recluta*: Morgan **et al.** (2000)
- ✓ *Sobrepesca por reclutamiento*: Allain (1973).

Sustentabilidad

- ✓ El enfoque precautorio al manejo pesquero y al análisis de riesgos
- ✓ *Áreas marinas protegidas (incluye refugios reproductivos)*: Quinn **et al.** (1993), Morgan **et al.** (1998, 1999), Botsford **et al.** (1999)
- ✓ *Manejo ecosistémico*
- ✓ *Estructuras estratégicas: derechos de uso y propiedad*
- ✓ *Manejo a nivel de la comunidad y co-manejo*: Warner (1997), Robinsón y Macintyre (1997a,b), Richards **et al.** (1998), Juinio-Meñez **et al.** (1998).

Tácticas

- ✓ *Límites de talla (mínima y máxima)*: Ebert **et al.** (1995)
- ✓ Cuotas
- ✓ *Regulación directa del esfuerzo*
- ✓ *Rotación*: Bradbury (1991), Botsford **et al.** (1993), Pfister y Bradbury (1996)
- ✓ *Intervenciones directas para incrementar la productividad*: Hagen (1996), Moylan (1997), Bonardelli (1997), Lesser y Walker (1998), Kelly **et al.** (1999)
- ✓ *Manejo experimental*



4.2.2 Bases de datos históricos de desembarque de IFOP

El IFOP cuenta con información biológica y pesquera de ambas regiones en estudio, en particular series históricas de captura, esfuerzo y composición de tallas asociadas a procedencias o áreas de extracción. El escrutinio de esta información constituyó un aspecto importante en este proyecto cuyos resultados y formas de abordarlo se entrega a continuación.

A. Enfoque y escalas espaciales del análisis

Los datos de captura y esfuerzo fueron analizados con el propósito de identificar y describir ciertos patrones que emergen en el proceso de la pesca a diversas escalas espaciales y temporales. Por proceso de pesca se entiende la secuencia de acciones mediante las cuales el recurso es localizado, explotado y agotado por la fuerza de pesca (la flota) compuesta por unidades de pesca discretas (Orensanz y Jamieson, 1998).

Se pueden distinguir distintas escalas espaciales:

- Regional. Corresponde al rango geográfico donde se extienden los bancos de pesca que sustentan cada pesquería. Es equivalente a la mesoescala (o escala intermedia) de Orensanz y Jamieson (1998).
- Subregional. Corresponde al rango espacial que cubren los bancos de pesca asociados a la flota de cada puerto. Se puede asimilar también a una escala de tipo intermedio, pero donde el proceso de la pesca se ha discretizado a un nivel de agregación menor de la flota.
- Local. Corresponde al rango espacial del banco de pesca donde se concentra cierto número de pescadores durante una jornada de pesca. Es una escala situada entre la meso y microescala de Orensanz y Jamieson (1998).



La expresión "banco de pesca" se usa de manera más o menos laxa para referirse a la concentración o concentraciones de erizo de interés para el pescador. En principio, estas concentraciones están espacialmente asociadas a una "procedencia". La localización de las procedencias explotadas por la flota, muestreadas y georeferenciadas por IFOP a través de sus programas de monitoreo se entregan en el **Anexo 7**, junto con el detalle de la metodología seguida para tal fin. Las posiciones geográficas asociadas a estas procedencias permiten ubicar aproximadamente las zonas explotadas, pero no incluyen la ubicación precisa ni la dimensión de los bancos. Algunas procedencias corresponden a zonas extensas, muchas veces al centro de funcionamiento de faenas de pesca, desde donde los botes se dirigen a los bancos en explotación. Este es el caso de las procedencias que aparecen asociadas a las lanchas que acarrear la captura desde las faenas a los puertos de desembarque.

B. Dos tipos de pesquerías

Tanto para los fines del análisis como para la gestión pesquera es conveniente distinguir dos tipos de pesquerías de erizo en la X y XI Región: la pesquería para consumo doméstico y la pesquería orientada a la exportación. Estas dos formas de actividad extractiva difieren en la magnitud e integración de los factores productivos (recurso, capital, trabajo y tecnología) que participan en ellas.

La dinámica de las respectivas flotas y la distribución espacial y temporal del esfuerzo presentan también características distintivas. Así, la pesquería dirigida a satisfacer la demanda para consumo en fresco, principalmente de la ciudad de Santiago, emplea botes que operan desde puertos de la X Región, efectuando viajes diarios para explotar bancos de pesca localizados en zonas aledañas. El radio de acción de estas embarcaciones depende de su tamaño y de la potencia del motor (Reyes *et al.* 1990). La intencionalidad de la pesca se dirige hacia



individuos de tallas grandes, preferentemente mayores a 80 mm de diámetro (**Figura 4.1a**), y la profundidad de operación varía entre 25 y 50 metros (**Figura 4.1b**).

Mientras tanto, la pesquería que abastece a la industria, cuyos productos (congelado, fresco refrigerado, conservas y salado) tienen como destino los mercados de exportación, principalmente de Japón (ver punto 3), lo hace usando dos modalidades. La primera, similar a la descrita para el consumo en fresco, corresponde a salidas de pesca diarias por parte de botes. La segunda modalidad corresponde a faenas de pesca, montadas en algunos casos con el apoyo de la industria en lugares próximos a los bancos de pesca. Pequeñas flotas de botes son remolcadas por lanchas de acarreo, en algunos casos junto con los pescadores, víveres y materiales de pesca, a fin de establecer campamentos nómades desde donde se organizan las operaciones de pesca. Los botes que forman parte de la faena efectúan viajes de pesca diarios y la captura acumulada durante la jornada es recolectada por las lanchas, las cuales se encargan de transportarla al puerto de desembarque. La faena permanece explotando el o los bancos de pesca próximos por un tiempo variable, que depende de los rendimientos comercialmente aceptables o de la calidad de la gónada que demanda la industria. También se da el caso de asentamientos permanentes de pescadores, quienes venden sus capturas a proveedores de la industria que utilizan lanchas transportadoras, similares a las que operan como embarcaciones nodrizas.

La explotación que abastece a la industria está dirigida a la extracción de ejemplares de menor tamaño que la pesquería para consumo en fresco (en torno a los 70 mm de diámetro) (**Figura 4.1c**), los cuales se capturan a profundidades que varían entre 5 y 35 metros (**Figura 4.1d**).



B.1 Preparación de los datos y sus limitaciones

La base de datos de los desembarques monitoreados por IFOP, utilizada para efectos de este proyecto, ha sido conformada con información proveniente de tres estudios:

- Diagnóstico Principales Pesquerías Bentónicas, III, IV y X región. 1984 a 1994. CORFO – IFOP.
- Monitoreo de la Pesquería de erizo en las regiones X y XI. Proyecto FIP – 1994 –1995.
- Investigación Situación Pesquerías Bentónicas. 1995 a 2001. SUBPESCA–IFOP.

Los datos en los tres estudios se han recopilado a través de la ejecución de una encuesta a los buzos que operan sobre la pesquería, en centros de desembarque ubicados en ambas regiones en estudio. La encuesta ha permitido registrar información por viaje sobre captura, procedencia, esfuerzo, profundidad de buceo y precios de venta. Además de esta data, el IFOP dispone de información relativa a estructuras de tallas de los desembarques para una fracción de las procedencias explotadas y para el período 1995 – 2001. Esta base de datos incluye información sobre longitud y peso de ejemplares de erizo por puerto y procedencia, tomada a partir del muestreo de desembarque.

La red de monitoreo y el tipo de variables recopiladas han sufrido modificaciones a través del tiempo, en relación a cambios en los objetivos de los proyectos y a factores presupuestarios. No obstante, IFOP ha tratado de mantener la cobertura de los principales puertos de desembarque: Carelmapu, Ancud y Quellón. Estos puertos se han monitoreado prácticamente en forma constante durante más de una década (**Tabla 4.3**). Otros puertos, en cambio, han sido cubiertos con cierta irregularidad. El muestreo en el puerto Dalcahue fue suspendido entre los años 1994 y 1997. Los puertos de Melinka y Puerto Chacabuco se incorporaron como



centros de muestreo mediante la ejecución de un proyecto FIP (Arias *et al.*, 1995) entre mediados de 1994 y mediados de 1995. Melinka se incorporó al programa de IFOP de seguimiento de las pesquerías bentónicas en el año 1996 y Puerto Chacabuco en el año 1997.

En relación a las variables registradas, desde el año 1992 en adelante se adicionó el registro del precio en playa y la unidad de registro en la base de datos de la captura (**Tabla 4.4**). Por otra parte, durante la ejecución del proyecto FIP se registró información asociada al tiempo transcurrido desde la captura hasta el desembarque, con lo cual se realizó una experiencia destinada a conocer la pérdida en peso de los erizos a través del tiempo. A partir del año 2001 se agregó una nueva variable, correspondiente al número de botes asociado a cada lancha recolectora entrevistada en puerto.

Los proyectos que alimentaron la base de datos utilizada en este estudio, señalan que se deben considerar algunas premisas que están relacionadas con la obtención de los datos y que son las siguientes:

- Aún cuando los muestreadores permanecen en los muelles durante el tiempo en que arriban las embarcaciones, no siempre logran entrevistar al total de ellas dado que existen en algunos puertos más de un lugar (muelle) de desembarque. Por ejemplo, la cobertura en el puerto de Quellón se estima en aproximadamente el 50% de los viajes.
- Dado lo anterior, en centros de desembarque importante como Quellón, la información se complementa con los registros de las principales empresas procesadoras en la localidad, perdiéndose en muchos casos la información correspondiente al origen de la captura y al esfuerzo empleado en extraerla.
- Dada la alta frecuencia de muestreo, se asume que la probabilidad de que una embarcación no sea encuestada al menos una vez al año es muy baja.



Por lo tanto, el tamaño de la flota del puerto queda definido por el número de embarcaciones registradas sin repetición durante el año.

- La información que ha permitido conformar la base de datos se ha recopilado sin que exista un convenio o compromiso de entrega por parte de los pescadores o sus organizaciones.

En este estudio el trabajo se ha concentrado en la base de datos de captura y esfuerzo. Los datos de las dos regiones consideradas en el estudio, X y XI, estaban inicialmente almacenados en archivos separados por año, en formato Dbase IV. Los archivos fueron importados como tablas de Access. Previamente se hicieron los ajustes necesarios de conversión de las capturas a kilogramos en los períodos en que estos datos estaban registrados en distintas unidades de desembarque. Los archivos de las encuestas diarias de captura y esfuerzo del desembarque experimentaron modificaciones menores, conformando un archivo de trabajo definitivo.

Teniendo en consideración lo indicado anteriormente, se crearon subconjuntos de datos para cada pesquería a partir del archivo de trabajo utilizando la variable de clasificación "Destino", que codifica el destino de la captura a la industria o a consumo en fresco como "1" o "2", respectivamente⁶.

Por otra parte, los archivos de composición de tallas del desembarque fueron reestructurados extrayendo la frecuencia de longitudes de las muestras en un arreglo matricial cuyas filas están rotuladas con el código de la procedencia de la muestra y las columnas con el código del intervalo de talla, ésto se realizó sólo para el período comprendido entre los años 1995-2000.

⁶ Los códigos mayores a 2 usados en el pasado corresponden a distintas plantas industriales y fueron por lo tanto equiparados al código 1.



Entre las limitaciones que posee la base de datos analizada se encuentran las siguientes:

- Dificultades en la identificación del total de embarcaciones transportadoras.
- Falta de información de esfuerzo, profundidad y ubicación real de los bancos explotados, asociada a las faenas. Recién a partir del año 2001, se registra el número de embarcaciones que entregan su captura a las lanchas recolectoras.
- Un alto número de registros sin datos de esfuerzo.
- Falta de información acerca de la calidad del erizo capturado en distintas zonas, uno de los factores determinantes del comportamiento espacial de la flota.
- Fluctuación en los niveles de muestreo a lo largo del tiempo.
- Variación en la representatividad de los reportes de IFOP respecto al total de capturas registradas por SERNAPESCA (**Tabla 4.5 – Figura 4.2**).
- Variación en la recopilación de información asociada a esfuerzo por puerto (**Figura 4.3**).

B.2 Pesquería para consumo en fresco

Los bancos que sustentan esta pesquería están confinados principalmente a la X Región y distribuidos en el margen occidental norte y oriental de la Isla de Chiloé, el Canal de Chacao e islas del mar interior, como también en el sector sur de la isla. Su origen se remonta varias décadas hacia atrás, pero registros del desembarque de esta actividad (confundidos con los desembarques de la XI Región) sólo se disponen desde 1965. Las estadísticas más completas, incluyendo datos de capturas, esfuerzo y composición de tallas detallados por viajes de botes y lanchas, en forma continua, se inician a partir del año 1985 en la X Región.



La producción de esta pesquería es pequeña (180 toneladas aproximadamente como promedio histórico para el período 1988-2000), despreciable en comparación con los volúmenes de desembarque de la pesquería que abastece a la industria. A pesar de esto, esta pesquería es importante para el mercado nacional y para las comunidades de pescadores de los puertos de Bahía Mansa, Estaquilla, Carelmapu, Pargua, Ancud y Quellón, siendo en algunos casos el único recurso explotado durante todo el año.

Durante el período de monitoreo analizado (1988 a 2001), la cobertura ha sufrido modificaciones (**Tabla 4.3**), fluctuando el total de desembarques muestreados entre 77 (año 1993) y 358 toneladas, con tendencia a crecer en el período 1998 a 2001, en respuesta a un aumento observado en el esfuerzo de pesca (**Fig. 4.4**).

Del total de puertos muestreados, Carelmapu concentra la mayor parte del desembarque. Le sigue en importancia Quellón, que muestra un repunte importante en los últimos tres años, y Ancud, con volúmenes bastante menores. (**Fig. 4.5**).

Los estudios previos sobre la dinámica expansiva del esfuerzo en la pesquería de erizo hacen énfasis en las operaciones de pesca que abastecen a la industria. La pesquería orientada al consumo en fresco ha sido poco explorada, si bien en el año 2001 se efectuó en el período de verano una pesca de investigación destinada sólo a esta captura, de la cual se puede inferir lo siguiente:

- Del total de buzos inscritos en la pesquería (3.340 a Abril del año 2002) participaron sólo 150, en un universo de 10 caletas ubicadas en la X Y XI regiones⁷

⁷ En este proyecto estaban autorizados como centros de desembarque las siguientes caletas: Los Molinos, Bahía Mansa, Estaquilla, Puerto Montt, Carelmapu, Ancud, Dalcahue, Quellón, Melinka y Puerto Aysén.



- En el período de duración del proyecto (22 de enero al 1 de marzo) se desembarcaron 285.660 unidades de erizo. Si se extrapola al período en que está abierta la pesquería, se puede estimar un volumen total aproximado del orden de 242 t (peso medio 190 gr).
- Los puertos de Carelmapu y Quellón fueron los más importantes en términos de volumen de desembarque, lo que es concordante con el análisis de datos históricos.
- Así también, de un total de 40 áreas de extracción, Canal de Chacao (área explotada por la flota de Carelmapu) y Barra Chiguao (área explotada por la flota de Quellón) son las que registraron una mayor captura. El 30% y 20% del total de las capturas, respectivamente, provinieron de las áreas anteriormente mencionadas.
- Los puertos que registraron los mayores valores de rendimiento fueron Parga, Estaquilla, Quellón y Carelmapu, fluctuando estos valores entre 726 y 406 unidades por hora de buceo.
- Se identificaron 28 lugares de destino del recurso durante el período de proyecto, abarcando desde la X Región hasta la región metropolitana; más del 50% de los desembarques se comercian en el Terminal Pesquero de Santiago. Los principales puertos que abastecieron al terminal lo constituyen Parga y Quellón; el 95% de los desembarques de este último puerto tuvieron ese destino.

La información recabada en el proyecto antes mencionado, sumada al análisis de la data histórica, permite concluir que la flota que participa en esta pesquería está conformada por botes con una autonomía y radio de acción limitados. Dada la demanda relativamente estable del mercado doméstico, se puede inferir que el patrón de expansión geográfico de esta pesquería es restringido y confinado prácticamente a la X Región, tal como lo indican la ubicación de las procedencias explotadas (**Figs. 4.6 a 4.11**).



Consistentemente con lo anterior, los datos evidencian que en esta pesquería prácticamente no ha habido una expansión en términos del número de procedencias explotadas (**Fig. 4.12**). Si bien en el año 2001 se produjo un aumento, éste refleja los datos del monitoreo efectuado bajo la pesca de investigación, donde se incorporaron nuevos puertos ubicados en la zona norte de la X Región.

A nivel de puertos, el comportamiento que se observa es muy parecido al patrón general de la Región: el número de procedencias por puerto es relativamente estable. Esto sugiere que el proceso de expansión se encontraría detenido en el nivel actual, de modo tal que lo apreciado a escala regional no sería sino una manifestación de lo que está ocurriendo a escala subregional, en relación con cada puerto (**Fig. 4.13**).

B.3 Pesquería para exportación

Después de una fase de desarrollo incipiente que se prolongó hasta mediados de los años 70s, y sobre la cual no se tienen más antecedentes que cifras globales de desembarque (**Fig. 4.14**), la pesquería creció explosivamente en respuesta a la política de apertura a los mercados externos y al crecimiento de la demanda de gónadas congeladas y fresco-refrigeradas desde Japón y Estados Unidos, respectivamente.

En una primera etapa, hasta una fecha difícil de precisar, próxima probablemente al año 1981, este crecimiento se sustentó principalmente en la explotación de los bancos de pesca de la X Región. El desembarque en el año 1981 debió ser algo menor a las 14.719 toneladas totales reportadas por SERNAPESCA, las que incluyen la pesquería para consumo en fresco. Desde una perspectiva regional, esta pesquería se extiende sobre dos regiones, la X y XI; sin embargo, al interior de la X Región, la pesquería está concentrada en el sector sur.



La segunda etapa de crecimiento se produjo con la extensión progresiva de las operaciones de la flota con asiento en la X Región, principalmente del puerto de Quellón, hacia la XI Región. La pesquería industrial en el área de las Guaitecas fue iniciada por el Sr. Covarrubias en el año 1982 (Alejandro Álvarez, Pesquera Palacios, com. pers.). Durante esta segunda etapa, los desembarques registraron su máximo histórico de 30.348 toneladas en el año 1985. Luego de esto, se inició una fase oscilante registrándose valores mínimos en los años 1990 y 1998 (15.000 y 13.000 t respectivamente), como también valores del orden de las 25.000 t entre esos años. La marcada oscilación no se puede asociar al estado del recurso sin antes hacer un análisis del mercado (**Fig. 4.14**).

La evolución de los desembarques por puerto muestra la dominancia de Quellón en los desembarques de la X y XI Región y de la pesquería en su conjunto (**Fig. 4.15**). La información referida al puerto de Melinka, ubicado en la XI Región, ha sido incluida junto con el desembarque de Quellón, porque es en este puerto donde es finalmente desembarcada. Esto no ocurre con Pto. Chacabuco, situado en tercer nivel de importancia por sus desembarques, el cual sí posee una flota residente que realiza faenas de pesca en la zona suroriental del Archipiélago de Chonos, mostrando una segregación espacial respecto a las zonas de pesca que visita Quellón-Melinka. Las operaciones de pesca centradas en estos puertos se dirigen preferentemente hacia la zona noroccidental del mismo archipiélago (**Figs. 4.16 a 4.21**). En ambos casos se constata que cada puerto aprovecha la ventaja comparativa de su proximidad geográfica a las zonas de pesca. Cuando ello no es posible puestos de avanzada estables como fue el caso de Melinka, con una comunidad residente de pescadores que operan a manera de una "faena permanente". La **Tabla 4.6** muestra el número total de procedencias explotadas desde cada puerto a través de los años cubiertos en la base de datos (1988-2001), el número de procedencias exclusivas de cada puerto y el número de



procedencias “compartidas” por embarcaciones que operan desde distintos puertos.

Tal como se describió antes, en esta pesquería se distinguen dos modalidades de operación: 1) botes independientes que realizan viajes cortos, y 2) faenas de pesca transitorias o permanentes. Dentro de la primer modalidad, desde el puerto de Quellón, hay botes que hacen salidas diarias en los alrededores y otros que salen por dos a tres días cubriendo la zona sur de la Región X. De las dos modalidades de pesca, las faenas contribuyen el mayor porcentaje de las capturas (83% y 72% de las capturas muestreadas en los años 2000 y 2001, respectivamente). Durante el año 2001, la industria de Quellón era abastecida por 17 faenas, la mayor parte de ellas agrupada en la Asociación General de Armadores y Abastecedores de Chiloé. El programa de monitoreo proporciona buena información acerca de la operación de botes independientes, pero escasa información sobre las faenas. Recién a partir del año 2001 se comenzó a registrar el número de botes asociados con cada lancha recolectora entrevistada en puerto, el cual da al menos una medida grosera del esfuerzo. Este número está generalmente por debajo de los 20 botes con una moda en 10 (**Fig. 4.22**, abajo). Las capturas desembarcadas por esas lanchas están en su mayoría por encima de las 5 toneladas, excediendo excepcionalmente las 30 toneladas (**Fig. 4.22, centro**); esto contrasta con los desembarques efectuados por los botes independientes, los que están mayoritariamente por debajo de la tonelada (**Fig. 4.22, arriba**). El techo a las capturas acarreadas por las lanchas, conocido como “tarja”, está determinado por el pedido de las empresas, el que depende en parte de la capacidad de procesamiento de las mismas.

La mediana del rendimiento por viaje de los botes en esta pesquería es 450 kg/viaje (se ha considerado un máximo de captura de 2.000 kg por viaje), un valor notablemente superior a los 82 kg/viaje que obtiene un bote en la pesquería para



consumo en fresco (**Figuras 4.23a y b**); sin embargo, los rendimientos por hora de buceo son similares (**Figuras 4.24a y b**).

En ambas pesquerías se emplea un número de buzos que varía entre 1 y 3 por bote. Por lo tanto, la causa de la diferencia en el rendimiento por viaje se encuentra en el mayor número de horas de buceo que emplean los botes de la pesquería con destino industrial, los cuales pueden hacerlo así debido a que operan a profundidades mucho menores (**Figura 4.1**).

Dado que el régimen de faenas es la modalidad más importante de producción, se consideró en este proyecto incluir una encuesta *ad hoc* para conocer más detalles sobre su montaje y funcionamiento (ver punto “Conocimiento empírico de los propios pescadores”).

Un estudio previo basado en el seguimiento de la actividad extractiva durante el período 1984 a 1990 reporta una expansión geográfica del esfuerzo pesquero hacia el sur y hacia el este (Reyes *et al.*, 1991). En este estudio se describe una disminución del número de áreas de extracción visitadas por las flotas que operan en la X Región que se atribuye a las altas tasas de explotación a que fueron sometidas, tanto en el margen occidental de la Isla de Chiloé, como en el mar interior. Las flotas de los puertos de Quellón y Dalcahue ubicados en la parte meridional de la isla de Chiloé ampliaron moderadamente y de manera transitoria su cobertura geográfica hacia el sector continental de la X Región y la parte de norte del Archipiélago de los Chonos en la XI Región (Islas Guaitecas), mientras la flota de Quellón, situada en el sector más austral de la isla, mostró una expansión más progresiva y permanente, extendiéndose hacia el sector continental de la X y XI Regiones, llegando a cubrir casi la totalidad del Archipiélago de los Chonos. Este estudio mostró que la incorporación de nuevas áreas de extracción resultó



ser más intensa en aquellas flotas cuyos puertos base estaban más próximos a las zonas menos explotadas.

El proceso de pesca no es fácil de reconstruir directamente a partir de la serie de datos existente, principalmente porque no se dispone de información sobre la operación de las faenas referente al esfuerzo de pesca, identificación de las procedencias y número de embarcaciones asociadas a cada una de ellas. Por otra parte, el crecimiento de las flotas asociadas a los puertos y la expansión geográfica del esfuerzo de pesca hacia la Región XI se iniciaron o alcanzaron su pleno desarrollo en décadas pasadas, tal como se discute anteriormente. Sin embargo, ciertos patrones emergentes de los datos revelan la direccionalidad de estos procesos.

En el período 1988-2001, el número de procedencias registradas para la pesca que abastece a la industria disminuyó en la Región X, mientras que tuvo una tendencia creciente y con oscilaciones en la Región XI (**Fig. 4.25**). Parte de estas oscilaciones deben interpretarse con cautela, ya que están afectadas por los cambios en la cobertura de los puertos (**Tabla 4.3**). La disminución en el número de procedencias asociada a la caída en las capturas hacia el año 1998 (**Fig. 4.14**), por ejemplo, está sin duda minimizada en los registros debido a la incorporación de Melinka y P. Chacabuco al programa de monitoreo y a la expansión del esfuerzo de muestreo.

Más allá del número total de procedencias registradas por año, es de interés analizar de qué manera la captura se concentra en sub-conjuntos de procedencias más importantes. Esta información ha sido sintetizada construyendo “curvas de rarefacción”, las que permiten comparar los perfiles de concentración de las capturas por procedencias para los distintos años y puertos. Estas curvas se construyen de la siguiente forma:



- para cada año, se ordenan las procedencias en orden decreciente de captura, y
- se calcula la fracción acumulada de la captura total del año que corresponde a un número creciente de procedencias así ordenadas.

Las curvas de rarefacción para el total de la pesca destinada a la industria (**Fig. 4.26**) muestran que, si bien el número de procedencias totales en los últimos siete años es cercano a 100, el 90% de la captura está concentrado en alrededor de 50 procedencias, y el 80% en unas 25 procedencias. Del año 1996 al 1998 hay una creciente contracción en el número de procedencias que aportan la mayor parte de la captura. Cuando sólo se incluyen los registros recogidos en Quellón y Melinka (**Fig. 4.27**), la contracción en el número de procedencias se produce entre el año 1996 y el 1997, y luego se mantiene hasta el año 2000. Sólo se nota una leve expansión en el año 2001, pero ésta no alcanza los niveles anteriores, aún cuando los volúmenes de captura muestreados ese año superan los volúmenes muestreados en 1996 (**Fig. 4.25**). La distribución espacial de las procedencias a través de los años (**Figs. 4.16 a 4.21**) muestra una expansión en el área de pesca registrada para la flota de Quellón-Melinka durante los 1980s (desde 1984) y la primer mitad de los 1990s, y coincide en mostrar una marcada retracción de las zonas de pesca después del año 1996, cuando las procedencias registradas se contrajeron hacia las Islas Guaitecas (**Fig. 4.20**). Curiosamente, esta contracción coincidió con la incorporación de P. Chacabuco al programa de monitoreo en 1997, puerto que pasó a concentrar los desembarques de la zona sur del Archipiélago de los Chonos, antes explotada por la flota de Quellón-Melinka. A la fecha se dispone de antecedentes de la industria (entrevistas) que señalan que el año 1997 las capturas se concentraron en la X región principalmente, dado que en opinión de los pescadores las áreas de pesca habrían presentado una recuperación. Este patrón presente en los registros deberá ser confirmado y discutido con la industria. Los perfiles de concentración para P. Chacabuco (**Fig. 4.28**) son mucho más



fluctuantes, lo que también se refleja en los mapas de distribución (**Figs 4.20 y 4.21**); los años 1997 y 1999 son los que presentan una mayor expansión.

A fin de explorar tendencias en las capturas por procedencia a través del tiempo se procedió a seleccionar las 60 procedencias más importantes en términos de captura destinada a la industria para el período 1988-2001. Para este ranqueo, se consideraron tanto los registros correspondientes a botes como los correspondientes a lanchas acarreadoras. Las tendencias en las capturas por salida para estas procedencias fueron graficadas por separado para los botes (**Fig. 4.29**) y para las lanchas (**Fig. 4.30**), en orden decreciente de importancia a lo largo de las columnas (ver números en el rincón derecho superior), usando símbolos de color gris claro para procedencias de la Región X y símbolos oscuros para procedencias de la Región XI. Cada figura se compone de dos planchas: las **Figuras 4.29a y 4.30a** muestran las tendencias para las 30 procedencias más importantes y las **Figuras 4.29b y 4.30b** continúan con las 30 siguientes. Las bandas sombreadas marcan los períodos de vedas estacionales (entre el 15 de octubre y 15 de enero hasta enero del año 2000, y desde el 15 de octubre al 1 de marzo desde octubre del año 2000 en adelante). Analizando estas figuras en conjunto, es posible distinguir a grandes rasgos varios grupos de procedencias en base al patrón de uso a una escala inter-anual:

- Procedencias explotadas durante todo el período fundamentalmente por botes. Este es el patrón más común en las procedencias de la Región X, por ejemplo: Isla Laitec (7), Corcovado (13), Canal Yelcho (22), Canal Chacao (29) (los números entre paréntesis corresponden al orden de ranqueo de la procedencia).
- Procedencias visitadas inicialmente por botes independientes y por lanchas, y ahora convertidas en centros de faenas. Este es el caso de la mayor parte de las procedencias que aparecen discontinuadas en la **Figura 4.29a**,



correspondiente a los botes, pero que continúan o aún muestran un aumento en los volúmenes desembarcados por salida en la **Figura 4.30a**, correspondiente a las lanchas. En este grupo están, por ejemplo, las islas Stokes (1), Kent (4), Garrido (5), Ipún (6), Williams (8), Johnson (10), Lemu (11) y May (23).

- Procedencias que han mantenido ambas modalidades a través del período de estudio, por ejemplo Islas Bajas (14), Puerto Barrientos (27) e Isla Elvira (30).
- Procedencias nuevas o que han adquirido importancia en años recientes: Ballena Chica (26), Canal Manzano (31), Grupo Peligroso (37), Canal Cuervo (46), Canal Puquitín (49), Isla Betecoi (52).
- Procedencias explotadas en el pasado y prácticamente abandonadas: Islas Riquelme (21), Nayahué (36), Escorpio (40) y Chulín (44). A estas se suman procedencias que desaparecen de la base de datos posiblemente por haber sido especificadas con una mayor precisión en los años más recientes del programa de monitoreo. Este es el caso de Quellón (3) e Islas Guaitecas (15), las que desaparecen a partir de los registros de 1996.
- Procedencias usadas esporádica e intermitentemente. Este es el caso de muchas de las procedencias de menor importancia, rankeadas en lugar 30 en adelante (**Figs. 4.29b y 4.30b**), por ejemplo Grupo Smith (31), Islas Rivero (34), Melchor (41), Matilde (48).

Las procedencias más importantes explotadas por faenas (grupo 2) tienden a mostrar un aumento en los desembarques por salida en los últimos dos años, coincidente con el aumento en las capturas totales para la pesquería (**Fig. 4.14**). Lamentablemente no existe información acerca del número de botes que operan en cada faena y por lo tanto no es posible seguir las tendencias en el esfuerzo pesquero que acompañaron a esta expansión. Es posible que estas procedencias más importantes y de uso sostenido en el tiempo correspondan a centros de



operación de una o más faenas, desde donde se explotan distintos bancos. El análisis del comportamiento espacial de la flota desde estos centros de operación requerirá de la expansión del programa de monitoreo a fin de incluir un programa especial en terreno orientado a definir la modalidad operativa de las faenas y el radio de acción de los botes.

Las procedencias de uso esporádico o intermitente (grupo 6), menores en el ranking para el período total pero importantes para años particulares, revisten especial interés en el contexto del presente proyecto, ya que evidencian (i) una fuerte estructura espacial en la pesquería y (ii) tendencias a una rotación espontánea entre áreas. En etapas futuras del proyecto plurianual se prevee dirigir el esfuerzo a investigar en conjunto con la industria los factores que determinaron el abandono y revisita de procedencias en este grupo.

La falta de datos de esfuerzo para las faenas sólo permite analizar las tendencias en la CPUE para los botes (**Fig. 4.31**), lo cual aporta una pintura muy incompleta acerca de las tendencias en la pesquería en general. De todas maneras, es de interés señalar que, en general, la CPUE no presenta tendencias declinantes. Por el contrario, las procedencias explotadas por botes a lo largo de todo el período (grupo 1), o las de desarrollo reciente (grupo 4) tienden a presentar tendencias crecientes en la CPUE. La excepción la constituye la procedencia Isla Ipún (6), cuyo CPUE disminuyó a comienzos de los 1990s. Esta procedencia pertenece al grupo 2, ya que continuó siendo registrada para los desembarques de lanchas acarreadoras en años recientes (**Fig. 4.30a**).

Los datos de profundidad, disponibles también sólo para los botes, muestran que las procedencias de la Región X, que han sido pescadas durante todo el período (grupo 1: Isla Laitec (7), Canal Yelcho (22) y Canal Chacao (29)) son explotadas a mayores profundidades que las procedencias de la Región XI. Las máximas



profundidades registradas para estas procedencias, además, han aumentado a lo largo de los últimos cinco años. Las procedencias de la Región XI, en cambio, no presentan tendencias en la profundidad de operación.

Además de la rotación de áreas a la escala inter-anual, los gráficos de captura por salida (ver detalle para las cinco procedencias más importantes en la **Figuras 4.32 y 4.33**) evidencian fenómenos de rotación de período más corto dentro de cada estación de pesca. Las procedencias no son explotadas en forma continua a lo largo de la temporada de pesca, sino que existen uno o dos pulsos de menor duración (de uno a tres meses) dentro de cada temporada seguidos por períodos de descanso. Este patrón aparece en la mayor parte de las procedencias y más marcadamente en años recientes. Nuevamente, la información disponible en la base de datos no permite un análisis más fino de la dinámica de la rotación de áreas dentro de cada temporada. La información obtenida en conversaciones con los industriales indica que los cambios en los centros de operación de las faenas se producen por bajas en el rendimiento. Estos cambios tienen asociado un costo, ya que la mudanza de la faena toma aproximadamente tres días (Alejandro Álvarez, Pesquera Palacios, com. pers.).

La asignación de las zonas de pesca en el Archipiélago de Chonos es hoy un aspecto crucial del manejo de esta pesquería. Durante el período de ejecución de este proyecto se produjeron conflictos entre los pescadores de la X Región, principalmente de Quellón, y la autoridad pesquera debido a la fiscalización ejercida por la Armada Nacional de la normativa consignada en Ley de Pesca que impide a los pescadores registrados en una región acceder a los recursos de otra región contigua. La propia Ley considera la posibilidad de hacer excepciones a esta disposición cuando históricamente exista el antecedente de operaciones frecuentes de pescadores en la región contigua a su domicilio permanente y base de operaciones.



4.2.3 Conocimiento empírico (no escrito) de los propios pescadores

El análisis de las encuestas aplicadas a los pescadores artesanales, operadores de faena e industriales permitió registrar, por primera vez, antecedentes empíricos sobre la pesquería del erizo, que no estaban disponibles en la literatura técnica – científica que revisaron los autores. A continuación se describen los principales resultados obtenidos a partir de la aplicación de las cuatro formas (formularios de preguntas) constituyentes de la encuesta.

A. Forma 1: Encuesta destinada a Pescadores

La Forma 1 se refiere a la información recopilada a partir de la encuesta aplicada a pescadores artesanales en la categoría de buzos.

A.1 Información sobre los buzos:

- **Estructura etaria y composición de la fuerza de trabajo**

Los datos muestran que existe un 18% de los pescadores que trabajan en el erizo con lazos de parentesco directo entre ellos (padres, hijos, hermanos), lo cual es un indicador del grado de transferencia de conocimiento sobre la pesquería entre los pescadores.

El rango y proporción de la estructura de los años de experiencia como pescadores fluctuó entre 6 a 35 años, con una moda entre los 18 a 21 años de experiencia (**Fig. 4.34a**), mientras que los años de experiencia específica en el erizo fluctuó entre los 10 y 35 años, con una moda entre los 15 y 19 años (**Fig. 4.34b**).



- **Nómina de recursos explotados alternativos al erizo**

Los buzos indicaron, al menos 20 recursos marinos que su nómina de recursos explotados, entre los cuales se encuentran peces e invertebrados (**Tabla 4.7**) y pueden considerarse recursos alternativos al erizo. Se pudo apreciar una tendencia inversa, aunque estadísticamente no significativa, entre el número total de ítems de recursos explotados y los años de experiencia de los buzos (**Fig. 4.35**), lo cual da cuenta de una especialización relativa de los buzos con más años de experiencia.

- **Período de explotación del erizo**

En relación a la época principal de explotación del erizo, los buzos declararon que esta se concentraba en los meses de la temporada extractiva (67%), mientras que un tercio de los encuestados indicó que la temporada extractiva ocurría en invierno – primavera.

- **Propiedad de los medios de producción y afiliación a una organización**

La propiedad de los medios de producción esta dada por una fuerte relación parental con los buzos, por una parte y de dependencia económica con los dueños de embarcaciones por otra. El 51% de los buzos señaló una relación parental con ancestros pescadores, al igual que ellos. Asimismo, el 55% declaró ser dueño de su propia embarcación, el 56% de su propio hooka y 51% de su traje de buceo. Los equipos de buceo, según los pescadores, tendrían una vida útil entre 1 y 9 años, con una moda centrada en 1 año. Por su parte, la mayoría de los buzos (52%) no esta afiliado a organizaciones de pescadores (**Fig. 4.36**).



A.2 Información sobre el esfuerzo pesquero, tendencias y distribución espacial

En general, la percepción que tienen los buzos respecto al esfuerzo pesquero, en cuanto a un aumento de la flota, número de pescadores y horas de buceo, es afirmativa, 68%, 69% y 89% respectivamente. Asimismo, el rango de profundidades de buceo ha aumentado notoriamente. Los buzos perciben una mayor amplitud de profundidad de buceo de 10 a 15 m (**Fig. 4.37**). Las causas anteriores se agregan a la disminución paulatina de los rendimientos para explicar el abandono de las zonas de extracción (**Fig. 4.38**), junto con la disminución de la abundancia global y la aparición del fenómeno de las gónadas café.

Específicamente, los pescadores dejan una zona de extracción cuando los rendimientos individuales caen por debajo de las 10 cajas/bote/día, lo cual es concordante con los rendimientos expresados en kilos/bote/día (**Fig. 4.39**).

A.3 Información sobre recuperación de procedencias explotadas

Sin embargo, la existencia de este umbral no impide que los pescadores revisiten la procedencia después de un período conveniente. Este período fluctuaría entre dos meses y medio a un año (**Fig. 4.409**). Estos lugares revisitados, según la percepción de los pescadores se indican en la **Figura 4.41** y probablemente estén con relación a los mayores rendimientos que presentan. Los antecedentes proporcionados indicaron también que los pescadores consideraban en un 75% que los erizos estaban segregados espacialmente en relación a la talla, encontrándose las tallas mayores a mayores profundidades.



A.4 Información sobre aspectos biológicos del recurso

En relación con la percepción de los pescadores respecto a los aspectos biológicos del recurso, tales como la calidad y las zonas de reclutamiento, podemos indicar lo siguiente:

La calidad del recurso, como producto destinado a la industria procesadora, dependería de, al menos, cuatro factores relevantes en orden de importancia (**Fig. 4.42**): tipo alimento disponible, el tipo de fondo, época del año y condiciones oceanográficas; todos en proporciones similares. La aparición del fenómeno “gónadas lechosas”, factor que disminuye la calidad del producto, ocurriría simultáneamente en todas las procedencias según el 68% de los encuestados. La ocurrencia del fenómeno se concentraría en la temporada de primavera y verano (75% de las opiniones) (**Fig. 4.43**). Por su parte, las zonas cercanas al Canal de Chacao, en la X Región, fueron reconocidas preferentemente como “semilleros” de erizo, mientras que en la XI Región al sector de Isla Williams y Kent.

A.5 Información sobre la Organización de la faena extractiva

El trabajo en faenas no resultó ser el medio principal para organizar las actividades extractivas de los encuestados. Sólo el 15% declaró pertenecer a una faena de pesca, mientras que el resto indicó ser independiente. Por su parte, existió consenso en cuanto a reconocer el establecimiento de los precios de venta como el principal problema de la pesquería, seguido de los bajos tamaños de los erizos y rendimientos de la faena.



B. Forma 2: Encuesta sobre Procedencias

Esta encuesta recopila información asociada a la explotación, ubicación de los bancos y sus principales características. Los pescadores declararon estar explotando las áreas de extracción actuales desde hace dos años, buceando a profundidades medias de 15 a 20 m (**Fig. 4.44**). En estos niveles de profundidad, la principal fauna acompañante correspondió a especies de fondos duros, tales como: loco, jaiba, pulpo (**Fig. 4.45**).

En general, el 90% de los pescadores encuestados reconocieron bajos rendimientos en todas las procedencias, incluso a niveles por debajo del umbral reconocido como mínimo para permanecer en una zona de extracción.

C. Forma 3: Encuesta orientada a los Operadores de faenas

Esta encuesta recopila información relativa al comportamiento de la pesquería del erizo, desde la perspectiva de los operadores de faena.

C.1 Organización de una faena

La experiencia de los operadores de faena abarca desde 1 a 25 años, concentrándose en el grupo de 11 a 15 años (30%), aunque también destaca los operadores más jóvenes (30%) (**Fig. 4.46**). Estos operadores de faena abastecen, en general, más de una empresa pesquera. Respecto al financiamiento de la operación de la faena, los operadores descuentan los gastos de combustible, con que habilitan a los pescadores, de los erizos extraídos (64%) y de pago al contado (29%). Los víveres para la faena son proveídos, en un 86%, por la embarcación que transporta a los pescadores. Normalmente, en una faena participan 10 a 18 embarcaciones, aunque existen faenas compuestas por más de 40 embarcaciones (**Fig. 4.47**).



C.2 Tendencias y distribución espacial del esfuerzo

Los operadores de faena tienen la percepción que los niveles de esfuerzo pesquero han ido en aumento, de hecho el 64% de las respuestas responden positivamente frente a esta pregunta, este aspecto lo observan principalmente a nivel de embarcaciones; mientras que a nivel de buzos y horas de buceo, según su percepción, se ha mantenido. Del mismo modo, el 57% de las respuestas de los operadores señalan que no han debido desplazarse a otras zonas de pesca más distantes para mantener los rendimientos.

C.3 Recuperación de procedencias explotadas

Al igual que lo señalado por los pescadores, los períodos de revisitas a las zonas de extracción fluctúa entre 2 y 8 años, con una moda marcada en los 4 años. Similarmente, existe una segunda moda, más importante que la anterior, que indica que el tiempo de revisita sería anual (**Fig. 4.48**). Los sectores reconocidos como zonas con mayor poder de recuperación por parte de los operadores de faenas corresponden a: Isla Kent y Melinka (**Fig. 4.49**).

C.4 Aspectos sociales de las faenas

La permanencia en una faena trae problemas a los pescadores, siendo los más comunes el alcoholismo y el aburrimiento. Muchas veces el pescador hace encargos a la lancha transportadora y esta no cumple, lo cual es motivo de disputas. Estos problemas se resuelven mediante la rotación de los buzos o llevando a la familia una vez al mes. Al interior de las faenas, en general, no hay familias completas conviviendo.



D. Forma 4: Encuesta orientada a las Empresas procesadoras de erizo

Esta encuesta recopila información relativa a la percepción de los empresarios dedicados a la producción de erizos elaborados.

D.1 Las empresas propiamente tales

Las empresas elaboran anualmente distintos volúmenes de desembarque de erizos, con rangos desde decenas a miles de toneladas por año. Cabe señalar que solo la pesquera Palacios procesa sobre 1.000 toneladas / año. La mayoría de este desembarque proviene del trabajo de las faenas. En el **Anexo 8** se entrega un breve análisis de la situación de la industria y el mercado del recurso erizo.

D.2 Organización de la empresa

En general, los empresarios opinaron que mantener faenas era ventajoso para el negocio, dado que aseguraba el abastecimiento constante de materia prima y de la calidad apropiada, de hecho el 87% de las respuestas señalaron que se abastecían de materia prima proveniente de faenas.

D.3 Del recurso erizo

En relación al estado del recurso, el 56% de los empresarios opinaron que la calidad del recurso se ha mantenido, mientras que un tercio indicó que ha disminuido. Básicamente, la calidad del producto se califica de acuerdo a: i) tamaño de la gónada, ii) Talla del ejemplar, iii) Color de la gónada y iv) Sabor del producto.



D.4 Del Manejo del recurso

Como consecuencia de la percepción de mantención y deterioro de la pesquería, un 70% señaló la conveniencia de cerrar zonas muy explotadas. Junto con lo anterior, también ha propuesto: i) controlar la talla de extracción, ii) cultivar, iii) repoblar bancos naturales y iv) disminuir la producción. El manejo del recurso, por parte de la empresa, se ha centrado en la recuperación de la calidad. Perciben, además, que los pescadores no acogerán satisfactoriamente las medidas de manejo que se implementen a futuro (50%), un 30% no está claro y el 20% restante opina que habrá una buena percepción, aunque creen que el co-manejo junto con los pescadores y la Subsecretaría de Pesca debiera funcionar.

D.5 Registros de información

Los empresarios señalaron la conveniencia de contar con sistemas de información, cuyo uso lo identifican preferentemente con la capacidad de proyectar la producción. Es notable que el 50% de los entrevistados señaló que la información es compartida entre empresas.

E. Principales aspectos obtenidos del análisis de la encuesta

El análisis de las respuestas de la encuesta aplicada a los agentes de la pesquería (pescadores, operadores de faena y empresarios) indicó lo siguiente:

- ✓ Los tres tipos de agentes perciben de manera diferente el estado de la pesquería, aunque con una tendencia al deterioro.
- ✓ La operación a través del montaje de faenas es apropiada para la empresa y en menor medida, para los pescadores.



- ✓ Los pescadores abandonan una procedencia cuando el rendimiento baja de 10 cajas/bote/día.
- ✓ El período de revisita de las áreas ha fluctuado entre 3 meses a un año.
- ✓ La calidad del producto se ve afectado por los fenómenos de “gónadas lechosas” y “gónadas café”.
- ✓ Se ha incrementado la necesidad de realizar un manejo en conjunto con pescadores, empresarios y autoridades del sector.

4.2.4 Resultados actividades de campo

A.1 Selección de las localidades de una red de monitoreo de la dinámica del recurso.

Se estableció en la propuesta técnica el diseño de una red que incorporara un conjunto de localidades fijas y los tiempos de revisita de ellos. La idea original fue disponer de lugares de observación a las escalas espaciales y temporales de interés. Se mantuvo durante todo el período de proyecto los nodos indicados en la propuesta inicial: Carelmapu, Ancud, Pudeto, Dalcahue y Quellón en la X Región, y Melinka y Puerto Chacabuco en la XI Región. La excepción lo constituyeron los puertos de Maullín y Pudeto, los cuales fueron eliminados de la red por no constituir puertos ericeros.

Como se indicó en el informe de avance, existía el propósito de establecer una red de lugares de monitoreo, con el fin de lograr obtener un índice de abundancia a nivel regional, la cual se esperaba definir en base a tres elementos:

- ◆ Antecedentes generados a través de los proyectos de seguimiento, conducidos por IFOP.
- ◆ Reuniones y talleres con los pescadores y empresarios.
- ◆ Visitas de inspección a las localidades prospectivas.



Las razones que no nos permitieron establecer una red propiamente tal son las siguientes:

En el taller realizado con pescadores, en el mes de octubre en Ancud, se identificaron procedencias posibles de incluir en la red de monitoreo de localidades.

Cabe señalar que esta red incluía principalmente procedencias ubicadas en la X Región. La selección de procedencias en la XI Región, quedó supeditada a la participación activa de los industriales y los operadores de faenas, en cuanto a explorar la información de la que ellos disponían. Esta información junto con el resultado de las encuestas, una vez socializada con los tres sectores: pescadores, industriales y operadores de faena, permitiría seleccionar las procedencias e implementar la puesta en marcha de la red. Sin embargo, se presentaron las siguientes limitantes que impidieron dar cumplimiento cabal a esta actividad:

Las procedencias, tal como están representadas en la base de datos, son ambiguas a efectos de seleccionar los puntos de la red. Se requiere una ubicación mucho más precisa de los bancos, áreas muy acotadas, lo cual fue discutido con los industriales en el taller realizado en el mes de octubre en Quellón.

Lo anterior lleva a la necesidad de precisar las procedencias a un nivel de resolución mayor, esto implica a) una georeferenciación que permita dimensionar los bancos, b) visitar lugares seleccionados a priori con esta intención; c) documentar la operatoria de las faenas a fin de entender mejor los datos recopilados a la fecha.



Durante el taller de octubre se obtuvo reportes de antiguas prospecciones (año 70 y comienzo de los 80), surgiendo la idea de hacer coincidir algunas de las estaciones de la red con localidades que estuvieran documentadas para las décadas anteriores. Razones presupuestarias limitaron algunas acciones al interior del proyecto, las cuales no fueron concebidas al inició bajo esta vía. Finalmente los bancos o procedencias a monitorear como parte de la red fija quedaron limitados a los lugares donde se hicieron los estudios para obtener información biológica, es decir: Punta Lile en la X Región y Canal Leucayec en la XI Región, en las cuales se condujeron experimentos metodológicos y observaciones biológicas básicas cuyos resultados se describen y entregan en los puntos siguientes.

Se considera, dado la experiencia acumulada en este proyecto, que esta tarea debe ser realizada en un segundo año y que la selección e implementación de la red debería apoyarse en:

- ◆ Criterios desarrollados durante una recorrida por el campo
- ◆ Información histórica en la base de datos
- ◆ Nuevas consultas con pescadores, armadores e industriales
- ◆ Validación de información de pre-expansión de la pesquería
- ◆ Compromiso de participación activa de pescadores, armadores e industriales.

A.2 Selección y ubicación de lugares o zonas de estudio para las evaluaciones directas y seguimiento de parámetros biológicos.

Como se señaló en la metodología los lugares elegidos fueron: Sitio A: Punta Lili ubicada en la Isla Laitec, cercana al puerto de Quellón, en la X Región y Sitio B: Canal Leucayec, cercano al puerto de Melinka, en la XI Región



A.3 Batimetría y fondos

En la **Figura 4.50** se muestra la carta de fondos y profundidades para el sector Piedra Lile. Se estima que más del 80% del fondo marino correspondió a sustratos duros de rocas y piedras. No se percibe ningún patrón en la distribución de los fondos en relación con la profundidad. La morfología del relieve submarino posee gran variabilidad, especialmente en el sector sur del área, cercano a tres islotes. La profundidad máxima observada llegó a los 39.4 metros y el promedio para toda el área fue de 10.7 metros. En el sector norte, la pendiente desciende rápidamente, alcanzando los 20 metros de profundidad a sólo unos 30 metros de la orilla.

En todo el lugar se observó una capa de materia orgánica cubriendo el fondo, probablemente proveniente de los desechos de un centro de engorda de salmones ubicado a 200 metros al oeste del sitio.

En el sector del Canal Leucayec la carta batimétrica presentada en la **Figura 4.51** muestra un modelo de distribución de los sustratos estrechamente relacionados con la profundidad. Según esto, se aprecia que los contornos que delimitan los fondos, siguen el patrón marcado por las isóneas de profundidad. Lo anterior probablemente es explicado por la alta velocidad de arrastre que producen las corrientes mareales en el Canal. Esta conformación es típica en los ríos al igual que el tipo de material que conforman los fondos observados. La profundidad media para el área barrida fue de 3.2 metros y la máxima detectada en el lugar alcanzó los 6.4 metros hacia el noreste del lugar.



A.4 Evaluaciones directas

La densidad observada en las líneas de transectas fijas ubicadas en el sector Piedra Lile es presentada en la **Figura 4.52**. El máximo valor alcanzado ocurrió en el mes de abril con 9.5 ind/m². A partir de este mes, los valores comienzan a disminuir en forma constante hasta alcanzar en febrero de 2002 un valor mínimo de 3.4 ind/m². La densidad media para todos los meses fue de 6.3 ind/m² y el límite de confianza promedio fue cercano a ± 1 ind/m² (n=30, $\alpha=0.95$) y se mantuvo constante en el tiempo.

La distribución de los individuos al interior de las líneas de transectas fijas se muestra en la **Figura 4.53**. Se observa que los erizos mostraron una tendencia a mantenerse en el mismo lugar mes a mes. Se interpreta que cada transecta retuvo su patrón ausencia/presencia de individuos en el tiempo. No obstante lo anterior, la abundancia fue disminuyendo a partir del primer mes, observándose una clara disminución de cuadrantes con alta densidad.

Respecto a los valores registrados en los muestreos de densidad en líneas de cuadrantes dispuestas al azar, se observa en la **Figura 4.54** (en color azul) que los valores son al menos un orden de magnitud superior respecto al método de transectas fijas, registrando una media para todos los meses juntos de 20.2 ind/m². Se observa también una tendencia decreciente en la abundancia, similar a lo ocurrido en las líneas fijas, obteniéndose en el mes de febrero de 2002 el valor mínimo de 13.1 ind/m². La media para los límites de confianza fue de ± 10.3 ind/m², cifra muy superior a lo obtenido por el método de área barrida, seguramente producto del bajo número de muestras y la existencia de cuadrantes con valores cero.



La evaluación realizada en noviembre de 2001 con cuadrantes dispuestos al azar sobre las líneas fijas, arrojó valores de densidad superiores a los obtenidos con los otros métodos **Figura 4.54** (en color rojo). Se obtuvo un valor cercano a los 38 ind/m² y con un error de dispersión de la media de ± 3.6 ind/m². Esta desviación fue menor en comparación con el método de líneas de cuadrantes dispuestas al azar, probablemente explicado por el mayor número de unidades de muestreo (n=300).

En la **Figura 4.55** se presentan los valores de densidad obtenidos en el muestreo de líneas de transectas fijas en el sitio Canal Leucayec. Se advierte en la figura una tendencia no lineal pero creciente en los valores. El valor mínimo fue de 2.8 ind/m² registrado en agosto de 2001 y el valor máximo se verificó en febrero de 2002 con 5.9 ind/m². El valor promedio para todos los meses fue de 4.4 ind/m². Los límites de confianza fluctuaron entre 0.7 y 1.8 ind/m² con una media de ± 1.1 ind/m².

La distribución de la abundancia en el tiempo puede ser observada en la **Figura 4.56**

♦ **Consideraciones que influyen en aspectos metodológicos para la evaluación directa.**

- a. Es posible advertir que el erizo se desplazó constantemente dentro del área en estudio y se agrupó formando conglomerados delimitados por zonas en donde la densidad mostró valores cero.
- b. Se advierte también que los conglomerados poseen tamaños variables en diferentes épocas del año.
- c. La densidad observada en el mismo lugar para el método de líneas de cuadrantes dispuestas al azar sobre el fondo arrojó, como era de esperar,



- valores que difieren en un orden de magnitud respecto a lo obtenido con el método de área barrida en estaciones fijas (**Figura 4.57** en color azul).
- d. Además se observa una tendencia a la disminución de la abundancia, al contrario de lo observado en las líneas fijas cuyos valores aumentan en el tiempo. El valor máximo se registró en el mes de abril de 2001 con 67.6 ind/m² y el mínimo en el mes de noviembre de 2001 que alcanzó apenas 9.1 ind/m². La media para todos los meses fue de 33.7 y la dispersión promedio para esta media ± 15.7 ind/m².
- f. Finalmente el valor de densidad obtenido en el mes de noviembre de 2001 mediante el método de cuadrantes sobre estaciones fijas puede ser observado en la **Figura 4.57** (en color rojo). Este originó un valor mayor a 41 ind/m², cifra superior a los 9.1 ind/m² registrados mediante el método de líneas de cuadrantes dispuestas al azar sobre el fondo. La desviación respecto a la media fue de ± 3.9 ind/m².

A.5 Muestreos biológicos

A.5.1 Sector Piedra Lile

Estructura de tallas

La **Figura 4.58** muestra la estructura de tallas que presentó la población de erizos estudiada en el sector Piedra Lile. Se observan dos modas dominantes que se alternan mes a mes y cuyos valores fueron de 35 mm en los meses de abril y noviembre de 2001 y 55 mm en los meses de agosto de 2001 y febrero de 2002.

Las tallas medias resultantes son presentadas en la **Figura 4.59**. Se advierte que en el mes de noviembre de 2001 se registró una cifra mínima de 47.4 mm para



luego en el siguiente muestreo de febrero de 2002 alcanzar un máximo de 50.5 mm. En el mes de abril de 2001 registró el mayor número de individuos igual o superior a la talla mínima de extracción (70 mm) correspondiente al 8.4% del total de individuos recolectados. El menor valor fue observado en agosto con 6.4% de erizos sobre talla comercial.

Indice gonadosomático

La variación mensual en el Peso total y el Peso de la gónada de la población de erizos de Piedra Lile puede ser observada en la **Figura 4.60**. Los valores mínimos para el Peso total y el Peso de la gónada ocurrieron en el mes de febrero de 2002, llegando a 55.5 g y 5.6 g respectivamente. Los valores máximos se observaron en noviembre de 2001 y fueron de 87.3 g para el Peso total y 12.6 g para el Peso de la gónada. Una mejor descripción de la relación entre el Peso total y el Peso de la gónada se presenta en la **Figura 4.61**. El índice gonadosomático llegó a su máximo en el mes de noviembre de 2001 con un valor de 10% indicando probablemente un período reproductivo.

Relación longitud – peso

Finalmente la **Figura 4.62** presenta los parámetros que describen la relación entre el diámetro de la testa (longitud en mm) y el Peso total húmedo (peso en g). Esta relación se muestra en forma mensual y se ajusta a un modelo de potencias tipo aX^b . Se observa que la variación mensual es mínima en tallas pequeñas hasta los 50 mm. A partir de este tamaño corporal, la variación entre las curvas es explicada por un aumento del peso corporal provocado por el desarrollo gonadal. A medida que la talla corporal aumenta las curvas se van separando más y más debido a que el número de individuos de tallas grandes va disminuyendo, por lo que la predicción del modelo se hace menos confiable.



A.5.2 Sector Canal Leucayec

Estructura de tallas

Respecto de la población de erizos estudiada en la XI Región en el sector Canal Leucayec, se muestra en la **Figura 4.63**, la variación mensual, de las estructuras de tallas que presentó la población. Se observa en la figura una progresión modal relativamente clara con dos modas bien definidas. Por otra parte las tallas promedios presentaron una tendencia creciente como se muestra en la **Figura 4.64**. La talla media presentó un valor mínimo en el mes de abril de 2001 con 40.4 mm hasta alcanzar un valor máximo de 49.5 mm en el mes de febrero de 2001. La fracción explotable de la población aumentó paulatinamente desde un valor mínimo de 4.8% para el mes de abril de 2001 hasta alcanzar una cifra cercana al 15% en el mes de febrero de 2002.

Indice gonadosomático

En la **Figura 4.65** se observa la variación del peso corporal húmedo y el peso de la gónada para los erizos del Canal Leucayec. Ambos parámetros poseen una tendencia similar en los primeros tres meses. El valor mínimo de 50.4 g para el peso total se produjo en el mes de agosto de 2001, mientras que en el mes de febrero de 2002 el peso promedio de la gónada fue de 7.8 g siendo el más bajo registrado. Los valores máximos se presentaron en el mes de noviembre de 2001 correspondiendo a 77.7 g para el peso corporal húmedo y de 10.8 g para el peso de la gónada. La **Figura 4.66** muestra la variación del índice gonadosomático el cual alcanzó su máximo valor en el mes de agosto de 2001, mostrando una disminución hacia meses posteriores observándose un mínimo en febrero de 2002 correspondiente al 9% e indicando el fin del período reproductivo.



Relación longitud – peso

Finalmente la relación longitud-peso, muestra una tendencia similar a lo observado en la X región en Piedra Lile. La variación mensual de la relación es pequeña en tallas inferiores a 50 mm en comparación con tallas mayores que presentan mayor divergencia producto de la condición de madurez y del número de ejemplares hallados de tallas grandes (**Fig. 4.67**)

A.6 Discusión respecto de los métodos para las evaluaciones directas.

♦ *Densidad y Abundancia*

Es interesante explicar los resultados proporcionados por las evaluaciones directas de densidad utilizando métodos diferentes. Los altos valores de densidad registrados por los métodos que utilizan cuadrantes no pueden ser directamente comparados con los obtenidos mediante el método de líneas de transectas (área barrida en estaciones fijas). Son métodos complementarios que pueden utilizarse indistintamente según lo que se espera obtener de ellos. Por ejemplo, el método de cuadrantes produce valores de abundancia mucho más elevados (un orden de magnitud superior) en comparación al conteo de individuos realizado por líneas de transectas en estaciones fijas. Este último método es más conservador, puesto que normalmente un buzo nunca contaría más individuos de los que realmente existen, sino todo lo contrario, muchos erizos pasarían desapercibidos por el buzo por estar bajo rocas o porque simplemente no los vio cuando pasaba sobre ellos. Lo anterior se ajustaría más al cálculo de una cuota para lugares de los cuales no existan mayores antecedentes bio-pesqueros.

Otro factor a tener en consideración al momento de planificar un estudio, es la disposición o agrupamiento de los individuos al interior del banco. Si los erizos se



agrupan en conglomerados resultará más conveniente utilizar líneas de transectas ya que los cuadrantes corren el riesgo de caer sistemáticamente en lugares sin presencia de erizos. Sin embargo, ninguno de los dos procedimientos considera la componente relacionada con los diferentes tipos de sustratos entre otras consideraciones, como la cadena trófica existente en cada uno de ellos.

En cuanto a consideraciones prácticas o de terreno, ambos métodos involucran casi el mismo tiempo de trabajo en el agua. No obstante lo anterior, a un buzo le resulta más fácil contar organismos que están completamente delimitados por un cuadrante que tener que estimar subjetivamente el ancho del cuadrante, utilizando sus brazos o alguna otra guía.

Como conclusión el “ *Diseño de muestreo estratificado por tipo de sustrato, con submuestras anidados aleatorio simple de líneas de transectas subdividida en estaciones y muestreo aleatorio simple de cuadrantes en su interior*”, constituye el diseño que reúne las mejores cualidades estadísticas, toma en consideración el mayor número de elementos relacionados con los tipos de sustratos, la distribución de los ejemplares en el espacio, permite un mejor control del error de muestreo y estimaciones más ajustadas a la realidad como consecuencia permite decisiones más conservadoras en beneficio de la sustentabilidad del recurso. Por otra parte tomando en cuenta la cadena trófica existente y considerando, los estudios de comunidades, la necesidad de estudiar de estudiar la estructura de tallas, la relación longitud – peso, el crecimiento, estadios de madurez, etc. este diseño surge como el diseño de muestreo más adecuado.

El método basado en igual tipo de muestreo aplicado luego de una clasificación de parches o manchas fue definitivamente descartado por las dificultades prácticas de definir y distinguir una mancha de otra y por lo tanto de su aplicación.



♦ **Estructura de tallas**

Respecto del análisis de los resultados en cuanto a **la estructura de las tallas** obtenidas, se pueden observar varias cosas; en ambos sitios de estudio se presumió inicialmente que eran objeto de actividad extractiva permanente por parte de buzos mariscadores. Las observaciones de terreno indicaron que sólo el sitio de Piedra Lile era frecuentemente visitado por buzos. Por el contrario en el Canal Leucayec no se detectó en ninguna de las visitas, la presencia de embarcaciones trabajando en el lugar. Esto puede ser relacionado con la tendencia que presentan las tallas medias y la fracción explotable del recurso. En un sitio normalmente explotado, se esperaría que la longitud media se mantuviera constantemente restringida dentro de ciertos rangos bajo la talla mínima de explotación. Lo anterior resultaría parcialmente cierto al observar la **Figura 4.59**. Si bien la talla media aumentó bruscamente en el mes de febrero de 2002, la tendencia en meses anteriores fue decreciente. Aquí es necesario mencionar que en este lugar, los buzos encargados de realizar las evaluaciones han reportado fuertes cambios en cuanto a la distribución de erizos pequeños v/s individuos de tallas mayores. Esto da una idea de las migraciones que efectúan individuos de tallas mayores entre el submareal somero y profundo. Lo anterior no es posible de observar a menos que se asociara la variable longitud con su posición, de esta forma se podría observar este fenómeno descrito en forma similar a lo presentado para la densidad en la **Figura 4.56**. Por otra parte si observamos el porcentaje de individuos con posibilidad de ser comercialmente explotados, se distingue una tendencia a permanecer constante esta proporción en el tiempo, algo esperado para una población sometida a una permanente explotación.

Al observar la **Figura 4.64** podemos interpretar que la población presente en el sitio del Canal Leucayec no ha sido explotada, pues exhibe un aumento constante en la talla media así como de la fracción explotable de la población.



♦ **Indicadores gonadosomáticos**

Por otra parte en cuanto a **los indicadores gonadosomáticos** presentados en la **Figura 4.61** y **Figura 4.66** permiten interpretar que estas dos poblaciones poseen máximos reproductivos en épocas diferentes. El sitio Piedra Lile presentó un discreto máximo peso gonadal en el mes de noviembre de 2001. En esta fecha las gónadas representaron un valor cercano al 14% del peso corporal. Igual cifra puede ser observada en el sitio Canal Leucayec, sin embargo la población presenta su índice máximo en el mes de agosto de 2001, tres meses antes que en la región contigua. También se observa que el período reproductivo dura más tiempo en comparación a lo observado en Piedra Lile.

Se concluye finalmente que tanto el método de líneas de transectas, con subestaciones y muestreo de cuadrantes en su interior dispuestos al azar sobre los diferentes tipos de fondo junto con permitir evaluaciones de la densidad y abundancia de erizos en forma adecuada permite un adecuado estudio de los parámetros biológicos.

A.7 Descripción del Crecimiento Individual

En reuniones de coordinación se definió aplicar la técnica de lectura de anillos a las placas genitales, propuesta por Gebauer y Moreno (1995). En la primera salida de campo se recogió el material, sin embargo, no dió resultado la aplicación de la técnica. Se afinó la técnica y en las salidas de campo siguientes se recogieron muestras las cuales se señalan en este punto en el capítulo de metodología. La aplicación de los resultados obtenidos se entrega a continuación en el punto A.9

En la **Foto 1** se aprecia la corona de placas aborales. La **Foto 2** corresponde a una placa gonádica donde se observan los anillos de crecimiento.



A.8 Técnicas de marcación

Durante el mes de septiembre se marcaron 3.636 ejemplares, cuyo rango de tallas varió entre 12 y 98 mm de diámetro. Se revisó el lugar en octubre del año 2002, removiendo todos los individuos encontrados en el área (2.008), los que fueron sacrificados para extraer y revisar si en sus mandíbulas (**Foto 3**), se observaba marcas fluorescentes producto del efecto de la tetraciclina. Se registró la presencia de 35 ejemplares marcados, equivalente al 0,96% de los individuos inicialmente inyectados con el antibiotico. Si bien el porcentaje de ejemplares recapturados es mínimo, se considera que la técnica de marcaje es valida para ser aplicada en esta especie.

A.9 Estimación parámetros de crecimiento

La relación entre las tallas y el número de anillos fue similar en las muestras colectadas en Quellón y en Melinka (**Figura 4.68**). Las medias para cada grupo de edad mostraron tendencias consistentes en ambos lugares de muestreo, siendo menores en el mes de febrero y mayores en noviembre para cada grupo de edad (**Figura 4.69**). Esto se puede en parte deber a que los anillos contados corresponden en general a bandas oscuras, las que podrían formarse en verano, de acuerdo al trabajo de Gebauer y Moreno (1995). De todas maneras, una segunda lectura de los anillos será necesaria para poder corroborar esta interpretación y, en base a la misma, asignar una edad a los individuos que tome en cuenta la fecha de muestreo y la estacionalidad en el patrón de marcación. Por el momento, y a fin de poner a punto el método de estimación de parámetros de crecimiento, se realizó la estimación tomando al número de anillos contados como edad, independientemente de la fecha de muestreo.



Las dificultades encontradas en la lectura de anillos de animales de tallas chicas resultó en la truncación de las distribuciones de tallas por debajo de aproximadamente 20 mm. A fin de corregir este sesgo en las observaciones, se ajustó una función de “selectividad” a los datos registrados, definida como la probabilidad de leer exitosamente los anillos en función de la talla (**Figura 4.70**).

Los parámetros de crecimiento fueron ajustados de dos maneras: (1) por separado para cada localidad de muestreo y (2) tomando todos los datos en conjunto, suponiendo homogeneidad en los patrones de crecimiento. En todos los casos, y a pesar de haber corregido por el efecto del sesgo en el conteo de anillos para los animales chicos, el patrón de crecimiento resultante fue lineal (parámetro ρ cercano a 1), aún cuando se incorporó en el ajuste la muestra de animales grandes provenientes de Quellón (**Figura 4.71**):

	Quellón	Melinka	Quellón+Melinka
-ln-verosimilitud	1272.57	1108.73	2408.20
L_{12}	111.39	110.54	112.09
P	0.9999	0.9999	0.9999
L_1	14.03	20.46	16.39
CV_1	0.50	0.38	0.50
CV_{12}	0.16	0.10	0.13

La diferencia entre los modelos ajustados para las dos localidades resultó altamente significativa de acuerdo a una prueba de razón de verosimilitud ($2 \times (2408.2 - (1272.57 + 1108.73)) = 53.81 \gg \chi^2_{0,01, 5}$). Mas allá de la significancia estadística, la función ajustada para el conjunto de datos (**Figura 4.71**; línea cortada) fue similar a las funciones ajustadas a cada población por separado (**Figura 4.71**; líneas sólidas). La diferencia entre los modelos ajustados para las dos localidades continuó siendo significativa luego de que se excluyeron del análisis los datos



correspondientes a la muestra de animales grandes tomada en el mes de julio en Quellón.

Aún cuando los resultados de las estimaciones deben ser en el futuro revisados con una réplica de este estudio, seguramente el patrón general observado en estas muestras, correspondiente a un crecimiento lineal, será difícilmente alterado.

A.10 Diseño de colectores experimentales

Los colectores fueron retirados el 14 de enero del 2002. En Parga todos se perdieron, existen dos posibles causas de pérdidas: problemas de corriente o que hayan sido arrasados por embarcaciones. En Pulelo estos se encontraban en las siguientes condiciones:

- ◆ Casi todos los colectores estaban en malas condiciones, se supone que las condiciones climáticas habrían afectado el estado de estos, con excepción de los canastillos de PVC.
- ◆ Solo hubo presencia de erizos en los colectores de PVC, especialmente al interior del entramado de malla anchovetera. Por el tamaño de los erizos es probable que la fijación ocurrió hacia 1,5 a 2 meses antes de que estos fueran retirados del medio (Se instalaron en el mes de noviembre del 2001).
- ◆ Como fauna asociada o acompañante se observaron choritos, ostiones, poliquetos, tunicados, jaibas, ofiuros y cirripedios principalmente.
- ◆ Los colectores de malla anchovetera y cebollera, se observaron con pocos epibiontes, al igual que pocas algas y diatomeas.



El número de erizos encontrados por colector fue el siguiente:

Tipo Colector	N° Erizos	Tamaño (mm)
Malla rachel	0	
Malla cebollera	0	
Caja lechera con malla ostionera en su interior	0	
Set placas policarbonato	0	
Canastillo PVC con malla anchovetera interna	3	2; 2.1; 1.3
Canastillo PVC con malla anchovetera interna	3	1.6; 2; 2.2
Canastillo PVC con malla anchovetera interna	4	1.3; 1.3; 2.2; 2
Canastillo PVC con malla anchovetera interna	6	1.7; 1.7; 2.1; 1.5; 1.5; 1.4

A.11 Relación entre la talla y la masa gonadal

◆ Relaciones morfo-gravimétricas de la gónada

En general, el peso gonadal del erizo presenta una estrecha relación con el tamaño y peso total del ejemplar. La **Figura 4.72** muestra una relación lineal entre el peso total de la gónada y el peso total del ejemplar ($R=0,91$). Se observa una mayor dispersión en los valores del peso de la gónada con el mayor peso de los ejemplares. La relación longitud – peso describe una relación de tipo isométrica ($b = 3$, $R= 0,99$) (**Fig. 4.73**). De manera similar, la relación longitud – peso gónada mostró un alto ajuste ($R = 0,93$), lo cual indica que se obtiene una estimación altamente precisa del peso gonadal contando con el valor de la talla (**Fig. 4.74**).

◆ Índice gonadosomático

El Índice Gonadosomático (IGS) mostró diferencias entre la población de erizos muestreada en la X y XI Región. En el caso de la XI Región (Melinka) se observó un máximo IGS en la temporada de invierno (agosto), decayendo hacia los meses



de verano (febrero) (**Fig. 4.66**). Por su parte, en la X Región, el IGS máximo ocurrió en primavera (noviembre) disminuyendo su valor, igualmente, en verano (**Fig. 4.61**). Lo anterior corrobora la opinión de los industriales respecto a que las gónadas no están aptas para su elaboración durante los meses de primavera y verano, coincidiendo con el período de veda. Cabe señalar, también, que la relación entre el grado de maduración y la talla mostró una relación lineal creciente, sin mayores diferencias entre ambas localidades muestreadas (Quellón y Melinka) (**Fig. 4.75**).

♦ Características cualitativas de la gónada

La gónada se caracterizó cualitativamente a través de la coloración y la textura. El análisis de la coloración, según el patrón de colores establecido, mostró un gradiente entre el color amarillo pálido y el naranja oscuro. Este gradiente observó una estrecha relación con la talla, tal como lo muestra la **Figura 4.76**, donde las tallas pequeñas mostraron colores de gónada más claros y las tallas mayores, colores más oscuros.

Respecto a la textura, la gónada “normal” presentó una moda máxima en el rango de talla de los 40 mm, mientras que la gónada “lechosa” mostró una moda superior en los 65 mm (**Fig. 4.77**). Cabe señalar que en Melinka, aproximadamente un 29% de las gónadas presentó la condición “lechosa”. En Quellón, esta condición fue menor, alcanzando a un 17%.

A.12 Presencia de comensalismo en el erizo

Las muestras de ambas localidades permitieron reconocer la presencia de comensalismo por parte del cangrejo *Pinnaxodes sp*, el cual se instala en el tracto digestivo del erizo. Se pudo apreciar una relación proporcional, de tipo exponencial, entre el peso del comensal y la talla del ejemplar huésped (**Fig.4.78**).



También se pudo apreciar que ejemplares de erizo inferiores a los 27 mm de talla no presentaron el comensal.

A.13 Fecundidad Potencial

Se indujeron 215 ejemplares al desove. La respuesta de individuos de 40-50 mm de diámetro fue nula, verificándose luego con una disección la ausencia de gónadas o escaso tejido gonádico. Para los ejemplares de las tallas de 50-60 mm de diámetro, fue baja, pero los individuos si tenían tejido gonádico, aunque en poca cantidad. En tallas mayores la respuesta fue mayor y las gónadas estaban en su mayoría de un tamaño medio, sin estar lechosas. En la **Tabla 3.2** se resumen los resultados.

Las hembras obtenidas emitieron huevos que en promedio medían 120 μm . Los valores no siguieron un patrón claro. En la **Tabla 4.8** se muestran las cantidades y numero de huevos obtenidos.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se estima que los erizos para ésta área de extracción específica, no estaban aún maduros, ya que la cantidad de gametos es muy baja. Es posible también que haya problemas de alimento, lo que limitaría la producción gamética.

Respecto a la ausencia o escasa cantidad de gónadas en los ejemplares pequeños, si bien se ha reportado la madurez sexual en individuos de 40 mm, es probable que esta condición se atrase por factores externos como: disponibilidad de alimento, temperatura, entre otros, y el aporte real de huevos al potencial de reclutamiento sea insignificante. Como dato anexo, en experiencias de cultivo realizadas por IFOP con reproductores maduros de 80-90 mm de diámetro, se han obtenidos aproximadamente 3 a 4 millones de huevos por erizo, en condiciones de



ser fecundados. Para tener información más fidedigna respecto al potencial real de fecundidad de los erizos del sector de Parga, se deberían realizar monitoreos mensuales durante la época reproductiva del erizo (Octubre-Enero) de manera de tener una evaluación completa durante el período más importante del ciclo de vida del erizo, situación esta última que no estaba contemplada en los costos del proyecto, por lo cual no se continuo con esta experiencia.

4.3 Manejo espacialmente explícito: Bases para el desarrollo del programa

4.3.1 Opciones de Manejo

4.3.1.1 Sistema de manejo

La Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) identifica tres modos para la explotación de los recursos bentónicos⁸:

- Derechos de uso territorial (“Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos”, o AMERBs), un tipo de TURF (“*territorial use rights in fisheries*”)⁹. Objeto de estudio por varios autores (Stotz, 1997; Castilla *et al.*, 1998), las AMERB proliferaron a lo largo de las zonas central y norte del país (principalmente en la IV y VIII Regiones) (Montecinos, 2000). Aquí la matriz constituida por caletas, organizaciones y áreas históricas, distribuidas a lo largo de una costa quasi-lineal, se presta de modo natural a esta estructura estratégica. En el sur del país, en cambio, las áreas explotadas por distintas comunidades se yuxtaponen, y éstas últimas son a menudo distantes de los fondos de pesca. Este ámbito no se presta naturalmente a la implementación de TURFs.

⁸ Además, las tácticas de manejo explícitamente reconocidas por la LGPA incluyen tallas mínimas y vedas temporales. Se contemplan también el repoblamiento y la acuicultura (bajo condiciones especiales) como complemento de la explotación de poblaciones naturales.

⁹ Para una revisión general de los TURFs como instrumento para el manejo de recursos bentónicos en otros países ver Orensanz (2001). Existen otros antecedentes de TURFs para pesquerías de erizo, por ejemplo en Filipinas (Juinio-Méñez *et al.*, 1998), o los TURFs de Japón (Orensanz, *op. cit.*)



- “Libertad de pesca” (LGPA, Art. 50). Los fondos de pesca no incluidos en las AMERBs están abiertos a todos los pescadores registrados (por región y por recurso). Este régimen es a menudo denominado en Chile como “acceso abierto”, aun cuando en nuestro caso el acceso está más restringido que en el sentido general del término (Charles, 2001). Las flotas industriales, los pescadores artesanales registrados en otras regiones (con el proviso del problema de las regiones contiguas, discutido más abajo) y los pescadores no registrados para el recurso erizo están excluidas de la pesquería regional. Bajo la moratoria en vigencia para los registros, y dadas las exclusiones mencionadas, rige, *de facto*, un sistema de entrada limitada.
- Un sistema basado en cuotas, denominado “régimen de extracción bentónica en la LGPA, que se aplica sólo a los recursos designados como completamente explotados. El régimen consiste de una cuota total permisible (CTP) para cada región, dividida en cuotas individuales asignadas a los buzos registrados.

La LGPA contempla, además, un sistema de áreas marinas protegidas (MPAs, o “*Marine Protected Areas*” en la literatura internacional). Es interesante destacar que la Ley reconoce dos tipos de MPAs: “parques marinos” (LGPA, Art. 3d) y “reservas marinas” (LGPA, Art. 2-43 y Art.48-b). En los primeros se excluye cualquier forma de actividad extractiva (“*no-take zones*” en la literatura internacional) con el propósito de preservar áreas significativas para la investigación científica o por su interés ecológico. Las segundas están concebidas como refugios reproductivos, en los cuales la pesca está contemplada bajo circunstancias particulares. Esta distinción, claramente establecida en la LGPA, es motivo de gran confusión en otros sistemas de manejo.



Estos elementos conforman el *sistema de manejo*.

Durante el primer año del desarrollo del proyecto plurianual surgieron circunstancias importantes que condicionan su desarrollo a futuro. En primer lugar, ha habido creciente interés por parte de las organizaciones de la X Región, y en menor medida en la XI Región, en la implementación de AMERBs. Ello fue evidente en el “*Taller Áreas de Manejo*”, convocado por la Subsecretaría de Pesca en Puerto Montt (Agosto 16-17, 2001) a fin de discutir el futuro de las AMERBs en la X Región. Más significativo aún para el futuro de este proyecto, durante el año 2001 se desarrolló un conflicto originado en la actividad extractiva conducida en la XI Región por parte de pescadores registrados en la X Región, al amparo del proviso denominado en la LGPA como “áreas contiguas”.

La siguiente reseña del conflicto se basa en una presentación hecha por el profesional de Subsecretaría de Pesca Señor Darío Rivas (Subsecretaría de Pesca; Taller Técnico, ver más abajo), en información proporcionada por el profesional de Subsecretaría de Pesca Señor Leonardo Sasso (Subsecretaría de Pesca), y en una propuesta técnica presentada por Aysén Consultores Ltda. (2002). En el año 2001, la resolución N° 1783 de la Subsecretaría de Pesca (relativa a la zona contigua entre la X y XI Regiones) fue impugnada por las organizaciones de pescadores artesanales de la XI Región mediante un recurso de amparo presentado en la corte de apelaciones de Valparaíso. Esta aprobó el orden de no innovar, lo cual paralizó todas las faenas extractivas. Se convocó entonces a una reunión entre las partes en conflicto en el Palacio de la Moneda, a fin de zanjar la disputa inter-regional. El acuerdo alcanzado (avalado por los Subsecretarios de Pesca e Interior, Gobiernos Regionales y dirigentes de ambas regiones) contemplaba (1) una “pesca de Investigación”, (2) control del esfuerzo pesquero mediante la limitación del número de usuarios, y (3) la definición de áreas de exclusión de pesca. Este acuerdo fue transformado en una resolución



(N° 2118; 15 de octubre de 2001), la que fue nuevamente requerida de amparo, esta vez por el sindicato de buzos de Melinka. Este obtuvo la orden de no innovar, lo que paralizó nuevamente la actividad extractiva. En febrero de 2002 la corte de apelaciones rechazó el recurso de amparo, dando plena vigencia a la resolución 2118.

Las organizaciones de pescadores artesanales bentónicas de la X y XI regiones solicitaron entonces a Aysén Consultores Ltda. el desarrollo de una propuesta técnica que atendiera a los elementos del acuerdo, listados más arriba. Por su parte, el sector industrial de la X Región solicitó a la Fundación Chinquihue que actuara como contraparte técnica del proyecto de investigación, en calidad de auditor externo. La duración propuesta para el proyecto es de por lo menos tres años, contemplándose tres actividades principales.

- (1) Control del ingreso y egreso de los pescadores de ambas regiones, basado en un sistema electrónico de identificación y seguimiento de los pescadores.
- (2) Georeferenciación de áreas explotadas (“procedencias”) intensivamente en la X y XI Regiones.
- (3) Un programa de muestreo de desembarques, independiente del que conduce IFOP bajo contrato con la Subsecretaría de Pesca.

Este proyecto se basa en la explotación de “excedentes”, cuyo cálculo requiere de una estimación del efectivo y un criterio para el cálculo de una CTP. Estos serían provistos cada año por la Subsecretaría de Pesca. En ausencia de esta información, y a los fines de implementar el proyecto, se sugirió para el primer año



una cuota total definida de manera arbitraria¹⁰. Esta cuota total se asigna en forma individual a los buzos registrados, sobre una base mensual. Para el primer mes se estipulan 500 cajas/buzo, pudiendo esta cantidad ser modificada en los meses siguientes, previo acuerdo expreso de los usuarios de la pesquería. Se reconocen tres categorías de buzos: (1) registrados en la X Región que operan en la X Región, (2) registrados en la XI Región que operan en la XI Región, y (3) registrados en la X Región autorizados para operar en la XI Región. Las asignaciones mensuales, personales e intransferibles, se harían efectivas mediante códigos de barra (CVCs).

El sistema propuesto tiene tres pilares:

- Depende de la estimación de la abundancia total, sobre la cual se basa el cálculo de una CTP.
- Depende de la fiscalización para el control del esfuerzo y las cuotas individuales.
- Está implementado de manera vertical, de arriba hacia abajo, sin mecanismos explícitos para la participación activa de los usuarios en las actividades de monitoreo y decisiones de manejo.

En lo esencial, el sistema propuesto es una nueva versión del “régimen de extracción bentónica”, cuya historia es, por lo tanto, oportuno recapitular. El régimen se originó como resultado del cierre de tres años de la pesquería del loco, a comienzos de los 1990s, requiriendo para su implementación de estimaciones de abundancia por región. Dado que las estimaciones directas son imposibles a esa escala geográfica, la abundancia fue estimada mediante un modelo analítico de evaluación de stock basado en la composición por tallas de las capturas,

¹⁰ La cuota total sugerida está expresada en términos de cajas estándar; para el año 2002 esta será de 2.100.000 cajas estándares, pudiendo esta cantidad ser aumentada previo acuerdo expreso de los usuarios de la pesquería. El proyecto no indica los fundamentos de la cuota.



además de parámetros de crecimiento y mortalidad natural estimados de forma independiente. Esas estimaciones fueron la base para el cálculo de las CTPs regionales. La CTP fue asignada en forma de cuotas individuales a los buzos registrados con una historia en la pesquería, mediante un sistema de cupones. Retrospectivamente, la performance de este sistema es percibida en general como fallida por diferentes razones. Entre éstas, el modelo utilizado en la evaluación, aún cuando internamente consistente, era inadecuado para recursos sedentarios como el loco o el erizo por razones bien documentadas en la literatura pesquera (Orensanz y Jamieson, 1998). Las estimaciones de abundancia a escala regional no resultaron realistas. Más importante aún, el sistema no ofrecía incentivos para la conservación y la fiscalización de las cuotas individuales era ineficaz. En junio de 2000 se implantó una moratoria de tres años sobre la pesca de loco en las “áreas históricas”, poniéndose fin, *de facto*, al “régimen bentónico”. Desde entonces la pesca del loco en la regiones I – IX ha estado permitida sólo dentro de las AMERBs. En el año 2000 se autorizó una “pesca de investigación” en las regiones X y XI, pero ésta no se reabrió en el año 2001.

En el caso del erizo, el régimen bentónico fue introducido recién en 1999, utilizándose el mismo modelo ensayado antes para el loco a fin de estimar la abundancia a nivel regional y derivar CTPs. La aplicación del modelo encontró las mismas dificultades que en el caso del loco, con el agravante de que la talla es sumamente plástica en los erizos. Las evaluaciones directas y las cuotas regionales fueron abandonadas en el año 2001. Las dificultades en la aplicación del régimen bentónico fueron expuestas por el profesional señor Alejandro Zuleta en el “*Taller técnico sobre evaluación crítica de métodos de estimación y modelado*” (Valparaíso, Octubre 22-26, 2001) conducido en el ámbito de este proyecto (**Anexo 5**). Tras ser discutido, los concurrentes coincidieron con el diagnóstico del expositor.



El sistema de manejo propuesto por Aycón Ltda. (2002) es muy similar al régimen bentónico, con el añadido de un refinamiento en el sistema de fiscalización. Este esquema es inconsistente con los Términos Técnicos de Referencia (TTR) definidos para el presente proyecto, que tuvo las siguientes motivaciones:

- (1) La dificultad de manejar recursos como el loco y el erizo en base a estrategias que dependan de una estimación de la abundancia global (por ejemplo a nivel regional), lo cual llevó a considerar estrategias de manejo espacialmente explícitas (rotación, refugios reproductivos).
- (2) La percepción de que las estrategias dependientes de la fiscalización son difíciles de implementar en pesquerías de este tipo.
- (3) El reconocimiento de la necesidad de implementar formas de co-manejo, con participación de administradores, técnicos, pescadores e industriales.
- (4) El énfasis en los incentivos por sobre la fiscalización como reaseguro de la sustentabilidad.

Por estas razones, el desarrollo de las etapas subsiguientes del proyecto plurianual está condicionado por la forma en que se implemente la Resolución 2118 de la Subsecretaría de Pesca. La viabilidad del Programa Piloto de Pesca Experimental y de su eventual expansión de escala, elementos centrales de la Propuesta Técnica, dependerán del marco regulatorio definitivo.

4.3.1.2 Estrategia de explotación (Estrategias de manejo, Hilborn y Walters, 1992).

Conforme a lo estipulado en los TTR la estrategia de referencia de este proyecto plurianual es la *rotación de áreas*. Esta ha sido tratada en distintos contextos. El más conocido son las estrategias formales de rotación óptima, originalmente desarrolladas en el manejo forestal y esencialmente parte de la misma familia que



los modelos de “rendimiento por recluta”, mejor estudiados en las ciencias pesqueras Clark (1976). Estas estrategias fueron formalmente analizadas en Chile para el caso de la pesquería del culengue de la Xa Región (Jerez *et al.*, 1999). Por otra parte, hay unos pocos antecedentes de recursos pesqueros sedentarios en que la rotación fue introducida intuitivamente como una opción razonable y logísticamente fácil de implementar. Este es el caso de la pesquería de erizos del Estado de Washington, USA (Jones, 1977; Bradbury, 1990, 1991), el ejemplo mejor conocido (este sistema fue eliminado en 1996 por razones ajenas a su performance, como consecuencia de un litigio legal entre el Estado y las tribus indígenas del Puget Sound). La diferencia central entre la aplicación de estrategias de explotación en sistemas forestales y recursos pesqueros sedentarios es la variabilidad e impredecibilidad del reclutamiento y, por ende, del proceso de recuperación de las parcelas explotadas. Esta complejidad adicional (no tratable analíticamente) ha llevado al uso de ejercicios de simulación (por ejemplo Caddy y Seijo, 1998), algunos de ellos motivados por la pesquería del erizo rojo (Botsford *et al.*, 1993; Pfister y Bradbury, 1996). Botsford *et al.* (*op. cit.*), por ejemplo, incorporaron en sus simulaciones los “efectos de Allee” (mecanismos dependientes) discutidos en la Sección 4.1.1-A.2 [Revisión Literatura internacional].

Un sistema de rotación de áreas debe incluir la consideración de refugios reproductivos (contemplados en la LGPA), con el objetivo bien definido de establecer una salvaguarda contra la sobrepesca de un recurso particular. Este uso de las MPAs ha sido intensamente debatido en años recientes (Lauck, 1996; Clark, 1996; Houde *et al.*, 2000). En el caso específico de los erizos Rogers-Bennett *et al.* (1995) atendieron a circunstancias naturales que proveen un refugio de facto, y Quinn *et al.* (1993) investigaron variaciones en el diseño con ejercicios de simulación.



En relación con el diseño de MPAs las entrevistas conducidas hasta ahora (4.1.1-C) contribuyeron con un resultado de gran significancia: La distribución de erizos con gónada café sigue un patrón bien definido, estando estos concentrados en un sector bien definido de las Islas Guaitecas (**Figura 4.79**). Estos erizos son fisiológica y reproductivamente normales, pero carecen de valor comercial. De los talleres conducidos con industriales y pescadores surgió también la conveniencia de inquirir acerca de la distribución de fenotipos (“púa corta y larga”), que también parece ajustarse a patrones definidos, y tienen diferente calidad comercial. Algo similar fue descrito en California por Rogers-Bennett *et al.* (1995). Estos patrones geográficos de distribución de fenotipos de distinta calidad pueden ser extremadamente valiosos en el establecimiento de refugios reproductivos aceptables por parte de pescadores e industriales.

Durante el segundo y tercer año del proyecto la performance el manejo espacialmente explícito (rotación, reservas reproductivos) será comparada, mediante ejercicios de simulación (Secciones 4.3.3.1, 4.4.1, 4.4.2, y **Anexo 6**) con las alternativas descritas más arriba: cuotas, expansión de los TURFs y controles directos sobre el esfuerzo.

4.3.1.3 Controles

Los controles básicos en una estrategia rotativa son los tiempos de rotación y el número de particiones de los fondos de pesca, obviamente interdependientes. Estos pueden ser refinados mediante:

- ◆ La introducción de umbrales de densidad o CPUE por debajo de las cuales se cierra la explotación de una partición, y
- ◆ El ajuste de los tiempos de revisita en base a índices de recuperación observados mediante el programa de monitoreo. En este caso una parcela no



se reabre a un nuevo pulso de explotación en tanto no se haya alcanzado el nivel de abundancia deseado.

Cualquiera sea la estrategia y los controles, estos deberán ir en todos los casos acompañados de una talla mínima, la cual puede ser ajustada regionalmente conforme a la información disponible. Sería importante, además, evaluar la conveniencia y factibilidad de una talla máxima, una opción considerada en las pesquerías de erizo rojo del Pacífico nor-oriental (CDF&G, 1994; Ebert *et al.*, 1995).

Durante el segundo año del proyecto estos controles serán explorados mediante ejercicios de simulación, junto con las estrategias alternativas indicadas más arriba (Sección 4.3.1.2).

4.3.2 Discusión del proyecto con técnicos, administradores, pescadores e industriales

Durante el primer año del proyecto se condujeron reuniones de trabajo y talleres con los distintos sectores que participan en la pesquería, a fin de discutir la marcha del estudio, obtener información y opinión, y redefinir lineamientos a futuro. Los participantes y puntos discutidos en las reuniones se entregan a continuación:

- ◆ En el marzo de 2001 se efectuó una reunión de presentación del programa de trabajo al FIP y a la Subsecretaría de Pesca. Esta actividad se llevó a cabo en Valparaíso y contó con la asistencia del Señor Gonzalo Taboada quien asistió en representación de la Señora Vilma Correa, (Secretaria Ejecutiva del FIP en ese momento), y por parte de la Subpesca los señores Ricardo Norambuena (Jefe Departamento de Pesquerías en ese momento),



Darío Rivas y Gustavo San Martín. En la reunión se dió a conocer el programa de trabajo trazado.

- ◆ En el mismo mes se efectuó una presentación de programa de trabajo a dirigentes de pescadores artesanales de la X y XI Región: Esta reunión se efectuó en la Base de Muestreo que IFOP posee en Ancud. Asistieron a ella 13 dirigentes de pescadores, excusándose por no asistir los dirigentes de Melinka. Se tuvo una buena acogida al proyecto especialmente por constituir este, en opinión de los propios pescadores, el primer proyecto que desde sus inicios los involucraba y les informaba sobre cada actividad que se espera ejecutar tanto en terreno como en términos teóricos (**Anexo 9**).
- ◆ Así también se efectuó la presentación de programa de trabajo a industriales ericeros: Esta reunión se llevó a cabo en la localidad de Quellón, en la sede que posee la Asociación de Industriales ericeros en esa ciudad. Si bien se tuvo una buena disposición de parte de los industriales presentes, frente a la ejecución del proyecto y al grupo de trabajo, finalmente manifestaron que apoyarían una iniciativa de esta naturaleza mientras existiera un compromiso escrito de parte de la Autoridad Pesquera, en la cual ésta se comprometiera a respetar los acuerdos que deriven como resultado del proyecto, unido a la posibilidad cierta que el proyecto se prolongue por cuatro años más, período en el cual se pueda aplicar el programa de pesca experimental propuesto en los TTR por IFOP (**Anexo 9**).

Cabe señalar que las aprensiones del sector industrial con la autoridad Pesquera, derivaban de resultados obtenidos en un proyecto desarrollado por la Universidad Austral, a inicios de la década de los noventa, donde participaron, pescadores, industriales y Subpesca, entre otros, y los resultados no fueron posteriormente aplicados al manejo de la pesquería.



A su vez, los industriales manifestaron su disposición a contribuir económicamente a la continuación del proyecto si esto fuera necesario.

- ◆ A continuación de la reunión con los Industriales se procedió a visitar la Planta procesadora de erizos de Pesquera Palacios en Quellón. Ello permitió conocer toda la línea de proceso que sigue el recurso una vez que llega a la planta, como también entrevistar al Administrador Señor Alejandro Álvarez quien manifestó una excelente disposición para conversar sobre distintos tópicos relacionados con la pesquería del erizo. Cabe mencionar que el Señor Álvarez posee una larga trayectoria en este rubro.
- ◆ En el mes de abril se efectuaron reuniones de coordinación con SUBPESCA, con el fin de lograr el compromiso formal de respeto a los acuerdos que deriven de la ejecución de este proyecto, con el sector ericero industrial de las regiones X y XI. En este marco de actividades se redactó y envió documento al Señor Subsecretario de Pesca, solicitando su apoyo al proyecto, a las actividades y compromisos futuros que se generaran a partir de la ejecución de este estudio.
- ◆ En mayo se recepcionó respuesta a carta enviada al Señor Subsecretario de Pesca, la cual en la opinión del grupo de trabajo no era del todo satisfactoria, por lo cual se solicitó reunión con el FIP y Subpesca. Esta se efectuó en dependencias del FIP y ambas entidades manifestaron su respaldo a este proyecto y propusieron que se enviara el documento a los industriales. El consultor se comprometió, además, a gestionar una reunión con el sector industrial a la cual debería asistir un representante de Subpesca o del FIP, compromiso asumido por estas entidades.



- ◆ Durante mayo se coordinaron acciones con Industriales: Se envió documento emitido por Subpesca al Señor Guillermo Roa, en su calidad de representante del gremio industrial ericero. A la vez, se solicitó una reunión con el fin de aclarar cualquier duda que se hubiere presentado al respecto. El Señor Roa se comprometió a hacer las gestiones pertinentes.
- ◆ En Junio se continuó con actividades de coordinación con el sector industrial. Se insistió en la necesidad de efectuar la reunión de coordinación con el FIP y Subpesca. Finalmente durante este mes nos fue informado por el Señor Roa habría una reunión del gremio donde estaría incorporado este punto en su tabla, luego esta reunión se fue postergando producto que el sector industrial comenzó a poner una mayor atención al conflicto suscitado con la autoridad en relación a las zonas contiguas.
- ◆ En el mes de Julio el conflicto con las zonas contiguas estaba muy presente, personal del proyecto, Nancy Barahona y Alejandro Zuleta, asistieron a una reunión solicitada por el Alcalde de la Ilustre Municipalidad de Quellón, en ella estuvieron presente el Presidente del Consejo Zonal de Pesca Señor Pedro Brunetti, el señor Darío Rivas como representante de la Subsecretaría, industriales ericeros y pescadores artesanales. No hubo posibilidad de hacer un planteamiento sobre el proyecto, sino más bien se logró percibir que no se iba a tener atención de ninguno de los dos sectores mientras el acceso a las áreas de pesca (que en ese momento estaba suspendido) no se resolviera.
- ◆ En Agosto se efectuó una segunda reunión de trabajo en Quellón, esta se desarrolló en el marco de una supervisión técnica de las actividades de terreno que se estaban ejecutando ese mes. Los participantes fueron personal adscrito al proyecto.



- ◆ Luego en el mes de octubre se realizó el taller de modelado en Valparaíso el cual es descrito en profundidad en el **Anexo 5**.
- ◆ A su vez en el mismo mes de Octubre se realizó el segundo encuentro con pescadores de la zona y empresarios ericeros. Al igual que la actividad realizada en marzo la reunión con pescadores se efectuó en las oficinas de IFOP en Ancud y con los industriales el equipo de trabajo se reunió en la oficina que posee la Asociación. La agenda de la reunión consistió en dar a conocer los avances del proyecto a la fecha y lograr acceso a las bases de datos que los industriales señalaron poseer (**Anexo 9**).
- ◆ En Noviembre fue enviada carta solicitud al Señor Guillermo Roa solicitando información contenida en las bases de datos de las industrias agrupadas en la Asociación, las cuales habían comprometido su entrega en la reunión efectuada en octubre. Luego en Diciembre le fue enviada la misma carta al menos a 14 empresas, reiterando la solicitud, dado que a la fecha no había llegado dicha información a la Asociación.
- ◆ En enero (9) la asociación nos informó vía FAX que la información estaría siendo recepcionada. Posteriormente con fecha 1 de Febrero se recibió vía Fax un resumen del nombre de las áreas de pesca explotadas por 11 empresas por mes, número de faenas, número de embarcaciones por faena en términos globales, un comentario sobre calidad del erizo en diferentes zonas. En relación a los rendimientos por áreas se nos manifestó que este deberíamos de obtenerlo del SERNAPESCA.

Durante este año de proyecto y dada la situación en relación al acceso del recurso que ocurrió (conflicto zonas contiguas, suspensión de la extracción, protestas, desacuerdos entre los agentes y la autoridad administrativas, etc.) se logró avanzar y efectuar las reuniones que se señalan en párrafos anteriores, sin



embargo, dado que no se logró un acceso real a las bases de datos del sector industrial unido a la situación de conflicto vivida por los pescadores e industriales, la metodología comprometida no se pudo aplicar en su totalidad. Es así, que tomando el resultado de estas interacciones como punto de partida, durante los años subsiguientes del proyecto plurianual se discutirán y evaluarán el mérito y aceptabilidad de las opciones y alternativas introducidas más arriba (Sección 4.3.1) y en ese instante se aplicará la metodología descrita en el TTR indicada en este punto, es decir; ello tendrá lugar en el curso de talleres, en los cuales administradores (de la Subsecretaría de Pesca), pescadores e industriales (organizaciones de las X y XI Regiones) y técnicos (partícipes de esta propuesta) tendrán acceso a ejercicios de simulación con una interfase amistosa (Modelo MetaPesca y sus modificaciones, **Anexo 6**).

Durante el mes de Julio del año 2002 se constituyó en Coyhaique una mesa de trabajo para abordar la elaboración de un Plan de Manejo para la pesquería del erizo, la cual ha efectuado reuniones mensuales donde participan todos los agentes. Dado este nuevo escenario, se consideró apropiado efectuar en estas reuniones la presentación de resultados, lo cual se llevó a cabo en Puerto Montt con fecha 24 de Septiembre. La nómina de asistentes a la reunión se entrega en el **Anexo 9**.

4.3.3 Objetivo General: Bases para el Desarrollo del Programa Plurianual

Los elementos que componen el programa plurianual quedaron indicados en la metodología, sin embargo para facilitar la comprensión del lector se vuelven a entregar en este capítulo.



4.3.3.1 Consolidación de un Modelo Operativo para la pesquería del erizo

Los distintos componentes de la dinámica poblacional del erizo y de su pesquería, modelados por separado durante el segundo año del programa plurianual, serán integrados en un modelo general para la metapoblación y la pesca. El modelo deberá ser usado como modelo operativo (de simulación) para la evaluación de procedimientos de manejo alternativos. El modelo tendrá capacidad para representar escenarios alternativos de reclutamiento y conectividad entre las subpoblaciones, los procesos post-dispersión a la escala local de cada banco, y el proceso de pesca. Para ser usado como modelo operativo en la evaluación de políticas de manejo, será necesario simular también el programa de monitoreo y su traducción en medidas que afectan el proceso de pesca. Esto permitirá implementar en la simulación el proceso completo del manejo, incluyendo (i) la obtención de nuevos datos, (ii) la aplicación del algoritmo de feedback de decisión para el cálculo de los controles o acciones de manejo, y (iii) el efecto de los controles regulatorios en la dinámica del proceso de explotación simulado.

4.3.3.2 Implementación de un Plan Piloto de Pesca Experimental

La información analizada durante el primer año del proyecto y los resultados de los talleres conjuntos con pescadores y administradores serán usados para elaborar un *Plan Piloto de Pesca Experimental*. El objetivo del mismo será implementar, a una escala reducida y por ende manejable, un plan de rotación experimental con participación de parte de la flota artesanal. La pieza de información central para el diseño de un procedimiento de manejo rotativo de áreas es la determinación de las tasas de recuperación de áreas explotadas. La estimación de dichas tasas debe, forzosamente, realizarse a la escala espacial de los bancos de pesca. Ese será el objetivo formal específico usado para el diseño del plan experimental. La implementación de dicho plan permitirá, además, aceptar los protocolos de monitoreo y los mecanismos del proceso participativo.



El plan experimental involucrará la selección de un conjunto de bancos a ser explotados en base a un cronograma preestablecido, y utilizando distintos niveles de umbrales mínimos de densidad o CPUE al momento de interrumpir la pesca, a fin de generar contrastes en las densidades. Se utilizarán métodos de remoción (variantes de los métodos de Leslie-DeLury, Seber 1982) para estimar las tasas de explotación y la capturabilidad del esfuerzo a la escala local de cada banco explotado. Se implementará un programa de monitoreo directo siguiendo las metodologías desarrolladas durante el primer año para evaluar las densidades precosecha y seguir la recuperación de las parcelas explotadas. Así mismo, se monitorearán las fluctuaciones de abundancia en áreas control, no sometidas a explotación. La información empírica capturada por el programa de entrevistas (Sección 4.2.3) indica la existencia de áreas que, por cuestiones de calidad del recurso, no son frecuentadas por los pescadores. Estas podrían constituir un control natural contra el cual contrastar la dinámica de los bancos explotados.

Los índices de abundancia de las prospecciones serán comparados con los índices de CPUE obtenidos durante la pesca comercial y con las estimaciones de abundancia absoluta producidas por los métodos de remoción.

La participación de los pescadores en el *Plan Piloto* es esencial. La misma será alentada desde las etapas primeras del diseño experimental, durante la implementación del programa de monitoreo directo, y en base a la discusión regular de los resultados y de las cuestiones logísticas y otros aspectos relevantes de la marcha del programa.



4.3.3.3 Evaluación de procedimientos alternativos de manejo

El modelo operativo a desarrollar durante el segundo año del programa multianual será usado para la evaluación de procedimientos de manejo alternativos. Un set específico de candidatos a evaluar, considerados plausibles a priori, será definido en forma conjunta con administradores y pescadores. La selección se realizará atendiendo a consideraciones biológico-técnicas, así como a los aspectos prácticos relacionados a la implementación, tanto en lo que hace a los programas de monitoreo requeridos como a los problemas de regulación y fiscalización asociados a cada alternativa de manejo. La evaluación seguirá los procedimientos usuales en este tipo de análisis (Butterworth y Punt 1999, Parma 2002). Se definirá una serie de indicadores de desempeño que reflejen los objetivos del manejo y los intereses de los distintos sectores involucrados. El objetivo del análisis es identificar alternativas que sean robustas, esto es, cuya performance en términos de los indicadores de desempeño sea adecuada frente a una serie de escenarios que representen el estado de conocimiento adquirido sobre el recurso y las incertidumbres consideradas centrales. Por ejemplo, aún cuando los procesos centrales de la dinámica que determinan las tasas de recuperación de poblaciones explotadas y la frecuencia media de revisita de un mismo banco estén incompletamente especificados y sean poco predictibles, es posible concebir procedimientos robustos de feedback que respondan directamente a los índices de abundancia para regular el cronograma de cierres y aperturas de los bancos. Por ejemplo, el sistema de rotación implementado en el estado de Washington para la pesquería del “geoduck” especifica que los bancos no pueden ser revisitados hasta tanto los indicadores de densidad no hayan recuperado al nivel estimado antes de la cosecha (Orensanz *et al.* 2000).



4.3.3.4 Redimensionamiento de la escala del Plan de Pesca Experimental

Los resultados del *Plan Piloto De Pesca Experimental* y de la evaluación de *Procedimientos Alternativos de Manejo* alternativos serán usados para considerar opciones para la expansión del *Plan Piloto* a la escala global de la pesquería. Más allá de los resultados de tipo biológico-técnicos a producir mediante el programa de investigación plurianual, la experiencia con el *Plan Piloto* permitirá anticipar las posibles complicaciones logísticas y organizativas involucradas en la expansión del programa de manejo. Posiblemente, el desafío más grande para la implementación de un programa de manejo a la escala de la pesquería no esté en los aspectos biológico-técnicos sino en asegurar la continuidad de la participación responsable de los pescadores en el manejo y su compromiso en proteger la sustentabilidad de la pesquería. Tal como lo demuestra el incipiente programa de Areas de Manejo, la clave para la sustentabilidad consiste en ofrecer los incentivos apropiados que promuevan el comportamiento deseado en todos los actores involucrados en el proceso de comanejo: pescadores, científicos y administradores (Hilborn y Orensanz, MS).

4.3.3.5 Etapas del Programa Plurianual

Los siguientes estadios fueron previstos para el desarrollo del programa:

- Año 1.** Especificación general del sistema e identificación de las opciones de manejo. Corresponde al presente proyecto.
- Año 2.** Basado en los resultados del Año 1, diseño e implementación de un *Plan Piloto de Pesca Experimental*. Análisis (estimación y modelado) conducente a la consolidación de un *Modelo Operativo* definitivo (Sección 4.4.1). Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica (SIG). En



todos los casos, durante el primer año se hicieron progresos substanciales a lo largo de las líneas previstas para el segundo año.

Año 3. Continuación del *Plan Piloto de Pesca Experimental*. Evaluación de *Procedimientos Alternativos de Manejo*.

Año 4. Continuación del *Plan Piloto de Pesca Experimental*

4.4 Soporte técnico para la propuesta de Programa Plurianual

4.4.1 Evaluación de Procedimientos Alternativos de Manejo. Desarrollo de un modelo operativo

El Objetivo General del proyecto (Sección 4.3.3) implica evaluar la performance esperada de distintos procedimientos de manejo para la pesquería del erizo. En términos generales, un procedimiento de manejo (sensu Butterworth y Punt 1999, Deriso *et al.* 1998, pg. 54-55) debe especificar el programa de monitoreo a usar para el seguimiento del recurso, la estrategia de explotación y el tipo de controles para implementarla, y los algoritmos de decisión para traducir la información recabada en el programa de monitoreo en regulaciones (controles) de manejo. En el caso de una estrategia de rotación, existe una variedad de alternativas a evaluar, que involucran, por ejemplo,

- ✓ La fracción del área total abierta a la explotación cada año
- ✓ El formato e intensidad del monitoreo como base para regular la reapertura de áreas previamente explotadas
- ✓ Las densidades umbrales para regular el cierre y apertura de bancos.

La forma más expeditiva para evaluar los resultados esperados de los distintos procedimientos posibles es probar su efectividad en ejercicios de simulación. Un aspecto crítico de la evaluación de procedimientos de manejo es el diseño de modelos de simulación o “**modelos operativos**” (Butterworth y Punt 1999, Parma 2002)



que representen en forma realista los distintos escenarios posibles para la dinámica del recurso y la pesquería. Es en este marco que la información disponible y a adquirir acerca de los procesos básicos de la dinámica cobra valor en términos del manejo. Es importante distinguir dos tipos de información necesaria sobre el sistema. Por un lado está la información básica que permite caracterizar los procesos poblacionales y pesqueros en términos formales para construir el modelo operativo. Por otro está la información acerca del *estado* del sistema a adquirir mediante un protocolo regular de monitoreo para ser usada directamente en las regulaciones de manejo. El programa plurianual de investigación debe atender a ambas necesidades. Por un lado, debe aportar información básica combinando análisis de información existente y a adquirir mediante muestreos de campo y en base a la implementación de un plan piloto de pesca experimental. Por otro, debe poner a punto la metodología a usar en los programas regulares de monitoreo requeridos para implementar el procedimiento de manejo elegido.

El proyecto plurianual debe culminar con la elaboración de una tabla de decisión donde procedimientos de manejo alternativos sean evaluados en términos de su potencial para alcanzar los objetivos de manejo, determinados en conjunto por los administradores de los recursos y por los usuarios. Dada la imposibilidad de especificar completamente los procesos dinámicos relevantes que determinarían el éxito de una u otra alternativa de manejo, la concepción de procedimientos de manejo debe ser vista en términos adaptativos (Walters 1986, Parma *et al.* 1998). Buena parte del aprendizaje acerca del sistema ocurrirá una vez implementado el procedimiento de manejo a la escala global de la pesquería.

El primer paso conducente al desarrollo de un modelo operativo es un modelo de simulación realista del sistema. Esta actividad estaba inicialmente prevista para el segundo año del proyecto plurianual, pero se hicieron avances substanciales en esta dirección durante el primer año. Estos se describen a continuación.



4.4.2 MetaPesca: Modelo general de la dinámica de una metapoblación explotada de invertebrados bentónicos¹¹

4.4.2.1 Estructura general

METAPESCA es un modelo general para la dinámica de una metapoblación de organismos bentónicos, compuesta por subpoblaciones conectadas entre ellas por dispersión larval. En su versión inicial, el modelo tenía algunos aspectos en común con un modelo de simulación utilizado por Botsford (1995) y Botsford *et al.* (1998) para explorar la dinámica de este tipo de recursos. Esos modelos fueron discutidos en detalle durante un taller conducido en octubre de 2001 en Valparaíso, del que participó el Prof. Botsford (**Anexo 5**). El y su grupo los han aplicado específicamente a los stocks de erizo de California, así como en la exploración de estrategias rotativas y de los efectos de áreas marinas protegidas (Botsford *et al.*, 1993, 1999). Versiones ulteriores de METAPESCA incorporan explícitamente el proceso de pesca y el manejo.

El código tiene una estructura modular, consistiendo de los siguientes módulos principales que son llamados en cada iteración desde el módulo principal:

- ✓ Asignación del esfuerzo de pesca
- ✓ Producción de larvas (procesos pre-dispersión)
- ✓ Distribución de las larvas (dispersión, introducido mediante una matriz de conectividad)
- ✓ Recepción de nuevos “settlers” (procesos post-dispersión)
- ✓ Dinámica de cada subpoblación bentónica (crecimiento, mortalidad, etc.)

¹¹ El modelo está siendo desarrollado por Juan Valero (U. of Washington), Billy Ernst (U. of Washington y U. de Concepción), Ana M. Parma (CENPAT, Argentina) y Lobo Orensanz (U. of Washington y CENPAT, Argentina). Estas tareas fueron conducidas con apoyo de una Pew Fellowship in Marine Conservation acordada a uno de los autores (Orensanz), pero fueron concebidas de manera que convergieran con los objetivos del proyecto.



A ellos hay que agregarles un módulo de estrategias de manejo, que está en vías de implementación. Las estrategias previstas incluyen asignación del esfuerzo variable en el espacio (incluyendo rotación, clausuras temporarias y refugios reproductivos), tallas mínimas y cuotas de captura o esfuerzo. El código incluye, además, módulos que agrupan la generación del output, gráficos y menues.

4.4.2.2 Modelado de la dinámica de las metapoblaciones

Se consideran los siguientes componentes:

- **Procesos locales pre-dispersión en cada celda emisora de larvas de la matriz espacial.** Estos procesos incluyen tanto mecanismos compensatorios (denso-dependencia en el crecimiento, y por ende en el output reproductivo) como dependatorios (denso-dependencia de las tasas de fertilización: Pennington, 1985; Levitan, 1991; Levitan y Sewell, 1997). En su forma inicial la producción de larvas asume la forma general de una función stock-reclutamiento tipo Beverton-Holt, aunque en este caso la relación no describe un proceso cerrado (como en la teoría clásica) sino la relación entre estadíos sucesivos de un proceso abierto. Este tipo de relación es esperable cuando existe un balance entre compensación y dependación pre-dispersivas; fenómenos de este tipo han sido bien documentados en el caso de los erizos.
- **Dispersión**, descrita por una matriz de conectividad. Los elementos de la matriz pueden ser especificados por el usuario, pero se contemplan algunos prototipos básicos: subpoblaciones cerradas, pool larvario común entre subpoblaciones, y el caso en que la probabilidad de dispersión entre la celda emisora y la receptora es alguna función de la distancia entre las mismas.



- **Procesos locales post-dispersión en cada celda receptora.** Mecanismos compensatorios (inhibición del asentamiento por parte de los residentes) y depensatorios (protección de los juveniles bajo el dosel de espinas de los adultos: Tegner y Dayton, 1977).
- **Dinámica de las subpoblaciones**, incluyendo crecimiento y mortalidad. El crecimiento está modelado de forma recursiva, de manera de poder agregar denso-dependencia.

4.4.2.3 Modelado del proceso de pesca

En la implementación de estrategias de manejo espacialmente explícitas es indispensable analizar el comportamiento de asignación espacial del esfuerzo por parte de los pescadores. El análisis básico utiliza como modelos de referencia (análogos a un modelo nulo) la bien conocida Ideal Free Distribution (IFD) y la asignación proporcional (modelo gravimétrico). Se ha explorado el rango de niveles de depleción en que ambas son aproximadamente equivalentes, y se prevé en el futuro incluir otras variantes del modelo gravimétrico (Walters *et al.*, 1993).

Las complicaciones que se prevé incorporar incluyen matrices de distancias entre subpoblaciones (o procedencias) y “puertos” (sitios de partida, desembarque, comercialización), así como los costos operativos asociados; relaciones entre calidad del recurso y precio; costos de cambiar de lugar (“switching”); “suitability” de las áreas debida a factores distintos de las distancias (dependiente de las “utility functions” percibidas por los pescadores), etc.



4.4.2.4 Variables de estado

Las siguientes son las principales variables de estado de la dinámica poblacional

- ✓ Número de individuos a la edad, tiempo, procedencia.
- ✓ Talla a la edad, tiempo, procedencia.
- ✓ Biomazas desovante, explotable y total corregidas por variación de talla a la edad.
- ✓ Número de huevos producidos por población.
- ✓ Número de larvas asentándose por población.

4.4.2.5 Dirección anticipada para el resto proyecto plurianual

Para que el modelo de simulación pueda ser utilizado como modelo operativo en la evaluación de políticas de manejo, es necesario simular también el programa de monitoreo y su traducción en medidas que afectan el proceso de pesca. Esto permite implementar en la simulación el proceso completo del manejo, incluyendo (i) la obtención de nuevos datos, (ii) la aplicación del algoritmo feedback de decisión para el cálculo de los controles o acciones de manejo, y (iii) el efecto de los controles regulatorios en la dinámica del proceso de explotación simulado.

4.4.3 Especificación del Sistema

4.4.3.1 Estimación de parámetros- Modelos de procesos biológicos “post-dispersión”

Durante el primer año se exploraron virtualmente todos los métodos propuestos para la estimación de parámetros de crecimiento, mortalidad y reclutamiento:

- Modelos propuestos para el análisis de frecuencias de tallas, evaluados en el taller técnico de modelado (**Anexo 5**).



- Posibilidades y problemas que presentan los datos de captura-recaptura de individuos marcados con tetraciclina (Sección 4.2.4 - A.8). Un experimento diseñado a tal efecto fue concluido en octubre de 2002.
- Factibilidad de utilizar determinaciones de edad. El modelado del crecimiento, basado en este y otro tipo de información, es parte de las actividades previstas para el segundo año del proyecto plurianual.

La data reunida y los resultados obtenidos fueron discutidos críticamente en el curso de un taller conducido durante el mes 8 del proyecto (**Anexo 5**). Estos resultados serán incorporados gradualmente en ejercicios de simulación utilizando el modelo de simulación MetaPesca (**Anexo 6**).

4.4.3.2 Plataforma para el análisis de procesos espaciales: desarrollo de un sistema de información geográfica (SIG)

Comenzando en el segundo año del programa previsto se planeó desarrollar un Sistema de Información Geográfica del área de estudio al que se deberá incorporar la información ecológica y pesquera descrita en otras secciones de esta propuesta. El mapeo de las “procedencias” se consideró una prioridad en razón de (1) la importancia que ello reviste en la partición de una región con vistas a la implementación de una estrategia rotativa, y (2) la necesidad de analizar el comportamiento de asignación espacial del esfuerzo por parte de los pescadores. Caddy y Carocci (1999) presentan un excelente ejemplo de este último aspecto. Durante el primer año se seleccionó un sistema y se llevó a cabo el trabajo preparatorio. El desarrollo metodológico y los resultados, descritos en el **Anexo 6**, fueron mucho más allá de lo previsto para el primer año del proyecto plurianual.



4.4.3.3 Coherencia en el reclutamiento

La dinámica de una metapoblación, en particular su patrón de conectividad, es elusiva desde una perspectiva observacional, al punto de que es necesario concebir estrategias de explotación que sean robustas ante la irreductible incertidumbre asociada con estos escenarios. De todos modos, el valor conceptual de cierta comprensión de los patrones de conectividad (aún cuando cualitativa; Ebert *et al.*, 1994) es incuestionable. Un elemento que puede proveer elementos útiles a través del programa de monitoreo es una red de colectores de asentamiento larvario. Durante el primer año del proyecto se condujeron experimentos (Sección 4.2.4 – A.10) en base a los cuales se decidirá el diseño de los colectores a ser utilizados a futuro. La sincronía del asentamiento en una cierta región, por ejemplo, puede reflejar conectividad. Otros patrones de interés son los pulsos característicos de poblaciones espasmódicas (Pearse y Hines, 1987) y la determinación de áreas de retención larvaria relacionadas con la topografía costera (Ebert y Russell, 1988).

El inicio de la observación y el análisis de la variación regional en el reclutamiento está previsto para el segundo año del proyecto.

4.4.3.4 Dinámica post-cosecha de las parcelas explotadas

El feedback del programa de manejo propuesto más adelante se origina en buena medida en la observación del proceso de recuperación del stock en las regiones explotadas. Se considera que en la observación de la recuperación post-cosecha se debe atender tanto a la abundancia como a la distribución espacial de la abundancia a escala local, en particular teniendo en cuenta los mecanismos dependientes indicados con anterioridad.



Los erizos tienen una influencia substancial sobre las comunidades de que forman parte, al punto de que tal vez no existan otras pesquerías en que los efectos ecológicos de la extracción de la especie objetivo sean más visibles (Tegner y Dayton, 1991). El efecto general es el desarrollo de la vegetación bentónica (por ejemplo “kelp beds”; Harrold y Perse, 1987; Johnson y Mann, 1993) cuando los erizos son removidos (sea por la pesca o por causas naturales; Pearse y Hines, 1979; Scheibling y Raymond, 1990; Christie *et al.*, 1995; Leinaas y Christie, 1996), y la desaparición de aquella cuando la población de erizos aumenta (Hagen, 1995), al punto de que los fondos se transforman en los bien conocidos “desiertos rojos”, dominados por algas coralináceas incrustantes, resistentes al ramoneo. Dinámicas ecosistémicas generales similares a la generada por la pesca resultan de la depredación por langostas (Scheibling, 1994; Scheibling, 1996; Elnor y Vadas, 1990), nutrias de mar o catástrofes climáticas (Tegner y Dayton, 1987, 1991). Es en razón de la importancia de estas interacciones ecológicas que en las tareas de monitoreo se deberá prestar atención no solo a la población de erizos sino también al desarrollo y composición de la vegetación algal.

En base a la información compilada durante el primer año del proyecto será posible seleccionar los nodos (cada uno asociado con una procedencia) para una red de sitios de observación, a ser monitoreados a partir del segundo año. Los criterios deberán incluir, entre otros:

- La existencia de datos previos a la expansión de la explotación
- La historia de explotación de la procedencia
- La cobertura geográfica de la red
- La calidad del erizo en la procedencia



5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este proyecto constituyó una idea pionera en términos de la posibilidad que brindó, tanto al equipo técnico, a la administración pesquera como a los usuarios, de participar en el desarrollo de la formulación conjunta de planes de manejo, para la segunda pesquería bentónica más importante que existe a nivel nacional.

Se ha observado y constatado, a nivel mundial, que la administración de recursos pesqueros no es exitosa sin la estrecha participación de los usuarios en la toma de decisiones, concepto denominado co-administración, donde todos los agentes participan en igualdad de condiciones en la mesa de decisiones. En este contexto, el desarrollo del proyecto no ha sido fácil; debido a la necesidad de recuperación de la confianza entre los diversos actores de la pesquería (pescadores, técnicos, industriales y administradores), deteriorada por experiencias fallidas anteriores. Así también, emergieron dificultades durante su ejecución, originadas en el problema de las zonas contiguas, traducándose en la suspensión de la extracción en la XI Región, la realización de protestas y reclamos públicos, para finalmente suscribirse un acuerdo en el Palacio de La Moneda en Santiago (octubre de 2001); el cual, luego de firmado, no logró alcanzar su objetivo, debiéndose continuar las negociaciones entre los pescadores, industriales y el sector normativo, para concluir finalmente en la ejecución de una Pesca de Investigación la cual se puso en ejecución en marzo del año 2002. Todo lo anterior redundó en que no se lograran todos los avances esperados, para lo cual era fundamental la participación directa del sector artesanal e industrial.



Por otra parte, este proyecto constituyó un desafío y oportunidad de investigación, dado el carácter de estudio programático, cuyos resultados se podrían ver a largo plazo. Sin embargo, el desarrollo de las etapas subsiguientes del proyecto plurianual está condicionado por la forma en que se implemente la Resolución 2118 de la Subsecretaría de Pesca. La viabilidad del Programa Piloto de Pesca Experimental y de su eventual expansión de escala, elementos centrales de la Propuesta Técnica, dependerán del marco regulatorio definitivo.

Si bien se puede entender que este estudio pudiera constituir sólo un documento donde se analiza una posibilidad de administración del recurso, los hechos acontecidos durante el transcurso de su ejecución, demuestran necesariamente que la obtención de resultados válidos requieren la participación activa de todos los agentes del sector. Es así, que el equipo técnico, consciente de que éste es el enfoque apropiado, colocó el mayor énfasis en la participación de los usuarios de la pesquería en forma conjunta con los administradores. Sin embargo, esto no se logró del todo ya que a los pescadores e industriales les apremiaba resolver el tema del acceso inmediato, es así que la autoridad finalmente convino iniciar una pesca de investigación antes de obtener los resultados de este proyecto.

Las tareas de campo cuya finalidad fue afinar técnicas y contribuir al conocimiento de variables biológicas asociadas al recurso erizo se desarrollaron en su totalidad, quedando pendiente el establecimiento de la red de monitoreo, actividad comprometida para una segunda fase del proyecto.

La revisión de literatura tanto nacional como internacional fue realizada con éxito y constituye un importante soporte sobre el conocimiento existente de la pesquería en ambos niveles. Se observó que hay escasez de investigaciones orientadas a la dinámica del recurso (reclutamiento, crecimiento, mortalidad natural, etc), o a la



solución de problemas detectados desde largo tiempo, como es el caso de la coloración oscura en las gónadas de erizo de las regiones australes. En el ámbito de la revisión de la literatura internacional se recopiló información sobre enfoques de manejo de la pesquería que se discutieron en otras secciones de este documento. En ambos casos, es decir la revisión de literatura técnica nacional e internacional ha sido exhaustiva, como se observa en el capítulo de bibliografía de este documento.

Otro aspecto valioso de destacar es la base de datos histórica de la actividad pesquera desarrollada en los principales centros de desembarque del recurso desde 1985 a la fecha, fruto de la red de monitoreo que IFOP a mantenido en forma constante en las regiones en estudio. En este contexto, esta base es la más completa que se tiene a nivel nacional, bajo un formato estandarizado, de amplia cobertura y continuidad a través del tiempo. El inicio de la exploración de la base de datos ha proporcionado un nivel de conocimiento importante sobre la pesquería. Cabe señalar, sin embargo, que al hacer el análisis de la base de datos se evidenciaron algunas limitaciones, las cuales se corregirán en el sistema de monitoreo de IFOP. Es así, que se hizo más importante la necesidad de explorar las bases de datos de la industria, sin embargo, la información entregada por este sector requiere ser analizada en conjunto con ellos, ya que no respondió en forma apropiada a lo esperado.

Las bases para el desarrollo del programa plurianual como el soporte técnico de dicha propuesta están ampliamente discutidos en los respectivos capítulos. Cabe señalar el importante aporte realizado por los doctores Juan Valero, Billy Ernst, Ana Parma y Lobo Orensanz, con el desarrollo del programa denominado “Metapesca”, el cual constituirá una importante herramienta de trabajo en las etapas futuras del proyecto.



.....INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO.....



6. CONCLUSIONES

- ◆ La revisión de la literatura nacional permitió identificar los distintos tópicos estudiados a la fecha, los cuales son: ciclos biológico reproductivo, talla de primera madurez sexual, fecundidad potencial, fase larval, asentamiento y reclutamiento, crecimiento, mortalidad, dinámica y evaluación de poblaciones, repoblamiento y tecnología de procesos. Se identificó como insuficiente para fines de manejo la información disponible de las regiones en estudio, relativas al: reclutamiento, dispersión larval, fijación de larvas, procesos oceanográficos unidos a la dispersión larval, circulación en fiordos y canales, asentamiento, reclutamiento, crecimiento, coloración de gónadas, dinámica y evaluación de poblaciones de erizos y repoblamiento.
- ◆ La revisión de la literatura internacional permite concluir que entre las áreas particularmente bien investigadas se encuentra: a) el uso de distribuciones de frecuencia de tallas para la estimación de parámetros de crecimiento, mortalidad y abundancia, b) estructura y organización de comunidades en donde el pastoreo por erizos es una componente clave del ecosistema, siendo tal vez las interacciones plantas-erizos-depredadores la contribución más significativa del estudio de erizo a la teoría de comunidades, y c) dispersión larval de erizo en el sistema de la corriente de California, existiendo tópicos de gran importancia para el manejo que han recibido escasa o ninguna atención, entre ellas cada destacar el análisis del proceso de pesca, en particular, en lo referente a la asignación espacial del esfuerzo de pesca.
- ◆ La captura cuyo destino es el consumo en fresco es realizada por embarcaciones que trabajan con un régimen de operación diario, con



autonomía y radio de acción limitados, está orientada a la extracción de individuos de tallas mayores y se realiza a profundidades que varían entre 25 y 50 metros. La captura promedio anual para este destino es del orden de 180 t/año, registrándose un valor máximo de 358 t el año 2001. Dada la demanda estable para este destino se puede inferir que el patrón de expansión geográfico es restringido y está confinado prácticamente a la X Región.

- ◆ La captura que es procesada por la industria tiene como destino final principalmente el mercado Japonés. Los ejemplares mayoritariamente provienen de faenas. Las embarcaciones que las componen, también tienen operación con radio de acción limitado; operan a profundidades más someras 5 a 35 metros, extraen erizo de menor tamaño, y los criterios de rendimiento y coloración de las gónadas son esenciales de aplicar. Esta pesquería, en la zona de estudio, ha presentado oscilaciones en sus niveles de desembarque (máximo histórico de 30.348 t el año 1985 y valores mínimos los años 1990 y 1995 de 15.000 y 13.000 t, respectivamente). Sin embargo, esta oscilación no se puede asociar sólo al estado del recurso; los datos deben ser analizados en conjunto con la situación de mercado.
- ◆ La mediana del rendimiento por viaje de los botes que abastecen a la industria es de 450 kg/viaje, cifra muy superior a lo registrado por los botes que abastecen el consumo en fresco: 82 kg/viaje. Sin embargo, los rendimientos por hora de buceo en ambos casos son similares, esto obedece al mayor número de horas de buceo que emplean los botes que abastecen a la industria y al hecho que trabajan a menor profundidad.
- ◆ Si bien la flota explota un alto número de procedencias ó áreas de extracción (alrededor de 100) los datos indican que el 90% de las capturas



se extrae de 50 de ellas y que el 80% de las capturas provino sólo de 25 procedencias.

- ◆ La falta de datos de esfuerzo para las faenas solo permitió analizar tendencias en la CPUE para los botes, observándose que ésta en general no presenta tendencias declinantes.
- ◆ Los datos analizados evidencian una rotación de áreas a la escala Inter.-anual, además, de fenómenos de rotación de periodos mas cortos dentro de cada estación de pesca. Las procedencias no son explotadas de forma continua a lo largo de la temporada de pesca, sino que existen 1 a 2 pulsos de menor duración (de 1 a 3 meses) dentro de cada temporada seguido por periodos de descanso.
- ◆ Del análisis de la encuesta aplicada a los agentes de la pesquería se concluye lo siguiente: a) los tres tipos de agentes perciben de manera diferente el estado de la pesquería aunque con tendencia al deterioro; b) la operación a través del montaje de faenas es apropiada para la empresa y en menor medida para los pescadores, c) los pescadores abandonan una procedencia cuando el rendimiento es menor que 10caja(bote/día), d) el periodo de revisita de las áreas fluctúa entre tres meses a un año, e) la calidad del producto se ve afectado por los fenómenos de “gónadas lechosas y gónadas café”, f) se ha incrementado la necesidad de realizar un manejo en conjunto con pescadores empresarios y autoridades del sector, y g) el 70% de los industriales entrevistados señalaron la conveniencia de cerrar zonas muy explotadas, controlar la talla de de extracción, cultivar, repoblar bancos naturales y/o disminuir la producción.
- ◆ La estructura espacial de los stocks bentónicos requiere la identificación de escalas de observación, análisis y manejo adicional. En este proyecto se adoptó la jerarquía propuesta por Orensanz y Jamieson (1998):



megaescala, macroescala, mesoescala, microescala y nanoescala, enfatizando la macro, meso y microescala para el caso del erizo.

- ◆ La selección de una red de monitoreo permanente como lugares de observación y control debe ser realizada en un segundo año, considerando:
a) criterios desarrollados durante una recorrida por el campo, b) información histórica en la base de datos, c) nuevas consultas con pescadores, armadores e industriales, d) validación de información de pre-expansión de la pesquería y e) compromiso de participación activa de pescadores, armadores e industriales.
- ◆ Los estudios de campo permitieron afinar un diseño que permitiera tomar apropiadamente datos para estudios de parámetros biológicos, como de densidad y abundancia, concluyéndose que el Diseño de muestreo estratificado por tipo de sustrato, con submuestreos anidados aleatorio simple de líneas de transectas, subdividida en estaciones y muestreo aleatorio simple de cuadrantes en su interior reúne las mejores cualidades estadísticas, considera elementos referidos a cambios en el sustrato, distribución de ejemplares, permite mejor control del error de muestreo y tomar decisiones más conservadoras en beneficio de la sustentabilidad del recurso.
- ◆ La implementación de un plan de rotación de áreas requiere el desarrollo de un programa plurianual dentro de los cuales se identifican al menos cuatro etapas: a) Año 1: especificación general del sistema; b) Año 2: Diseño e implementación plan de pesca experimental, consolidación de un modelo operativo, desarrollo de un SIG; c) Año 3: Continuación plan de pesca experimental y evaluación procedimientos alternativos de manejo y d) Año 4: Continuación plan de pesca experimental.



- ◆ La estrategia de explotación de rotación de áreas debe incluir la consideración de refugios reproductivos, en principio la existencia de erizos de gónada café que carecen de valor comercial podrían ser extremadamente valiosos en el establecimiento de éstos. En etapas siguientes del proyecto la performance del manejo espacialmente explícito podrá ser comparada mediante ejercicios de simulación, con la participación de administradores, pescadores e industriales
- ◆ El programa Plurianual debe disponer de dos tipos de información: a) básica que permite caracterizar los procesos poblacionales y pesqueros en términos formales que permitan construir el modelo operativo y b) información acerca del estado del sistema a adquirir mediante un protocolo regular de monitoreo para ser usada directamente en las regulaciones de manejo. El programa plurianual de investigación debe aportar información básica combinando análisis de información existente y a adquirir mediante muestreos de campo y en base a la implementación de un plan piloto de pesca experimental y por otro lado debe poner a punto la metodología a usar en los programas regulares de monitoreo requerido para implementar el procedimiento de manejo elegido.
- ◆ La consolidación del modelo operativo de la pesquería del erizo se deberá desarrollar como parte del proyecto plurianual al igual que la implementación del plan piloto de pesca experimental; para ello se requiere de la participación conjunta de pescadores, industriales y administradores, dado que la pieza de información central para el diseño de un procedimiento de manejo rotativo de áreas es la determinación de las tasas de recuperación de áreas explotadas, la cual no se obtendrá sin la participación y compromiso de los agentes que actúan sobre la pesquería. La viabilidad del Programa Piloto de Pesca Experimental planteado y su



eventual expansión de escala, elemento central de este estudio, dependerá del marco regulatorio definitivo que siga esta pesquería.

- ◆ El proyecto plurianual debe culminar con la elaboración de una tabla de decisión donde procedimientos de manejo alternativos sean evaluados en términos de su potencial para alcanzar los objetivos de manejo, determinados en conjunto por los administradores de los recursos y los usuarios. Una fracción importante del aprendizaje acerca del sistema ocurrirá una vez implementado el procedimiento a escala global de la pesquería.



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. ASOCIADAS AL TEMA “REVISIÓN LITERATURA NACIONAL”

Andrew, N., Agatsuma, Y., Bazhin, A., Creaser, E., Barnes, D., Botsford, L., Bradbury, A., Campbell, A., Dixon, J., Einnarsson, S., Gerring, P., Hebert, K., Hunter, M., Hur, S.B., Johnson, C., Juinio-Meñez, M.A., Kalvass, P., Miller, R., Moreno, C., Palleiro, J., Rivas, D., Robinson, S., Schroeter, S., Steneck, R., Vadas, R., Woodby, D. and Xiaoqi, Z. (In press). Status and management of World sea urchin fisheries. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*.

Aranda, E. & R. Gili. 1978a. Evaluación de recursos pesqueros XI Región. Zona “D” y “E”. Informe Final. IFOP – CORFO XI Región. Abril, 1978. 44 p.

1978b. Prospección Almejas, Locos y Erizos. X Región. Informe Final. IFOP – Intendencia X Región. 44 p.

Aranda, E. & R. Gimpel. 1980. Situación y perspectivas de los recursos pesqueros de la XI región. Zona “A” a la “I”. Informe Final. IFOP – SERPLAC XI Región. Mayo , 1980. 62 p.

Aranda, E. S. Lillo & R. Gimpel. 1979. Evaluación de los recursos pesqueros en la XI Región. Zona “H” e “I”. Informe Final. IFOP – SERPLAC XI Región. Diciembre, 1979. 60 p.

Arias, E. 1990. Determinación de la edad y crecimiento del erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782). Resúmenes. X Jornadas de Ciencias del Mar. Facultad de Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, p. 36.



- Arias, E., Barahona, N., Lozada, E., y Jerez, G. 1995.** Monitoreo de la Pesquería del recurso erizo en la X y XI regiones, 1994. Informe Final. 74 pp + Anexos Tablas y Figuras.
- Barahona, N. y Jerez, G. 1998.** La pesquería del erizo (*Loxechinus albus*) en las regiones X a XII de Chile: 13 años de historia (1985-1997). Resúmenes XVIII Congreso de Ciencias del Mar. Universidad Arturo Prat. p. 144 .
- Barahona, N.; A. Olguin; C. Vicencio; V. Pezo & M. Ortego. 2001.** Investigación Situación Pesquerías Bentónicas, 2000. Informe Final (tomo 1) Proyecto de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Junio, 2001. 108 p.
- Barahona, N.; C. Vicencio; V. Pezo; A. Olguin & M. Ortego. 2000.** Investigación Situación Pesquerías Bentónicas, 1999. Informe Final (tomo 1) Proyecto Programa Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Mayo, 2000. 77 p.
- Barahona, N.; C. Vicencio; V. Pezo; A. Muñoz & A. Olguin. 1999.** Investigación Situación Pesquerías Bentónicas, 1998. Informe Final (tomo 1) Proyecto Programa Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Junio, 1999. 65 p.
- Barahona, N.; V. Pezo & A. Muñoz. 1998.** Investigación Situación de las Pesquerías Bentónicas, 1997. Tercer Informe de Avance (tomo 1) Proyecto Programa Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Enero, 1998. 17 p.



- Barahona, N.; V. Pezo; A. Muñoz & H. Miranda. 1997.** Investigación Situación Pesquerías Bentónicas, 1996. Informe Final Proyecto Programa Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Abril, 1997. 70 p.
- Bay-Smith, E., Werlinger, C. y Silva, S. 1981.** Ciclo anual de reproducción del recurso *Loxechinus albus* entre la X y XI Región. Informe Final Proyecto de Investigación. Subpesca - U. De Concepción. 68 pp.
- Borques, R. 1999.** Perspectivas y técnicas del proceso del erizo. Tesis para optar al título de Técnico Universitario en Pesquerías. Depto. de recursos Naturales y medio Ambiente. Universidad Los Lagos. Campus Puerto Montt. 101 p.
- Brusco, E. 1974.** Estudio tecnológico sobre la liofilización del erizo. Tesis para optar al grado de Ingeniero Ejecución en Alimentos. Universidad Católica de Valparaíso. 60 p.
- Buckle, F.; Guisado, Ch.; C. Cerrano; Cordova, I.; L. Peña y E. Vasquez. 1977.** Estudio del crecimiento en cautiverio del erizo *Loxechinus albus* (Molina) en las costas de Valparaíso y Chiloé. Chile. An. Centro Cienc. del mar y limnol. Univ. Nac. Autón. México. 4(1): 141 - 152.
- Bustos, E. 1999.** Optimización del cultivo de erizo comestible L. Albus, mediante el uso de alimento artificial. Proyecto FONDEF.
- Bustos, E., Godoy, C., Olave, S., y Troncoso, R. 1991.** Desarrollo de técnicas de producción de semillas y repoblación de recursos bentónicos. I: Investigaciones en el erizo chileno *Loxechinus albus* (Molina, 1782) IFOP 60 p.



Bustos, E.; Olave, S.; Lawrence, Cárcamo, P.; Olate, R. y Vidal, G. 2000.

Efecto del tipo de alimento sobre la ingestión, eficiencia de absorción y rendimiento gonádico en el erizo *Loxechinus albus* (Molina 1782). Resúmenes. XX Congreso de Ciencias del Mar. 23-26 mayo 1999. Universidad Católica de la Santísima Concepción, Talcahuano, P. 155.

Bustos, E. 2000. Cultivo de erizo en la X Región. Proyecto FONDEF.

Bustos, E. & C. Romo. 2001. Culture of Sea Urchin (*Loxechinus Albus*) ad Chilean Abalone (*Concholepas concholepas*) in Southern Chile. Primer Taller Chile - Corea sobre Acuicultura / First Korea - Chile Aquaculture Workshop (Coquimbo, 25-27 Abril / 2001).

Carcamo, P. 1997. Alimentación artificial del erizo (*Loxechinus albus*, Molina 1782), bajo condiciones de cultivo. Tesis de Grado de Licenciado en Biología Marina. Escuela de Biología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. 76 p.

Castilla, J.C. y C. Pino. 1996. The small-scale fishery of the red sea urchin, *Loxechinus albus* (Molina, 1782), in Chile and the management and exploitation Area of "Caleta" EL Quisco. Out of the shell Vol. 5. pp. 5-8.

Clement, A.; Neshyba, S.; Fonseca, T. y Sila, N. 1988. Oceanographic and meteorological factors affecting the cage salmon industry in Southern Chile. En Seminario Internacional "Técnicas de cultivo y Manejo del salmón. Desarrollos recientes". Fundación Chile. Ms. 41 pp.

Dayton, P.K.; Rosenthal, R.J.; Mahan, L.C. y Antezana, T. 1977. Population structure and foraging biology of the predaceous Chilean asteroid *Meyenaster gelatinosus* and the escape biology of its prey. Marine Biology 39:361-370.



- Figueroa, M.; Donoso, Y.; Aranguel, R. y H. Perez. 1999.** Experiencias preliminares de incorporación al ambiente natural de juveniles del erizo rojo *Loxechinus albus*, producidos en el laboratorio, en el sector de Quintay (V Región). Resúmenes. XIX Congreso de Ciencias del Mar. 3-7 mayo 1999. Universidad de Antofagasta, Antofagasta. P. 107.
- Gálvez, M. 1996.** Evaluación indirecta del stock de erizo (*Loxechinus albus*) al sur del Estrecho de Magallanes (Chile), durante la temporada 1995. en. P. Arana. 1996. Informe Final Programa de Investigación: "Análisis de la pesquería y evaluación del stock del erizo (*Loxechinus albus*), explotado en la región de Magallanes. U. Católica de Valparaíso. Escuela de Ciencias del Mar. p. 253 – 286.
- Gebauer, P. 1992.** Validación experimental de los anillos de crecimiento de *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en la Reserva Marina de Mehuin. Chile. Tesis para optar al grado de Licenciado en Biología Marina. Universidad Austral de Chile. 66 pp.
- Gebauer, P. y Moreno, C.A. 1995.** Experimental validation of the growth rings of *Loxechinus albus* (Molina, 1782) in southern Chile (Echinodermata: Echinoidea). Fisheries Research 21: 423-435.
- Godoy, C. & G. San Martín. 1988.** Repoblación de *Loxechinus albus* (Molina) en la Décima Región (Chiloé). Informe Técnico. IFOP. Agosto, 1988. Pesquerías Bentónicas. 9 p.
- Godoy, C. y Troncoso, R. 1990.** Recuperación de bancos de erizos sobreexplotados: Un experimento de repoblación en Chiloé. Resúmenes. X Jornadas de Ciencias del Mar. 28 – 30 mayo, 1990. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. P. 56.



- González, L.; G. Jerez & A. Venegas. 2001.** Plan Piloto de repoblamiento del Erizo (*Loxechinus albus*) en el Área de Manejo de Caleta Maitencillo, V Región". Informe Técnico. Proyecto FONDEF D97I2012- IFOP. 42 p.
- Gonzalez, M.; Perez, M.; Lopez, D. y Bravo, R. 1989.** Alimentación de juveniles de erizo, *Loxechinus albus* (Molina). Resúmenes. IX Jornadas de Ciencias del Mar. 23-27 octubre 1989. Universidad de Antofagasta, Antofagasta. P. 114 .
- González, M.; Pérez, M.; López, D. y Uribe, J. 1990.** Crecimiento del erizo *Loxechinus albus* (Molina), en condiciones artificiales. Biota, Osorno, Chile. 6: 35-44.
- González, S. 1994.** "Selectividad alimenticia de *Loxechinus albus* (Molina, 1782) en los estadíos juvenil y adulto, basada en los componentes tróficos de su dieta natural", Tesis para optar al Título de Biólogo Marino. Profesor Guía Dr. Patricio Ojeda, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- González, S., Stotz, W., Lancelotti, D., y De Amesti, P.1991.** Estudio ecológico en el sector de palo Colorado. Los Vilos . IV Región. Universidad Católica del Norte. 250pp.
- Guisado, Ch. 1991.** Postergación de metamorfosis en *Loxechinus albus* (Molina) (Echinoidea : Echinidae). Resúmenes. IV Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. 3º sept – 4 oct, 1991. Universidad Católica del Norte sede Coquimbo, Coquimbo. p. 128.
- Guisado, Ch. 1995.** Estrategias de desarrollo larval y ciclo de vida en dos especies de echinoides regulares del sur de Chile. Tesis Magister en Ciencias, Mención Zoología. UAUCH. 89 pp.



- Guisado, Ch. & P. Rojas. 1971.** Estudios sobre la variación estacional de algunos contenidos químicos de *Loxechinus albus* Molina, Echinoidea y de *Pinnaxodes chilensis*, M. Eduards, Decapoda Brachyura, en relación a sus procesos biológicos, análisis de extracto etéreo, aminoácidos, nitrógeno y agua. Tesis para optar al grado de Licenciado en Filosofía y Educación, Profesor de Biología. Universidad Católica de Valparaíso, 62 p.
- Guisado, Ch. y Castilla, J.C. 1987.** Historia de vida reproducción y avances en el cultivo del erizo comestible *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinoidea Echinidae). En: Manejo y Desarrollo Pesquero. P. Arana (ed) pp 56-68.
- Guisado, Ch.; Arias, E. y Pérez, E. 1998.** Estudio reproductivo del erizo en las regiones I a VIII. Informe Final. Proyecto FIP – IT/ 96 – 44. Universidad Católica del Norte. Coquimbo. 233 p.
- IFOP. 1988.** Simposio Presente y Futuro de la repoblación en Chile. Numero especial. Instituto de Fomento Pesquero. Rev. Investigación Pesquera. 35.
- Inostroza, F; H. Robotham; R. Salas & I. Serey. 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”. Informe Final. IFOP- CORFO. Agosto, 1983. AP/83-40. 54 cartas +fotografías.
- Jerez, G.; N. Barahona & A. Muñoz. 1997.** Monitoreo de la pesquería del recurso erizo en la XII región. Informe Final. Proyecto FIP 94-27^a. IFOP. 70 p.
- Jerez, G. 1987.** Capítulo de Dinámica Poblacional de Recursos Bentónicos. En Bustos, E. (Ed.) Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales bentónicas III, IV, X regiones. Informe Técnico CORFO-IFOP. 163 p.



- Jerez, G. 1991.** La pesquería del erizo (*Loxechinus albus*) en la X región. Diagnóstico y evaluación de stock. Resúmenes. IV Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. 3º sept – 4 oct, 1991. Universidad Católica del Norte sede Coquimbo, Coquimbo. p. 83.
- Lawrence JM, Olave S, Otaiza R, Lawrence AL & E. Bustos 1997.** Enhancement of gonad production in the sea urchin *Loxechinus albus* in Chile fed extruded feeds. J World Aqua Soc 28: 91-96.
- Lozada, E. y Arias, E. 1992.** Sobre variaciones morfológica y reproductiva en *Loxechinus albus* (Molina, 1782). Resúmenes. XII Congreso de Ciencias del Mar. 27-29 mayo 1999. IFOP. Santiago. 117.
- Moreno, C. y Vega, R. 1988.** Valor científico de las Reservas Marinas Costeras: un ejemplo de estudio ecológico en poblaciones de *Loxechinus albus* (Molina). Inf. UNESCO. Cienc. Mar. 47: 124-134.
- Moreno, C. y Zuleta, A. 1996.** Investigación complemento pesquería erizo 1995. Informe Final. Subpesca- Universidad Austral. 48pp + Anexos.
- Moreno, C., Godoy, C., Villouta, E., y López, I. 1987.** Explotación de recursos bentónicos litorales: una alternativa derivada de la protección de áreas. En: Manejo y Desarrollo Pesquero. P. Arana (ed) pp 51-58.
- Moreno, C.; E. Jaramillo; I. Lepez; J. Guerra; F. Jara; H. Contreras; I. Céspedes; A. fuentes y R. León. 2001.** Estudio de áreas potenciales de Reservas Marinas y Párques Marinos entre la VIII y X regiones. PreInforme Final Proyecto FIP N° 99-29. 87 p.
- Natural H. Museum. 2001.** Página web: www.nhm.ac.uk .



- Norambuena, R.; L. González; L. Hirenacks. 1976.** Evaluación de la población de erizos en el sur de la Isla de Chiloé (Lat. 42° 50'5 y Lat. 43° 29'5). División de Prospección Pesquera IFOP. 50 p.
- Olave, S. 1992.** Cultivo artificial del erizo *Loxechinus albus*. Resúmenes. XII Congreso de Ciencias del Mar. 27-29 mayo 1999. IFOP. Santiago. 79.
- Olave, S.; Cárcamo, P.; Bustos, E. y Lawrence, J. 1999.** Alimentación artificial del erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782), bajo condiciones de cultivo durante un ciclo anual. Resúmenes. XIX Congreso de Ciencias del Mar. 3-7 mayo 1999. Universidad de Antofagasta, Antofagasta. P. 155.
- Oyarzún, S., S. Marín, C. Valladares & J. Iriarte. 1999.** Reproductive cycle of *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinoidea) in two areas of the Magellan Region (53S, 70-72W), Chile. Scientia Marina.
- Palma, S. y P. Arana. 1996.** Método rápido de determinación del sexo en el erizo comestible *Loxechinus albus* (Molina, 1782) y su aplicación en estudios biológico- pesqueros. Invest. Mar., Valparaíso, 24: 123-130.
- Pereira, L.; Illanes, J. y Akaboshi, S. 1987.** Cultivo experimental del erizo comestible *Loxechinus albus* (Molina) en ambiente controlado. Resúmenes. VII Jornadas de Ciencias del Mar. 16 – 20 noviembre, 1987. Universidad de Concepción. Concepción. p. 122.
- Pereira, L.; Schmiede, P. y López, A. 1991.** Crecimiento experimental de *Loxechinus albus* Molina (Echinodermata) con *Lessonia trabeculata* como alimento. Efecto de la densidad de cultivo. Resúmenes. IV Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. 3º sept – 4 oct, 1991. Universidad Católica del Norte sede Coquimbo, Coquimbo. p. 100.



- Reyes, A., Arias, E., Rojas, C., Barahona, N., Lozada, E., Sepúlveda, A. Y Carmona, A. 1992.** Estado de situación y perspectivas del recurso pesquerías bentónicas III, IV y V Región. Diagnostico de las Principales Pesquerías Bentónicas. 1991. Informe Técnico CORFO-IFOP. 57 p.
- Reyes, A., Carmona, A., Sepúlveda, A., Arias, E., Rojas, C., Barahona, N., Sasso, I., y Lozada, E. 1991.** Estado de situación y perspectivas del recurso pesquerías bentónicas III, IV y V Región. Diagnostico de las Principales Pesquerías Bentónicas. 1990. Informe Técnico CORFO-IFOP. 85 p + Tablas y Figuras.
- Roca, G. 1974.** Indice de contaminación bacteriológica del erizo de mar (*Loxechinus albus*, Molina) en diferentes condiciones de mercado. Tesis para optar al Título de Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Austral de Chile. 42 p.
- Romo, C. 2001.** Desarrollo de dieta artificial para optimizar calidad comercial de gónadas café de erizo. Proyecto FONDEF.
- San Martin, G. 1995.** Contribution a la gestion des stocks d'oursins: Estude des populations et transplantations de *Paracentrotus lividus* a Marseille (France, Mediterranee) et production de *Loxechinus albus* a Chiloé (Chili, Pacifique). Université de la Méditerranée, Aix-Marseille II (Faculté des Sciences de Luminy), 23 Juni 1995.
- Schipman, R. 1995.** Bases biopesqueras para la administración del recurso erizo (*Loxechinus albus*, Molina 1782) en la XI Región, Chile. Tesis de Grado de Licenciado en Biología Marina. Escuela de biología Marina. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 38 p.



- Silva V.J., 1981.** Efecto de dos pesticidas organofosforados sobre el desarrollo embrionario y larval de *Tetrapygyus niger* (Molina, 1782, Echinomodermata Arbacioida) y *Loxechinus albus* (Molina, 1782, Echinodermata, Echinoidea, Echinidae). Memoria de Título Biológico Marino, Universidad de Concepción, Concepción.
- Stotz, W. 2000.** Evaluación directa del erizo rojo en la región de Magallanes. Informe de Proyecto. Universidad Católica del Norte, Biomar Ltda.- Asoc. Ind. Pesq. De Magallanes y Antártica Chilena A.G. 85 p.
- Stotz, W. & M. Valdebenito. 1998.** Determinación de crecimiento y mortalidad natural de *Argopecten purpuratus* en dos puntos de bahía Coquimbo. Resúmenes XVIII Congreso de Ciencias del Mar. Sociedad Chilena de Ciencias del Mar. Iquique 4-8- de mayo de 1998. P.198-199.
- Stotz, W., González, S. y López, C. 1992.** Siembra experimental del erizo rojo *Loxechinus albus* (Molina) en la costa expuesta del centro - norte de Chile: efectos del erizo negro *Tetrapygyus niger* (Molina) sobre la permanencia y crecimiento de juveniles. Investigación Pesquera (Chile) 37: 107-117.
- Stotz, W.; Valladares, C.; Pérez, E. y 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. Resúmenes. XVIII Congreso de Ciencias del Mar. 4 – 8 mayo, 1998. Universidad Arturo Prat, Iquique. p. 128.
- Subsecretaría de Pesca. 1994.** Evaluación de stock del recurso erizo de la XII Región. SUBPESCA. Informe Técnico. 8 pp.



- Vásquez, J.A. 2001.** Ecology of *Loxechinus albus*. In J.M.Lawrence, ed., “Edible Sea Urchins: Biology and Ecology”, Elsevier Science Publ., pages 1611-175.
- Valladares, C. 1999.** Análisis bioeconómico del recurso erizo en la XII Región. Informe Final Proyecto FIP 97-31. Consultores Biomar Ltda - Universidad Católica del Norte. 55p.
- Zamora, S. y Stotz, W. 1991.** Cultivo de larvas y producción masiva de juveniles de *Loxechinus albus* (Molina 1782). XI Jornadas de Ciencias del Mar. Resúmenes. Universidad de Valparaíso, Viña del Mar. p. 77.
- Zamora, S. y 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 p.
- Zegers, J. Oliva, M.; Hidalgo, C. y Rodriguez, L. 1983.** Crecimiento de *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en sistema de jaulas suspendidas a media agua. Mems. Asoc. Latinoam. Acuicult. 5 (2) : 369 – 378.
- Zuleta, A.; Moreno, C. y Rubilar, P. 1994.** Inves Evaluación de stocks y monitoreo pesquería erizo 1990. Informe Final. Subpesca – Universidad Austral. 39 pp + Anexos.



B. REVISIÓN LITERATURA INTERNACIONAL

Agatsuma, Y. 1997. Ecological studies on the population dynamics of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus*. Sci.. Rep.. Hokkaido. Fish. Exp. Stn. 51: 1-66

Agatsuma, Y. et al. 1998. Relationship between year. to. year fluctuations in recruitment of juvenile sea urchins *Strongylocentrotus nudus* and seawater temperature in southwestern Hokkaido. Fish. Sci 64: 1. 5

Allain, J.Y. 1973. Un nouvel exemple de surexploitation des richesses naturelles: la pêche des oursins sur les côtes nord de Bretagne. Penn ar Bed (France) 74: 165-174.

Allee, W.C. 1931. Animal Aggregations. University of Chicago Press (Illinois).

Andrew, N.L. 1989. Contrasting ecological implications of food limitation in sea urchins and herbivorous gastropods. Marine Ecology Progress Series 51: 189-193.

Andrew, N.L. y O' Neill, A.L. 2000. Large. scale patterns in habitat structure on subtidal rocky reefs in New South Wales. Mar. Freshwat. Res 51: 255. 263.

Andrew, N.L. y Stocker, L.J. 1986. Dispersion and phagokinesis in the ecinoid *Evechinus choloroticus* (Val.). Journal of experimental marine Biology and Ecology 100: 11-23.

Arenas-Fuentes, P. y Leon-Corral, A.D. de. 1997. How to achieve sustainable fisheries development in a developing country: The case of Mexico. Developing. and. sustaining. world. fisheries. Resources- The. state. of.



science. and. management. Hancock, D.A., Smith, D.C., Grant, A. y Beumer, J.P., eds. CSIRO (Australia), pp. 586. 592

Barry, J.P. y Tegner, M.J. 1990. Inferring demographic processes from size-frequency distributions: simple models indicate specific patterns of growth and mortality. *Fishery Bulletin* 88: 13-19.

Bazhin, A.G. 1998. Sea urchin (*Strongylocentrotus* spp.) fisheries in Kamchatka: current conditions and problems. *En Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Editado por G.S. Jamieson and A. Campbell. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 125: 423-428.

Beddingfield, S.D. y McClintock, J.B. 2000. Demographic characteristics of *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Echinodermata) from three habitats in a North Florida Bay, Gulf of Mexico : *Mar. Ecol.* 21: 17-40..

Bernard, F.R. 1977. Fishery and reproductive cycle of the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, in British Columbia. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34: 604-610.

Bonardelli, J.C. 1997. Sustainable development of the green sea urchin. *Aquaculture Assoc. of Canada, St. Andrews (NB), PROCEEDINGS. SEA. URCHIN. CULTURE. WORKSHOP. Parsons, G.J. (ed.), pp. 51-55.*

Botsford, L.W. 1995. Population dynamics of spatially distributed, meroplanktonic, exploited marine invertebrates. *ICES Mar. Sci. Symp.* 199: 118-128.

Botsford, L.W., Morgan, L.E., Lockwood, D.R., y Wilen, J.E. 1999. Marine reserves and management of the northern California red sea urchin fishery. *Symp. of the CalCOFI Conference: A Continuing Dialog on no-*



take Reserves for Resource Management, Asilomar, CA (USA), 4 Nov 1998. CALCOFI Rep. 40: 87-93.

Botsford, L.W., Quinn, J.F., Wing, S.R. and Brittnacher, J.G. 1993. Rotating spatial harvest of a benthic invertebrate, the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*. En Proceedings of the International Symposium Management Strategies for Exploited Fish Populations, *Ediado por* G. Kruse, D.M. Eggers, R.J. Marasco, C. Pautzke y T.J. Quinn II. Alaska Sea Grant College Program, AK-SG-93-02: 409-428.

Botsford, L.W., Smith, B.D. y Quinn, J.F. 1994. Bimodality in size distributions: the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, as an example. Ecological Applications.

Botsford, L.W., Smith, B.D., Wing, S.R. y Quinn, J.F. 1994. Bimodality in size distributions: the red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* as an example. Ecological Applications 4: 42-50.

Botsford, L.W., Wing, S.R., y Largier, J. 1998. Population dynamics and management implications of larval dispersal. South. African. Journal. of. Marine. Science 19: 131-142.

Boudouresque, C.-F., Lemée, R., Mari, X. y Meinesz, A. 1996. The invasive alga *Caulerpa taxifolia* is not suitable diet for the sea urchin *Paracentrotus lividus*. Aquatic Botany 53: 245-250.

Bradbury, A. 1990. Management of the commercial dive fisheries for sea urchins and sea cucumbers. En J.W. Armstrong and A.E. Copping (eds.), Status and Management of Puget Sound's Biological Resources, pp. 56-65. Seattle, Washington.



- 1991.** Management and stock assessment of the red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) in Washington State: periodic rotation of the fishing grounds. J. Shellfish Res. 10: 233 (abstract).
- 2000.** Stock assessment and management of red sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*) in Washington. Journal. of. Shellfish. Research 19: 618-619.
- Breen, P.A., Carolsfeld, W. y Yamanaka, K.L. 1985.** Social behaviour of juvenile red sea urchins, *Strongylocentrotus franciscanus* (Agassiz). Journal of experimental marine Biology and Ecology 92: 45-61.
- Bureau, D., Campbell, A. y Hajas, W.C. 2000a.** Survey of red sea urchin populations in the Kelsey Bay area, Johnstone Strait, British Columbia, 1999. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. no. 2542, 22 pp.
- 2000b.** Survey of red sea urchin populations near Comox, Denman Island and Hornby Island, British Columbia, 1999. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. no. 2546, 20 pp.
- 2000c.** Survey of red sea urchin populations in the Larsen Harbour and Kingkown Inlet areas, Banks Island, British Columbia, 1997. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. no. 2551, 22 pp
- Bureau, D., Campbell, A., Hajas, W.C. y Ayers, A. 1999.** Survey of red sea urchin populations in the Gulf Islands, Strait of Georgia, British Columbia, 1998 and 1999. Can-Manuscr-Rep-Fish-Aquat-Sci no. 2552, 32 pp.
- Byrne, M., Andrew, N.L., Worthington, D.G., y Brett, P.A. 1998.** Reproduction in the diadematoïd sea urchin *Centrostephanus rodgersii* in contrasting habitats along the coast of New South Wales, Australia. Mar. Biol. 132: 305-318.



- Campbell, A. 1998.** Catch, effort and quota estimates for the red sea urchin fishery in British Columbia. Invertebrate Working Papers reviewed by the Pacific Stock Assessment Review Committee (PSARC) in. 1995. Part 2: Echinoderms Waddell, B.J., Gillespie, G.E., y Walther, L.C. (eds.). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. no. 2215: 83-110.
- Campbell, A., Bureau, D. y Brouwer, D. 2000.** Quota estimates for the 1998 red sea urchin fishery in British Columbia. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. no. 2516, 35 pp
- Campbell, A. and Harbo, R.M. 1991.** The sea urchin fisheries in British Columbia, Canada. *In* Biology of Echinodermata. *Edited by* T. Yanagisawa, I. Yasumasu, C. Oguro, N. Suzuki, and T. Motokawa. A.A. Balkema, Rotterdam. pp. 191-199.
- Carroll, J.C.; Engle, J.M.; Coyer, J.A.; y Ambrose, R.F. 2000.** Long. term changes and species interactions in a sea urchin. dominated community at Anacapa Island, California. . Proceedings of the Fifth California Islands Symposium. Browne, D.R.; Mitchell, K.L., y Chaney, H.W.. (eds.). Department of the Interior, Minerals Management Service, pp. 370-378.
- CDF&G (California Department of Fish & Game). 1994.** Draft fishery management plan for the 1994 California commercial red sea urchin fishery. CDF&G (Sacramento), 13 pp y 9 figs (mimeo). Ver Ebert et al. (1995) y Ebert (1995).
- Christie, H., Leinaas, H.P. y Skadsheim, A. 1995.** Local patterns in mortality of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, at the Norwegian coast. En H.R. Skjoldal *et al*, editores: Ecology of Fjords and Coastal Waters. Elsevier.



- Cowen, R.K. 1983.** The effect of sheephead (*Semicossyphus pulcher*) predation on red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) populations: an experimental analysis. *Oecologia* 58: 249-255.
- Dayton, P.K. 1975.** Experimental studies of algal canopy interactions in a sea otter-dominated kelp community at Amchitka Island, Alaska. *Fishery Bulletin* 73: 230-237.
- Dotsu, K.; Nomura, H.; Ohta, M.; y Iwakura, Y. 1999.** Factors causing formation of *Laminaria religiosa* bed on coralline flats along the southwest coast of Hokkaido. *Nippon. Suisan. Gakkaishi* 65: 216-222
- Ebert, T.A. 1968.** Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abrasion. *Ecology* 49: 1075-1091.
- 1982.** Longevity, life history, and relative body-wall size in sea urchins. *Ecological Monographs* 54: 353-394.
- 1983.** Recruitment in echinoderms. *Echinoderm Studies* 1: 169-203.
- 1987.** Estimating growth and mortality parameters by nonlinear regression using average size in catches. En D. Pauly *et al.*, eds., "Length-Based Methods in Fisheries Research", ICLARM (Manila), Conference Proceedings 13: 34-44.
- 1988.** Calibration of natural growth lines in ossicles of two sea urchins, *Strongylocentrotus purpuratus* and *Echinometra mathaei*, using tetracycline. En R.D. Burke *et al.*, editores: *Echinoderm Biology- Proceedings of the 6th International Echinoderm Conference*; 435-443. Balkema (Rotterdam).



- 1995.** Review of the draft commercial sea urchin fishery management plan prepared by the CDF&G. Ver CDF&G (1994); 26 pags. (MS).
- Ebert, T.A., DeMartini, J., Kato, S. y Reed, D. 1995.** Overall evaluation of the scientific basis for the CDF&G draft of a commercial sea urchin fishery management plan. Ver ADF&G (1994); 2 pags (MS).
- Ebert, T.A., Dixon, J.D., Schroeter, S.C., Kalvass, P.E., Richmond, N.T., Bradbury, W.A. y Woodby, D.A. 1999.** Growth and mortality of red sea urchins *Strongylocentrotus franciscanus* across a latitudinal gradient. Mar. Ecol. Progr. Ser. 190: 189-209.
- Ebert, T.A. y Russell, M.P. 1988.** Latitudinal variation in size structure of the West Coast purple sea urchin: a correlation with headlands. Limnology & Oceanography 33: 286-294.
- 1992.** Growth and mortality estimates for red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* from San Nicolas Island, California. Marine Ecology Progress Series 81: 31-41.
- 1993.** Growth and mortality of subtidal red sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*) at San Nicolas Island, California, USA: problems with models. Marine Biology 117: 79-89.
- Ebert, T.A., Schroeter, S.C., y Dixon, J.D. 1993.** Inferring demographic processes from size-frequency distributions: effect of pulsed recruitment on simple models. Fishery Bulletin 91: 237-243.
- 1998.** An analysis of the importance of Allee effects in management of red sea urchins: Differences between Oregon/Washington and southern California. Taking a Look at California's Ocean Resources: An Agenda



for the Future. Magoon, O.R., Converse, H., Baird, B., y Miller Henson, eds. ASCE (Reston, VA) vol. 1, 856 pp

Ebert, T.A., Schroeter, S.C., Dixon, J.D. y Kalvass, P. 1994. Settlement patterns of red and purple sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*) in California, USA. Marine Ecology Progress Series 111: 41-52.

Elnor, R.W. y Vadas, R.L. 1990. Inference in ecology: the sea urchin phenomenon in the northwestern Atlantic. American Naturalist 136: 108-125.

Evans, P.D. y Mann, K.H. 1977. Selection of prey by American lobsters (*Homarus americanus*) when offered a choice between sea urchins and crabs. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 34: 2203-2207.

Gage, J.D. 1991. Skeletal growth zones as age-markers in the sea urchin *Psammechinus miliaris*. Marine Biology 110: 217-228.

Guillou, M.; Judas, A.; y Quiniou, F. 1997. Variabilité de divers paramètres du développement postmétamorphique de l'oursin *Sphaerechinus granularis* en fonction de la qualité de l'environnement. Rencontres Scientifiques Internationales (ECORADE). Le Bilan de Santé de la Rade de Brest (France). Institut. Oceanographique. 73: 49-50.

Guillou, M. y Michel, C. 1993. Impact de la variabilité du recrutement sur le stock d'oursins commercialisables de l'archipel de Glénan (Sud-Bretagne). Oceanologica Acta 16: 423-430.

Haaker, P.L., Davis, G.E., y Taniguchi, I.K. 1996. Serial depletion in marine invertebrate diving fisheries. J. Shellfish Research 15: 526



- Hagen, N.T. 1995.** Recurrent destructive grazing of successionaly immature kelp forests by green sea urchins in Vestfjorden, Northern Norway. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 123: 95-106.
- 1996. Echinoculture:** From fishery enhancement to closed cycle cultivation. *World Aquaculture* 27: 6-19
- Halmay, P. y Crisp, K. 1998.** The role of divers' associations in the development and stewardship of the California sea urchin fishery. *Taking a Look at California's Ocean Resources: An Agenda for the Future.* Magoon, O.R., Converse, H., Baird, B., y Miller Henson, eds. ASCE (Reston, VA) vol. 1, 856 pp
- Harris, L.G. y Chester, C.M. 1996.** Effects of location, exposure and physical structure on juvenile recruitment of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in the Gulf of Maine. *Invertebr. Reprod. Dev.:* 207-215.
- Harrold, C. y Pearse, J.H. 1987.** The ecological role of echinoderms in kelp forests. *Echinoderm Studies* 2: 137-233.
- Hatcher, B.G., Hatcher, A.I. 1997.** Research directions and management options for sea urchin culture in Nova Scotia. *Aquaculture Assoc. of Canada, St. Andrews (NB), PROCEEDINGS. SEA. URCHIN. CULTURE. WORKSHOP,* Parsons, G.J. ed., pp. 62-65.
- Himmelman, J.H., Lavergne, Y., y Axelsen, F. 1997.** Variations saisonnieres de la taille et de la composition chimique des gonades chez l'oursin vert, (*Strongylocentrotus droebachiensis*) de l'estuaire et du Golfe du Saint. Laurent. *Cah.. Inf.. Dir.. Rech. Sci. Tech. Quebec,* 42 pp.



- Hunte, W. y Younglao, D. 1988.** Recruitment and population recovery of *Diadema antillarum* (ECHINODERMATA; ECHINOIDEA). In Barbados. Marine Ecology Progress Series 45: 109-119.
- Igawa, C. 1998.** In search of a sea urchin fishery management framework: The case of California Red Sea Urchin (RSU) Fishery development, 1985-1996. Taking a Look at California's Ocean Resources: An Agenda for the Future. Magoon, O.R., Converse, H., Baird, B., y Miller Henson, eds. ASCE (Reston, VA) vol. 1, 856 pp.
- Jamieson, G.S., Cripps, K., Gijssen, M., Greba, L., Jones, R., Martel, G., Sandoval, W., Schwarz, C.J., Taylor, C., y Routledge, R. 1998.** Reanalyses of 1993 red sea urchin surveys conducted in Haida, Heiltsuk, Kitasoo and Tsimshian Traditional Territories. Invertebrate Working Papers reviewed by the Pacific Stock Assessment Review Committee (PSARC) in 1995. Part. 2: Echinoderms. Waddell, B.J., Gillespie G.E. y Walthers, L.C. (eds.). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2215: 57-68.
- Jamieson, G.S., Jones, R., Martel, G., Schwarz, C.J., Taylor, C., Routledge, R. 1998.** Analysis of the 1994 red sea urchin survey conducted in Haida Gwaii, Pacific Fishery Management Area 1. Invertebrate Working Papers reviewed by the Pacific Stock Assessment Review Committee (PSARC) in 1995. Part. 2: Echinoderms. Waddell, B.J., Gillespie G.E. y Walthers, L.C. (eds.). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2215: 3-18.
- Jamieson, G.S., Scarf, G., Schwarz, C.J., Taylor, C., y Routledge, R. 1998.** Analysis of 1994 red sea urchin surveys conducted in Aweena K'ola Traditional Territory, Subareas of Pacific Fishery Management Area 12. Invertebrate Working Papers reviewed by the Pacific Stock Assessment Review Committee (PSARC) in 1995. Part. 2: Echinoderms. Waddell,



B.J., Gillespie G.E. y Walthers, L.C. (eds.). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2215: 33-56.

Jamieson, G.S., Sandoval, W., Schwarz, C.J., Taylor, C., Routledge, R. 1998. Analysis of 1994 red sea urchin surveys conducted in Heiltsuk Traditional Territory, Pacific Management Area 7, Subareas 18 and 25. Invertebrate Working Papers reviewed by the Pacific Stock Assessment Review Committee (PSARC) in 1995. Part. 2: Echinoderms. Waddell, B.J., Gillespie G.E. y Walthers, L.C. (eds.). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2215: 19-32.

Jamieson, G.S., y Schwarz, C.J. 1998. Survey protocol considerations for 1995 red sea urchin surveys. Invertebrate Working Papers reviewed by the Pacific Stock Assessment Review Committee (PSARC) in 1995. Part. 2: Echinoderms. Waddell, B.J., Gillespie G.E. y Walthers, L.C. (eds.). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2215: 69-82

Johnson, C.R. y Mann, K.H. 1988. Diversity, patterns of adaptation, and stability of Nova Scotian kelp beds. Ecological Monographs 58: 129-154.

1993. Rapid succession in subtidal understory seaweeds during recovery from overgrazing by sea urchins in eastern Canada. Botanica Marina 36: 63-77.

Jones, C. 1977. Sea urchins -Washington's newest fishery- presents some prickly-problems. Proceedings of the National Shellfisheries Association 67: 128 (abstract).

Jordana, E., Guillou, M. y Lumnigas, L.J.L. 1997. Age and growth of the sea urchin *Sphaerechinus granularis* in southern Britany. J. mar. biol. Ass. UK 77: 1199-1212.



- Juinio-Meñez, M.A., Macawaris, N.N.D. y Bangi, H.G.P. 1998.** Community-based sea urchin (*Tripneustes gratilla*) grow-out culture as a resource management tool. *En* Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. *Editado por* G.S. Jamieson and A. Campbell. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125: 385-392.
- Junqueira, A.O.R.; Ventura, C.R.R.; Carvalho, A.L.P.S. de; y Schmidt, A.J. 1997.** Population recovery of the sea urchin *Lytechinus variegatus* in a seagrass flat (Araruama Lagoon, Brazil): the role of recruitment in a disturbed environment. *Invertebr. Reprod. Dev.* 31: 143-150.
- Kalvass,. P.E. 2000.** Riding the rollercoaster: boom and decline in the California red sea urchin fishery. *Journal. of. Shellfish. Research* 19: 621-622.
- Kalvass, P.E. y Hendrix, J.M. 1997.** The California red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, fishery: Catch, effort, and management trends. *Marine Fisheries Review* 59: 1-17.
- Karlson, R.H. y Levitan, D.R. 1990.** Recruitment-limitation in open populations of *Diadema antillarum*: an evaluation. *Oecologia* 82: 40-44.
- Kato, S. y Schroeter, S.C. 1985.** Biology of the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, and its fishery in California. *Marine Fisheries Review* 47: 1-20.
- Keesing, J.K., Cartwright, C.M. y Hall, K.C. 1993.** Measuring settlement intensity of echinoderms on coral reefs. *Marine Biology* 117: 399-407.
- Kelly, M.S., Pantazis, P., y Owen, P. 1999.** The commercial potential of the common sea urchin *Echinus esculentus*. *Journal of Shellfish Research* 18: 718-719



- Kenner, M.C. 1992.** Population dynamics of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* in a Central California kelp forest: recruitment, mortality, growth and diet. *Marine Biology* 112: 107-118.
- Konar, B. 1999.** Mechanisms That Structure Marine Benthic Communities at the Semichi Islands, Alaska. *Dissertation Abstracts International (B: Science and Engineering)* 59: 5678.
- Lafferty, K.D.; Kushner, D.J. 2000.** Population regulation of the purple sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*, at the California Channel Islands. *Proceedings of the Fifth California Islands Symposium*. Browne, D.R.; Mitchell, K.L., y Chaney, H.W.. (eds.). Department of the Interior, Minerals Management Service, pp. 379. 381.
- Lai, H.-L. y Bradbury, A. 1998.** A modified catch-at-size analysis model for a red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) population. *En Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management*. Editado por G.S. Jamieson and A. Campbell. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 125: 85-96.
- Lamare, M.D. 1998.** Origin and transport of larvae of the sea urchin *Evechinus chloroticus* (Echinodermata: Echinoidea) in a New Zealand fiord. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 174: 107-121.
- Lawrence, J.M. 1975.** On the relationship between marine plants and sea urchins. *Oceanography and Marine Biology- An Annual Review* 13: 213-286.
- Leinaas, H.P. y Christie, H. 1996.** Effects of removing sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*): Stability of the barren state and succession of kelp forest recovery in the east Atlantic. *Oecologia* 105: 524-536.



- Lemée, R., Boudouresque, C.-F., Gobert, J., Malestroit, P., Mari, X., Meinesz, A., Menager, V. y Ruitton, S. 1996.** Feeding behaviour of *Paracentrotus lividus* in the presence of *Caulerpa taxifolia* introduced in the Mediterranean Sea. *Oceanologica Acta* 19: 245-253.
- Lesser, M.P., y Walker, C.W. 1998.** Over exploitation of the urchin fishery: Does history repeat itself and is there anything we can do to insure a sustainable yield to the market. *Journal of Shellfish Research* 17: 331.
- Levitan, D.R. 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, D.R. y Sewell, M.A. 1998.** Fertilization success in free-spawning marine invertebrates: review of the evidence and fisheries implications. *En Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Editado por G.S. Jamieson and A. Campbell. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 125: 159-164.
- Levitan, D.R., Sewell, M.A. y Chia, F.S. 1992.** How distribution and abundance influence the fertilization success in the sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus*. *Ecology* 73: 248-254.
- Lopez, S.; Turon, X.; Montero, E.; Palacin, C.; Duarte, C.M.; y Tarjuelo, I. 1998.** Larval abundance, recruitment and early mortality in *Paracentrotus lividus* (Echinoidea). Interannual variability and plankton. benthos coupling. *Mar. Ecol. Prog. Ser* 172: 239-251.
- McClanahan, T.R. 2000.** Recovery of a coral reef keystone predator, *Balistapus undulatus*, in East African marine parks. *Biological. Conservation* 94:191-198.



- Mann, K.H. y Breen, P.A. 1972.** The relation between lobster abundance, sea urchins, and kelp beds. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 29: 603-609.
- Mead, K.S. y Denny, M.W. 1995.** The effects of hydrodynamic shear stress on fertilization and early development of the purple sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus*. *Biological Bulletin* 188: 46-56.
- Miller, B.A. y Emlet, R.B. 1997.** Influence of nearshore hydrodynamics on larval abundance and settlement of sea urchins *Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus* in the Oregon upwelling zone. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 148: 83-94.
- Mladenov, P.V., Allibone, R.M. y Wallis, G.P. 1997.** Genetic differentiation in the New Zealand sea urchin *Evechinus chloroticus* (Echinodermata: Echinoidea). *NZ J. MAR. FRESHWAT. RES.* 31: 261-269.
- Moore, H.B., Jutare, T., Bauer, J.C. y Jones, J.A. 1963.** The biology of *Lytechinus variegatus*. *Bulletin of Marine Science* 13: 23-53.
- Morgan, E.L., Bostford, L. W., Lundquist, C. J. y Quinn, J. F. 1999.** The potential of no. take reserves to sustain the red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) fishery in northern California. *Bull. Tohoku. Natl. Fish. Res. Inst., Spec. Issue* 1999 no. 62: 83. 94.
- Morgan, L.E., Botsford, L.W., y Wing, S.R. 1998.** Influence of local productivity and recruitment patterns on design of reserves, the California red sea urchin population as an example. . *Taking a Look at California' s Ocean Resources: An Agenda for the Future.* Magoon, O.R., Converse, H., Baird, B., y Miller Henson, eds. ASCE (Reston, VA) vol. 1, 856 pp.



- Morgan, L.E., Botsford, L.W., Wing, S.R., y Smith, B.D. 2000.** Spatial variability in growth and mortality of the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, in northern California. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 980-992.
- Morgan, E.L., Wing, R.S., Botsford, W.L., Lundquist, J.C., y Diehl, M.J. 2000.** Spatial variability in red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) recruitment in northern California. *Fisheries. Oceanography* 9: 83. 98.
- Moylan, E. 1997.** Gonad conditioning and wild stock enhancement of the purple sea urchin *Paracentrotus lividus* on the west coast of Ireland. *Aquaculture Assoc. of Canada, St. Andrews (NB), PROCEEDINGS. SEA. URCHIN. CULTURE. WORKSHOP*, Parsons, G.J. ed., pp. 38. 41.
- Orensanz, J.M. y Jamieson, G.S. 1998.** The assessment and management of spatially structured stocks: overview of the the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. *En Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Editado por G.S. Jamieson and A. Campbell.* *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 125: 439-460.
- Orensanz, J.M., Parma, A.M. y Hall, M.A. 1998.** The analysis of concentration and crowding in shellfish research. *En Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Editado por G.S. Jamieson and A. Campbell.* *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 125: 143-158.
- Palacín, C., Giribet, G., Carner, S., Dantart, L. y Turon, X. 1998.** Low densities of sea urchins influence the structure of algal assemblages in the western Mediterranean. *Journal of Sea Research* 39: 281-290.



- Palumbi, S.R., Grabowsky, G., Duda, T., Geter, L. y Tachino, N. 1997.** Speciation and population genetic structure in tropical Pacific sea urchins. *Evolution* 51: 1506-1517.
- Pearce, C.M. y Scheibling, R.E. 1990.** Induction of metamorphosis of larvae of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, by coralline red algae. *Biological Bulletin* 179: 304-311.
- Pearse, J.S. y Hines, A.H. 1979.** Expansion of a central California kelp forest following the mass mortality of sea urchins. *Marine Biology* 51: 83-91.
- Pearse, J.S., McClary, D.J., Sewell, M.A., Austin, W.C., Perez-Ruzafa, A. y Byrne, M. 1988.** Simultaneous spawning of six species of echinoderms in Barkley Sound, British Columbia. *Invertebrate Reproduction and Development* 14: 279-288.
- Pedrotti, M.L. y Fenaux, L. 1992.** Dispersal of echinoderm larvae in a geographical area marked by upwelling (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series* 86: 217-227.
- Pena, M., Gomes, C., y Hunte, W. 1999.** The application of randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) markers to stock discrimination of the white sea urchin, *Tripneustes ventricosus*, in the eastern Caribbean. *Journal of Shellfish. Research* 18 (2) (abstract).
- Pennington, J.T. 1985.** The ecology of fertilization of echinoid eggs: the consequences of sperm dilution, adult aggregation, and synchronous spawning. *Biological Bulletin* 169: 417-430.



- Perry, R.I., Parker, G. y Rogers, J. 2000.** Science and management of green sea urchins in British Columbia . A rebuilding fishery? Journal. of. Shellfish. Research 19: 623. 624.
- Perry, R.I. y Waddell, B.J. 1998.** Stock assessment and quota recommendations for 1996/97 for the green sea urchin fishery in British Columbia. Invertebrate Working Papers reviewed by the Pacific Stock Assessment Review Committee (PSARC) in 1996. Gillespie, G.E. y Walthers, L.C. (eds.). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci no. 2221: 261-307.
- Perry, R.I., Waddell, B.J., Campbell, A., y Hobbs, K. 1998.** Review of fishery. dependent data and quota recommendations for 1995/96 for the green sea urchin fishery in British Columbia. Invertebrate Working Papers reviewed by the Pacific Stock Assessment Review Committee (PSARC) in 1995. Part. 2: Echinoderms Waddell, B.J., Gillespie. G.E. y Walthers,. L.C. (eds.) . Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2215:111-146.
- Pfister, C.A. y Bradbury, A. 1996.** Harvesting red sea urchins: recent effects and future predictions. Ecological Applications 6: 298-310.
- Pleschner, D.B. 1998.**Sea otters on the move: Fishermen urge feds to obey law. Pacific. Fishing 19 (11): 43-44.
- Quinn, J.F., Wing, S.R. y Botsford, L.W. 1993.** Harvest refugia in marine invertebrate fisheries: models and applications to the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*. American Zoologist 33: 537-550.
- Richards, J.B., Sunada, J.S., y Dewees, C.M. 1998.** Cooperative fisheries research in developing management strategies: Case studies of three California fisheries. Taking a Look at California's Ocean Resources: An



Agenda for the Future. Magoon, O.R., Converse, H., Baird, B., y Miller Henson, M. (eds.), ASCE, Reston (VA, USA) vol.1, 856 pp.

Robinson, S. y Macintyre, A. 1997a. Sea urchin population survey of Campobello Island, Deer Island, and Grand Manan. Final Report for the New Brunswick Cooperative Agreement with the Campobello Fishermen's Association, 20 pp.

1997b. Biological fishery information for the rational development of the green sea urchin industry. Final report for the New Brunswick Dep. Fish. & Aquacult., Cooperation Agreement on Economical Diversification, 18 pp.

Rogers, J. y Parker, G. 2000. Management of the red sea urchin fishery in British Columbia. Journal. of. Shellfish. Research 19: 624.

Rose, C.D., Sharp, W.C., Kenworthy, W.J., Hunt, J.H., Lyons, W.G., Prager, E.J., Valentine, J.F., Hall, M.O., Whitfield, P.E., y Fourqurean, J.W. 1999. Overgrazing of a large seagrass bed by the sea urchin *Lytechinus variegatus* in Outer Florida Bay. Mar. Ecol. Prog. Ser 190: 211. 222.

Rowley, R.J. 1989. Settlement and recruitment of sea urchins (*Strongylocentrotus* spp.) in a sea-urchin barren ground and a kelp bed: are populations regulated by settlement or post-settlement processes? Marine Biology 100: 485-494.

1990. Newly settled sea urchins in a kelp bed and urchin barren ground: a comparison of growth and mortality. Marine Ecology Progress Series 62: 229-240.



- Sala, E.; Boudouresque, C.F. y Harmelin-Vivien, M. 1998.** Fishing, trophic cascades, and the structure of algal assemblages: evaluation of an old but untested paradigm. *Oikos* 82: 425-439.
- Scheibling, R.E., y Hennigar, A.W. 1997.** Recurrent outbreaks of disease in sea urchins *Strongylocentrotus droebachiensis* in Nova Scotia: Evidence for a link with large. scale meteorologic and oceanographic events. *Mar.. Ecol.. Prog.. Ser.* 152: 155-165.
- Scheibling, R.E., Hennigar, A.W., y Balch, T. 1999.** Destructive grazing, epiphytism, and disease: the dynamics of sea urchin. kelp interactions in Nova Scotia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 2300-2314.
- Scheibling, R.E. y Raymond, B.G. 1990.** Community dynamics on a subtidal cobble bed following mass mortalities of sea urchins. *Marine Ecology Progress Series* 63: 127-145.
- Schroeter, S.C., Barilotti, D.C., Dixon, J.D., Ebert, T.A., y Kalvass, P.E. 1998.** A proposed method for red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) resource assessment in California. *Taking a Look at California' s Ocean Resources: An Agenda for the Future.* Magoon, O.R., Converse, H., Baird, B., y Miller Henson, eds. ASCE (Reston, VA) vol. 1, 856 pp.
- Sloan,N.A., Lauridsen, C.P. y Harbo, R.M. 1987.** Recruitmen characteristics of the commercially harvested red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* in southern British Columbia, Canada. *Fisheries Research* 5: 55-69.
- Smith, B.D. y Botsford, L.W. 1998.** Interpretation of growth, mortality, and recruitment patterns in size-at-age, growth increment, and size frequency data. . *En Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate*



Stock Assessment and Management. *Editado por* G.S. Jamieson and A. Campbell. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125: 125-140.

Smith, B.D., Botsford, L.W. y Wing, S.R. 1998. Estimation of growth and mortality parameters from size frequency distributions lacking age patterns: The red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) as an example. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 1236-1247.

Tegner, M.J. 1989. The feasibility of enhancing red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, stocks in California: an analysis of the options. Marine Fisheries Review 51: 1-22.

Tegner, M.J. y Dayton, P.K. 1977. Sea urchin recruitment patterns and implications on commercial fishing. Science 196: 324-326.

1981. Population structure, recruitment and mortality of two sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*) in a kelp forest. Marine Ecology Progress Series 5: 255-268.

1987. El Niño effects on Southern California kelp forest communities. Advances in Ecological Research 17: 243-279.

1991. Sea urchins, El Niños, and the long term stability of Southern California kelp forest communities. Marine Ecology Progress Series 77: 49-63.

Tegner, M.J., Dayton, P.K., Edwards, P.B. y Riser, K.L. 1997. Large-scale, low-frequency oceanographic effects on kelp forest succession: a tale of two cohorts. Marine Ecology Progress Series 146: 117-134.

Tegner, M.J., Karpov, K.A., y Kalvass, P. 2000. Abalones and sea urchins: Biological and fisheries interactions : Journal of Shellfish Research 19: 539.



- Tegner, M.J. y Levin, L.A. 1983.** Spiny lobsters and sea urchins: analysis of a predator-prey interaction. *Journal of experimental marine Biology and Ecology* 73: 125-150.
- Unger, B. y Lott, C. 1994.** In-situ studies of the aggregation behavior of the sea urchin *Sphaerechinus granularis* Lam. (ECHINODERMATA: ECHINOIDEA). In B. David *et al.*, eds., "Echinoderms Through Time. A.A.Balkema (Rotterdam), Publ., pp. 913-919.
- Valentine, J.F.; Heck, K.L.; Busby, J.Jr.; y Webb, D. 1997.** Experimental evidence that herbivory increases shoot density and productivity in a subtropical turtlegrass (*Thalassia testudinum*) meadow. *Oecologia* 112: 193-200.
- Waddell, B.J., Perry, R.I., Scharf, G., y Ross, G. 1997.** Surveys on green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) populations in Queen Charlotte Strait, British Columbia, October 1995 and March 1996. CAN.. TECH.. REP.. FISH.. AQUAT.. SCI, 43 pp.
- Warner, G. 1997.** Participatory management, popular knowledge, and community empowerment: The case of sea urchin harvesting in the Vieux. Fort area of St. Lucia. *Human Ecology* 25: 29-46
- Wilén, J.E. 1998.** Economic Analysis of Factors Affecting Prices and Costs in the Sea Urchin Fishery. Report of Completed Projects 1994-97; California Sea Grant College Program (La Jolla, California): 153. 156.
- Wing, S.R., Botsford, L.W. y Quinn, J.F. 1998.** The impact of coastal circulation on the spatial distribution of invertebrate recruitment, with implications for management. *En Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Editado por G.S. Jamieson and A. Campbell.* Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125: 285-294.



Wing, S.R., Largier, J.L., Botsford, L.W. y Quinn, J.F. 1995. Settlement and transport of benthic invertebrates in an intermittent upwelling region. *Limnology and Oceanography* 40: 316-329.

Woodby, D. 1998. Adaptive cluster sampling: efficiency, fixed sample sizes, and an application to red sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*) in southeast Alaska. . *En Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Editado por G.S. Jamieson and A. Campbell. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 125: 15-20.

C. REFERENCIAS

Nota: Las referencias marcadas con “” estuvieron disponibles durante el desarrollo del taller técnico pero no están citadas en el texto de este reporte.*

Agatsuma, Y. 1994. Factors contributing to changes in the population size of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus* off the coast of Tsugaru Strait, southern Hokkaido. *Suisanzoshoku* 1994-H6: 207-213.

1997. Ecological studies on the population dynamics of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus*. *Sci.. Rep.. Hokkaido. Fish. Exp. Stn.* 51: 1-66.

*** Arana, P. (editor). 1996.** Análisis de la pesquería y evaluación del stock de erizo (*Loxechinus albus*), explotado en la región de Magallanes. Univ. Católica de Valparaíso, Informe final, 286 pags.

Aranda, E. y Gili, R. 1977. Evaluación de recursos pesqueros XI Región (Zona C, Islas Guaitecas). IFOP, Informe Técnico, 121 pags.



- 1978a.** Prospección almejas, locos y erizos X Región. IFOP, 121 pags, anexos.
- 1978b.** Evaluación de recursos pesqueros XI Región [Zonas D y E]. IFOP, 44 pags., anexos.¹²
- * **Aranda, E., Lillo, S. y Gimpel, R. 1979.** Evaluación de recursos pesqueros en la XI Región [Zonas H e I]. IFOP, 60 pags, anexos.
- Aranda, E., Robotham, H., Inostroza, F., Gimpel, R. y Lizama, G. 1982.** Estudio del recurso erizo en Islas Guaitecas, XI Región. IFOP, 74 pags.
- Aysén Consultores Limitada (AYCON Ltda.). 2002.** Localización, prospección y estructura de talla del recurso erizo (*Loxechinus Albus Molina 1782*), racionalización y control del esfuerzo de pesca artesanal y control de los desembarques en aguas interiores de la X y XI Región. Propuesta Técnica para una “Pesca de investigación”, 12 páginas.
- Barry, J. P. y Tegner, M.J. 1990.** Inferring demographic processes from size-frequency distributions: simple models indicate specific patterns of growth and mortality. Fishery Bulletin 88: 13-19.
- Botsford, L.W. 1995.** Population dynamics of spatially distributed, meroplanktonic, exploited marine invertebrates. ICES Mar. Sci. Symp. 199: 118-128.
- Botsford, L. W., Moloney, C. L., Largier, J. L.,and Hastings, A. 1998.** Metapopulation dynamics of meroplanktonic invertebrates: the Dungeness crab as an example. En: G.S. Jamieson y A. Campbell, ed: Proceedings of the North Pacific Symp. on Invertebrate Stock Assessment and Management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.125:295-306.

¹² Los reportes de esta serie correspondientes a las Zonas A, B, J, K y L no contienen información substancial sobre erizo. Los reportes correspondientes a las Zonas C, F y G no estuvieron disponibles durante el desarrollo del taller.



- Botsford, L.W., Morgan, L.E., Lockwood, D.R., y Wilen, J.E. 1999.** Marine reserves and management of the northern California red sea urchin fishery. Symp. of the CalCOFI Conference: A Continuing Dialog on no-take Reserves for Resource Management, Asilomar, CA (USA), 4 Nov 1998. CALCOFI Rep. 40: 87-93.
- Botsford, L.W., Quinn, J.F., Wing, S.R. and Brittnacher, J.G. 1993.** Rotating spatial harvest of a benthic invertebrate, the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*. En Proceedings of the International Symposium Management Strategies for Exploited Fish Populations, *Editado por* G. Kruse, D.M. Eggers, R.J. Marasco, C. Pautzke y T.J. Quinn II. Alaska Sea Grant College Program, AK-SG-93-02: 409-428.
- Botsford, L.W., Smith, B.D., Wing, S.R. y Quinn, J.F. 1994.** Bimodality in size distributions: the red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* as an example. Ecological Applications 4: 42-50.
- Botsford, L.W., Wing, S.R., y Largier, J. 1998.** Population dynamics and management implications of larval dispersal. South African Journal of Marine Science 19: 131-142.
- Bradbury, A. 1990.** Management of the commercial dive fisheries for sea urchins and sea cucumbers. In J.W. Armstrong and A.E. Copping (eds.), Status and Management of Puget Sound's Biological Resources, pages 56-65. Seattle, Washington.
- 1991.** Management and stock assessment of the red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) in Washington State: periodic rotation of the fishing grounds. J. Shellfish Res. 10: 233 (abstract only).



- Bustos, E., Robotham, H. y Guarda, M. 1982.** Estudio biológico-pesquero del recurso erizo (*Loxechinus albus*) en la X Región. IFOP (Informe Interno), 274 pags.
- Butler, M., C. LeBlanc, J. Belbin y J. MacNeil. 1990.** Cartografía de recursos marinos: un manual de introducción. FAO, documento técnico de pesca N° 274. 281 p.
- Butterworth, D.S. and A.E. Punt. 1999.** Experiences in the evaluation and implementation of management procedures. ICES J. Mar. Sc. 56:985-998.
- Caddy, J.F. y Carocci, F. 1999.** The spatial allocation of fishing intensity by port-based inshore fleets: a GIS application. ICES J. mar. Sci. 56: 388-403.
- Caddy, J.F. y Seijo, J.C.. 1998.** Application of a spatial model to explore rotating harvest strategies for sedentary species. En G.S. Jamieson y A. Campbell, editores: Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Canad. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125: 359-368.
- California Department of Fish and Game (CDF&G). 1994.** Draft fishery management plan for the 1994 California commercial red sea urchin fishery. CDF&G, Sacramento, 13 pp, tables, figures.
- Castilla, J.C., Manríquez, P., Alvarado, J., Rosson, A., Pino, C., Espoz, C., Soto, R., Oliva, D. and Defeo, O. 1998.** Artisanal “caletas” as units of production and co-managers of benthic invertebrates in Chile. In G.S. Jamieson and A. Campbell, eds., *Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management*, Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125: 407-413.



- Charles, A. 2001.** *Sustainable Fishery Systems*. Fish and Aquatic Resources Series 5. Blackwell Science, Publ. (Oxford, UK), 370 pages.
- Clark, C.W. 1976.** *Mathematical Bioeconomics*. Wiley-Interscience, publ.
- 1996.** Marine reserves and the precautionary management of fisheries. *Ecol. Appl.* 6: 369-370.
- Deriso, R., Quinn, T., Collie, J., Hilborn, R., Jones, C., Lindsay, B., Parma, A., Saila, S., Shapiro, L., Smith, S.J. y Walters, C. 1998.** Improving Fish Stock Assessments. Nat. Res. Council, 177 pp. National Academy Press.
- Dikinson, G. 1985.** Maps and air photographs: images of the earth. London, Edward Arnold, 348 pp.
- Ebert, T.A. 1982.** Longevity, life history, and relative body-wall size in sea urchins. *Ecological Monographs* 54: 353-394.
- 1987.** Estimating growth and mortality parameters by nonlinear regression using average size in catches. En D. Pauly *et al.*, eds., "Length-Based Methods in Fisheries Research", ICLARM (Manila), Conference Proceedings 13: 34-44.
- 1988.** Calibration of natural growth lines in ossicles of two sea urchins, *Strongylocentrotus purpuratus* and *Echinometra mathaei*, using tetracycline. En R.D. Burke *et al.*, editores: *Echinoderm Biology- Proceedings of the 6th International Echinoderm Conference*; 435-443. Balkema (Rotterdam).
- 1995.** Review of the draft commercial sea urchin fishery management plan prepared by the California Department of Fish & Game (CDF&G), 26 pages. (MS). Anexo a CDF&G (1994): Draft fishery management plan for the 1994 California commercial red sea urchin fishery. CDF&G (Sacramento), 13 pp y 9 figs.



- Ebert, T., DeMartini, J., Kato, S. y Reed, D. 1995.** Review of the draft management plan for the California commercial red sea urchin fishery. Texto dividido en cuatro secciones, numeradas independientemente.
- Ebert, T.A., Dixon, J.D., Schroeter, S.C., Kalvass, P.E., Richmond, N.T., Bradbury, W.A. y Woodby, D.A. 1999.** Growth and mortality of red sea urchins *Strongylocentrotus franciscanus* across a latitudinal gradient. Mar. Ecol. Progr. Ser. 190: 189-209.
- Ebert, T.A. y Russell, M.P. 1988.** Latitudinal variation in size structure of the west coast purple sea urchin: a correlation with headlands. Limnology & Oceanography 33: 286-294.
- 1992.** Growth and mortality estimates for red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* from San Nicolas Island, California. Marine Ecology Progress Series 81: 31-41.
- 1993.** Growth and mortality of subtidal red sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*) at San Nicolas Island, California, USA: problems with models. Marine Biology 117: 79-89.
- Ebert, T.A., Schroeter, S.C., y Dixon, J.D. 1993.** Inferring demographic processes from size-frequency distributions: effect of pulsed recruitment on simple models. Fishery Bulletin 91: 237-243.
- Ebert, T.A., Schroeter, S.C., Dixon, J.D. y Kalvass, P. 1994.** Settlement patterns of red and purple sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*) in California, USA. Mar. Ecol. Progr. Ser. 111: 41-52.
- Fournier, D.A. y Breen, P.A. 1983.** Estimation of abalone mortality rates with growth analysis. Transactions of the American Fisheries Society 112: 403-411.



Gage, J.D. 1991. Skeletal growth zones as age-markers in the sea urchin *Psammechinus miliaris*. *Marine Biology* 110: 217-228.

Gálvez, M. 1996. Evaluación indirecta del stock de erizo (*Loxechinus albus*) al sur del Estrecho de Magallanes (Chile), durante la temporada 1995. en. P. Arana. 1996. Informe Final Programa de Investigación: “Análisis de la pesquería y evaluación del stock del erizo (*Loxechinus albus*), explotado en la región de Magallanes. U. Católica de Valparaíso. Escuela de Ciencias del Mar. p. 253 – 286.

Gebauer, P. 1992. Validación experimental de los anillos de crecimiento de *Loxechinus albus* (Molina, 1782) en la reserva marina de Mehuin, Chile. Tesis, Universidad Austral de Chile (Valdivia), 66 pags.

Gebauer, P. y Moreno, C.A. 1995. Experimental validation of the growth rings of *Loxechinus albus* (Molina, 1782) in southern Chile (Echinodermata: Echinoidea). *Fisheries Research* 21: 423-435.

Geocom. 1995. Resumen Curso básico “Capacitación en el uso de equipos GPS Magellan, modelo Promar X. Santiago. 17 p.

1996. Resumen Curso básico “Sistema satelital GPS”. Santiago. 87 p.

* Godoy, C. Y San Martín, G. 1988. Repoblación de *Loxechinus albus* (Molina) en la Décima Región (Chiloé). IFOP, 9 pags., anexos, tablas, cartas.

[Síntesis cualitativa de Norambuena *et al.*, 1976, Aranda y Gili, 1978, y Bustos *et al.*, 1982]

Guisado, C., Arias, E., Pérez, E., Galleguillos, F. Y Valdebenito, M. 1998. Estudio reproductivo del erizo en las Regiones I a VIII. Universidad



Católica del Norte (Sede Coquimbo), Dep. de Biología Marina, FIP, Proyecto No 96-44, Informe Final, 233 pags.

Hagen, N.T. 1995. Recurrent destructive grazing of successionaly immature kelp forests by green sea urchins in Vestfjorden, Northern Norway. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 123: 95-106.

Harrold, C. y Pearse, J.H. 1987. The ecological role of echinoderms in kelp forests. *Echinoderm Studies* 2: 137-233.

Herrera, R. 1995. Datum de geodesia clásica y satelital. *Perú Minero* N° 3. 20-25.

Hilborn, R. y Walters, C.J. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment.* Chapman & Hall, 570 pages.

Houde, E., Coleman, F.C., Dayton, P., Fluharty, D., Kelleher, G., Palumbi, S., Parma, A.M., Pimm, S., Roberts, C., Smith S., Somero, G., Stoffle, R. y Wilen, J. 2000. *Marine Protected Areas: Tools for Sustaining Ocean Ecosystems.* Ocean Studies Board, National Research Council, 181 pp + apéndices. National Academy Press (Washington, DC)

Inostroza C., Félix; Robotham V., H.; Salas A., R. Y Serey F., I. 1983. Cartas de distribución de los recursos bento-demersales de las aguas interiores de la X, XI y XII Región. Cartas. CORFO/IFOP, 54 cartas, 20 láminas.

Jerez, G., Barahona, N., Miranda, H., Ojeda, V., Brown, D., Osorio, C., Olguin, A. y Orensanz, J.M. 1999. Estudio biológico-pesquero de los recursos tawera (*Tawera gayi*) y culengue (*Gari solida*) en la X Región. Fondo de Investigaciones Pesqueras (FIP), Proyecto No 97-29, Informe Final, 149 pags., figuras, tablas. IFOP (Valparaíso).



- Jerez, G., Barahona, N., Muñoz, A., Lozada, E. y Asencio, V. 1997.** Monitoreo de la pesquería del recurso erizo en la XII Región. FIP 94-27^a (Informe Final), 70 pags., figuras, tablas, anexos.
- Johnson, C.R. y Mann, K.H. 1993.** Rapid succession in subtidal understory seaweeds during recovery from overgrazing by sea urchins in eastern Canada. *Botanica Marina* 36: 63-77.
- Jones, C. 1977.** Sea urchins -Washington's newest fishery- presents some prickly-problems. *Proceedings of the National Shellfisheries Association* 67: 128 (abstract only).
- Jordana, E., Guillou, M. y Lumnigas, L.J.L. 1997.** Age and growth of the sea urchin *Sphaerechinus granularis* in southern Britany. *J. mar. biol. Ass. UK* 77: 1199-1212.
- Kenner, M.C. 1992.** Population dynamics of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* in a Central California kelp forest: recruitment, mortality, growth and diet. *Marine Biology* 112: 107-118.
- Lai, H.-L. y Bradbury, A. 1998.** A modified catch-at-size analysis model for a red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) population. *En Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Editado por G.S. Jamieson and A. Campbell. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 125: 85-96.
- Lauck, T. 1996.** Uncertainty in fisheries management. *In Fisheries and Uncertainty- A precautionary approach to resource management. Edited by D.V. Gordon and G.R. Munro. Univ. Calgary Press,* pp. 91-105.



- Leinaas, H.P. y Christie, H. 1996.** Effects of removing sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*): stability of the barren state and succession of kelp forest in the east Atlantic. *Oecologia* 105: 524-536.
- Levitan, D. 1991.** Influence of body size and population density on fertilization success and reproductive output in a free-spawning invertebrate. *Biol. Bull.* 181: 261-268.
- Levitan, D. R., and Sewell, M.A. 1997.** Fertilization success in free-spawning marine invertebrates: review of the evidence and fisheries implications. En. G.S.Jamieson y A. Campbell, editores: *Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management.* *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 125: 159-164.
- Microimages, 1997.** TNTmips. The map and image processing system: User's Guide, NE, USA.
- Montecinos Carvajal, M. 2000.** Las Areas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos: genesis, desarrollo, implementación e implicancias para la conservación de los recursos bentónicos de Chile. Tesis de Grado, Universidad Austral de Chile (Valdivia), 123 pages.
- * **Moreno, C. Y Zuleta, A. 1996.** Investigación complemento pesquería erizo 1995. Código BIP No 20091131-1. Univ. Austral de Chile, 48 pags., anexos
- [La copia de IFOP, disponible durante el desarrollo del taller, está encuadrada con otros documentos de la misma serie, de otros años: BIP No 20039061/1991 y BIP No 20031748/1990 (Ambas publicadas en 1994).



- Naranjo, F. 1997.** Determinación de un procedimiento para reordenar la distribución de los cultivos de algas en el río Pudeto, X Región, en base a las mediciones efectuadas con equipos GPS. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, UCV, 87 pp.
- Norambuena, R., González, L. Y Hirenaks, L.H. 1976.** Evaluación de la población de erizos en sector de la Isla de Chiloé (Lat. 42° S 50' S y Lat.43° 29'S) IFOP (Informe Interno), 50 pags.
- Orensanz, J.M. (aceptado)** Derechos de uso territorial como instrumento para el manejo en pesquerías: Antecedentes. En G. San Martín, ed.: *Taller Areas de Manejo*. Subsecretaría de Pesca, Chile. Puerto Montt, Agosto 16-17, 2001.
- Orensanz, J.M., Hilborn, R. y Parma, A.M. 2001.** Harvesting Methuselah's clams- Is the geoduck fishery sustainable, or just apparently so? Preparado para la Underwater Harvesters Association, BC, Canada. PSARC-2000, 38 pp.
- Orensanz, J.M. y Jamieson, G.S. 1998.** The assessment and management of spatially structured stocks. En G.S. Jamieson y A. Campbell, editores: *Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management*. Canad. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125: 441-459.
- Parma, A.M. y NCEAS working group on population management. 1998.** What can adaptive management do for our fish, forests, food and biodiversity? *Integrative Biology* 1:16-26.
- Parma, A.M. 2002.** In search of robust harvest rules for Pacific halibut in the face of uncertain assessments and decadal changes in productivity. *Bulletin of Marine Science* (en prensa).



Pearse, J.S. y Hines, A.H. 1979. Expansion of a Central California kelp forest following the mass mortality of sea urchins. *Marine Biology* 51: 83-91.

1987. Long-term population dynamics of sea urchins in a central California kelp forest: rare recruitment and rapid decline. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 39: 275-283.

Pennington, J.T. 1985. The ecology of fertilization of echinoid eggs: the consequences of sperm dilution, adult aggregation and synchronous spawning. *Biol. Bull.* 169: 417-430.

Pfister, C.A. y Bradbury, A. 1996. Harvesting red sea urchins: recent effects and future predictions. *Ecol. Appl.* 6: 298-310.

Quinn, J.F., Wing, S.R. and Botsford, L.W. 1993. Harvest refugia in marine invertebrate fisheries: models and applications to the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*. *Amer. Zool.* 33: 537-550.

Reyes, A., Barahona, N., Carmona, A., Rojas, C., Arias, E., Pezo, V., Asencio, V. y Lozada, E. 1995. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales bentónicas, III, IV y X Región, 1994. IFOP, 96 pags., anexos.

* **Rivas, D. 1988.** Programa de evaluación de stocks en recursos bentónicos: loco (*Concholepas concholepas*) y erizo (*Loxechinus albus*). Proyecto PNUD/FAO CHI/83/015 ("Desarrollo Pesquero"). Actividad No 6: Crecimiento y edad en los recursos loco y erizo. 63 pags., anexos.

[Primariamente una recopilación de antecedentes]

Scheibling, R.E. 1994. Interactions among lobsters, sea urchins, and kelp in Nova Scotia, Canada. En David *et al.*, editores: *Echinoderms through Time*, pp. 865-870. Balkema (Rotterdam).



- 1996.** The role of predation in regulating sea urchin populations in eastern Canada. *Oceanologica Acta* 19: 421-430.
- Scheibling, R.E. y Raymond, B.G. 1990.** Community dynamics on a subtidal cobble bed following mass mortalities of sea urchins. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 63: 127-145.
- Schipman, R. 1995.** Bases biopescueras para la administración del recurso erizo (*Loxechinus albus*, Molina 1782) en la XI región, Chile. Tesis de Grado de Licenciado en Biología Marina. Escuela de biología Marina. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 38 p.
- Scheibling, R.E. 1994.** Interactions among lobsters, sea urchins, and kelp in Nova Scotia, Canada. En David *et al.*, editores: *Echinoderms through Time*, pp. 865-870. Balkema (Rotterdam).
- 1996.** The role of predation in regulating sea urchin populations in eastern Canada. *Oceanologica Acta* 19: 421-430.
- Scheibling, R.E. y Raymond, B.G. 1990.** Community dynamics on a subtidal cobble bed following mass mortalities of sea urchins. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 63: 127-145.
- Seber, G.A.F. 1982.** The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters. Oxford University Press (New York).
- Smith, B.D. y Botsford, L.W. 1998.** Interpretation of growth, mortality, and recruitment patterns in size-at-age, growth increment, and size frequency data. . *En Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Editado por G.S. Jamieson and A. Campbell.* *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 125: 125-140.



Smith, B.D., Botsford, L.W. y Wing, S.R. 1998. Estimation of growth and mortality parameters from size frequency distributions lacking age patterns: The red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) as an example. Can.. J.. Fish.. Aquat.. Sci. 55: 1236-1247.

* **Subsecretaría de Pesca (Chile).** ¿?. Evaluación de los stocks del recurso erizo de las Regiones X y XI. Informe Técnico, 5 pags., tablas, figs.

Sullivan, P.J., Lai, H.L. y Gallucci, V.F. 1990. A catch-at-length analysis that incorporates a stochastic model of growth. Canadian Journal of Fishery and Aquatic Sciences 47: 184-198.

Tanaka, M. 1982. A new growth curve which expresses infinite increase. Publications of the Amakusa Marine Biological Laboratory 6: 167-177.

1988. Eco-physiological meaning of parameters of ALOG growth curve. . Publications of the Amakusa Marine Biological Laboratory 9: 103-106.

Tegner, M. y Dayton, P.K. 1977. Sea urchin recruitment patterns and implications for commercial fishing. Science 196: 2324-326.

1987. El Niño effects on Southern California kelp forest communities. Advances in Ecological Research 17: 243-279.

1991. Sea urchins, El Niños, and the long term stability of Southern California kelp forest communities. Mar. Ecol. Progr. Ser. 77: 49-63.

* **Valladares, C. Et al. (Consultores BIOMAR Ltda.). 1999.** Análisis bioeconómico del recurso erizo en la XII Región. FIP-IT/97-31, 131 pags.

[Contiene los datos y análisis de Stotz para la Dawson y Cockburn, además de análisis de CPUE y cálculos bioeconómicos].



- Walters, C.J. 1986.** Adaptive management of renewable resources. MacMillan, 384 pp.
- Walters, C.J., Hall, N., Brown, R. and Chubb, C. 1993.** Spatial model for the population dynamics and exploitation of the Western Australian rock lobster, *Panulirus cygnus*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 1650-1662.
- Wing, S. R., Botsford, L.W., and Quinn, J.F. 1998.** The impact of coastal circulation on the spatial distribution of invertebrate recruitment, with implications for management. En G.S. Jamieson and A. Campbell, editores: Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125: 285-294.
- Wing, S.R., Largier, J.L., Botsford, L.W. y Quinn, J.F. 1995.** Settlement and transport of benthic invertebrates in an intermittent upwelling region. Limnology and Oceanography 40: 316-329.
- Zabala V., A. 1987.** Determinación de una metodología para establecer edad en el erizo comestible *Loxechinus albus* (Molina 1782). Tesis de Técnico Marino, Biotecmar, Pontificia Universidad Católica de Chile (Sede Regional Talcahuano), 54 pags., anexos.

T A B L A S

Tabla 3.1 Número de muestras por rango de tallas, lugar y fecha de muestreo

Punta Lile (X Región)					Canal Leucayec (XI Región)				
Rango (mm)	Abril	Agst	Nov.	Febr	Rango (mm)	Abril	Agst	Nov.	Febr
	n	n	n	n		n	n	n	n
10,0 - 14,9	0	6	20	1	10,0 - 14,9	20	0	0	0
15,0 - 19,9	0	10	10	4	15,0 - 19,9	20	9	3	10
20,0 - 24,9	0	10	10	10	20,0 - 24,9	20	8	10	10
25,0 - 29,9	7	100	10	10	25,0 - 29,9	20	10	10	10
30,0 - 34,9	20	10	10	10	30,0 - 34,9	20	10	10	10
35,0 - 39,9	20	10	10	10	35,0 - 39,9	20	10	10	10
40,0 - 44,9	20	10	10	10	40,0 - 44,9	20	10	10	10
45,0 - 49,9	20	10	10	10	45,0 - 49,9	20	10	10	10
50,0 - 54,9	20	10	10	10	50,0 - 54,9	20	10	10	10
55,0 - 59,9	20	10	10	10	55,0 - 59,9	20	10	10	10
60,0 - 64,9	20	10	10	10	60,0 - 64,9	20	10	10	10
65,0 - 69,9	20	10	10	10	65,0 - 69,9	20	10	10	10
70,0 - 74,9	20	10	10	10	70,0 - 74,9	20	10	10	10
75,0 - 79,9	7	7	10	5	75,0 - 79,9	14	2	10	10
80,0 - 84,9	3	2	10	2	80,0 - 84,9	0	0	4	5
85,0 - 89,9	0	0	8	0	85,0 - 89,9	0	0	5	4
90,0 - 94,9	0	0	4	0	90,0 - 94,9	0	0	2	1
95,0 - 99,9	0	0	1	0	95,0 - 99,9	0	0	0	0

Tabla 3.2 Resumen de respuesta de ejemplares inducidos al desove

RANGO DE TALLA (mm)	TOTAL EJEMPLARES	SIN RESPUESTA	MACHOS	HEMBRAS
40-50	50	50	-	-
50-60	33	30	1	2
60-70	31	12	10	9
70-80	41	14	17	10
80-90	42	14	17	11
90-100	17	14	2	1
100-110	1	1	-	-

Tabla 4.1 Establecimiento de períodos de veda, su decreto, cobertura y temporada, para el recurso erizo.

VEDA	DECRETO / AÑO	COBERTURA	PERIODO
Reproductiva	D.S. MINECON N° 382/81	I a XI región, XII región libre.	01/nov – 01/mar
Reproductiva	D.S. MINECON N° 223/86 y N° 291/87	I a XI región, XII región libre.	15/oct – 15/ene
Reproductiva	D.Ex. MINECON N° 141/94	XII región	15/ago - 30/nov
Reproductiva	D.Ex. MINECON N° 172/95	XII región	01/sep - 31/oct
Reproductiva	D.Ex. MINECON N° 275/99	XII región	15/ago - 15/mar
Reproductiva	D.Ex. MINECON N° 439/2000. VIGENTE	X a XI región	16/ene - 01/mar Se extendió la veda desde el 15/oct al 01/mar
Reproductiva	D.Ex. MINECON N° 774/2000.	XII región	15/ago -20/nov y 31/dic – 15/mar. Se suspendió la veda de manera temporal entre el 20/nov y el 31/dic

Tabla 4.2 Tallas mínimas legales a las que ha estado sujeto el recurso erizo en Chile.

TML	DECRETO	COBERTURA
10 cm	D.S. del MINECON N°1.548 de 1934 y Decreto N°49/15-01-1965	Chile
8 cm	D.S. del MINECON N°494/80	Chile
7 cm	D.S. del MINECON N°144/86 y N°291/87. VIGENTE	Chile

Tabla 4.3 Puertos monitoreados por IFOP. 1984 – 2001

Puerto	Año
Los Molinos*	ene-feb 2001
Bahia Mansa**	1985 - ene-feb 2001
Estaquilla*	ene-feb 2001
Mauilín	1995 y 1996
Carelmapu	1985 a 2001
Pargua**	1986 -2001
Ancud	1985 a 2001
Pudeto	1995 al 2001
Dalcahue	1984 a 1993; 1998 al 2001
Queilén	1984 a 1993
Quellón	1984 -2001
Melinka	1994 a 2001
Puerto Chacabuco	1994 a 1995 y 1996 a 2001

(*): Puertos monitoreados en proyectos de Pesca de Investigación de erizo

(**): Ambos puertos pertenecieron a la red de monitoreo el año 1985 y 1986 respectivamente y el año 2001 se monitorearon sólo en período de pesca de investigación

Tabla 4.4 Variables recopiladas a través del registro diario de captura. 1984 – 2001

1984 – 1994	1992 - 2001
Ubicación del puerto	Ubicación del puerto
Nombre del puerto de recalada	Nombre del puerto de recalada
Fecha y hora de zarpe y recalada	Fecha y hora de zarpe y recalada
Matrícula de la embarcación	Matrícula de la embarcación
Nombre de la procedencia	Nombre de la procedencia
Captura	Captura
	Unidad de desembarque
Destino de la captura	Destino de la captura
Profundidad Media de buceo	Profundidad Media de buceo
Horas de buceo	Horas de buceo
Número de buzos	Número de buzos
	Precio de venta en playa

Tabla 4.5 Desembarques muestreados (t) por IFOP y oficiales para las regiones X y XI sumadas.

Años	Capturas IFOP	SERNAPESCA	%Muestreado
1988	9,271	20,975	44.20
1989	12,263	25,198	48.67
1990	9,629	15,020	64.11
1991	8,971	19,348	46.37
1992	12,155	25,863	47.00
1993	6,673	19,379	34.43
1994	9,692	22,262	43.54
1995	7,181	25,452	28.21
1996	9,364	22,066	42.44
1997	6,839	16,406	41.69
1998	4,099	13,394	30.60
1999	11,351	24,557	46.22
2000	18,746	32,660	57.40

Tabla 4.6 Número de procedencias registradas por puerto de desembarque. Las celdas de la matriz muestran el número de procedencias comunes accedidas desde distintos puertos.

Puerto	Total	Exclu- sivas	Carel- mapu	Ancud	Dalcahue	Queilén	Quellón	Melinka	Pto. Chac.
Carelmapu	10	7	10	3	0	0	1	0	0
Ancud	11	7	3	11	1	0	1	0	0
Dalcahue	35	15	0	1	35	13	15	4	0
Queilén	53	20	0	0	13	53	29	10	0
Quellón	211	92	1	1	15	29	211	83	27
Melinka	118	31	0	0	4	10	83	118	19
Pto. Chac.	65	34	0	0	0	0	27	19	65

Tabla 4.7 Nomina de los principales recursos explotados por los buzos

N°	Recurso	Nombre científico
1	Almeja	<i>Venus antiqua</i>
2	Culengue	<i>Gari solida</i>
3	Jaiba	<i>Homalaspis sp., Cancer sp.</i>
4	Pulpo	<i>Enteroctopus megalocyatus</i>
5	Huepo	<i>Ensis macha</i>
6	Luga	<i>Iridae sp.</i>
7	Picuyo	<i>Argobuccinum sp.</i>
8	Erizo	<i>Loxechinus albus</i>
9	Congrio	<i>Genypterus sp.</i>
10	Piure	<i>Pyura chilensis</i>
11	Cangrejo	<i>Taliepus sp.</i>
12	Cholga	<i>Aulacomya atra</i>
13	Choro	<i>Mytilus chilensis</i>
14	Loco	<i>Concholepas concholepas</i>
15	Picoroco	<i>Austromegabalanus psittacus</i>
16	Mantaraya	<i>Myliobatis chilensis</i>
17	Pejegallo	<i>Callorhynchus callorhynchus</i>
18	Robalo	<i>Eleginops maclovinus</i>
19	Centolla	<i>Lithodes sp</i>
20	Ostra	<i>Tiostrea chilensis</i>

Tabla 4.8 Volumen y cantidad de huevos en hembras con respuesta a la inducción.

DIAMETRO EJEMPLAR (mm)	VOLUMEN HUEVOS (ml)	NUMERO HUEVOS
50	0,2	30000
54.5	1,4	210000
61	1	150000
63	4,3	645000
63.5	4	600000
64.5	3,1	465000
64.8	1,7	255000
65	1	150000
66	2,8	420000
66.5	2,3	345000
67.6	2,1	315000
70.5	4,1	615000
71.2	8,3	1245000
71.8	8,1	1215000
74	4,1	615000
74	2,6	390000
74.2	11	1650000
75	3,7	555000
77	7,5	1125000
77.5	1,5	225000
78.8	3,2	480000
80	0,8	120000
80	7,8	1170000
80	4,4	660000
80.5	2	300000
80.5	2,1	315000
81	0,5	75000
81.5	1,6	240000
83.9	9,1	1365000
84	3	450000
85.6	2,8	420000
88	3,3	495000
92	0,9	135000

FIGURAS

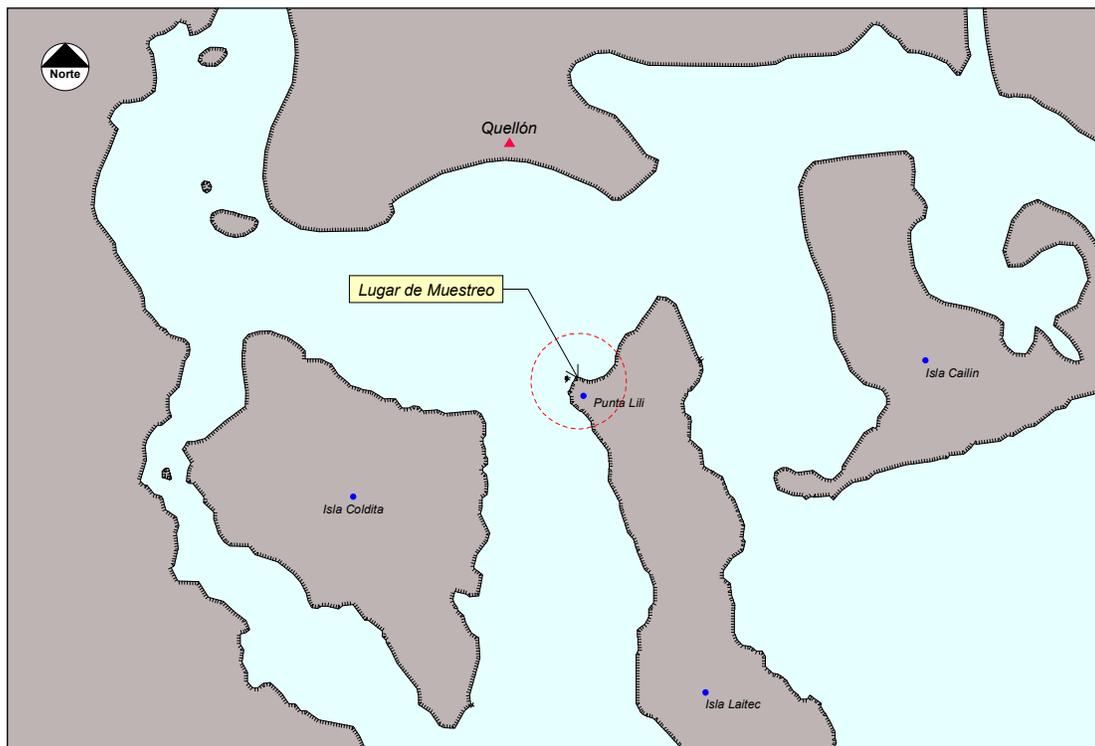


Figura 3.1 Ubicación general del sitio denominado Piedra Lile, situado unos 5 Km al sur de la ciudad de Quellón en la isla de Chiloé, décima región del país.

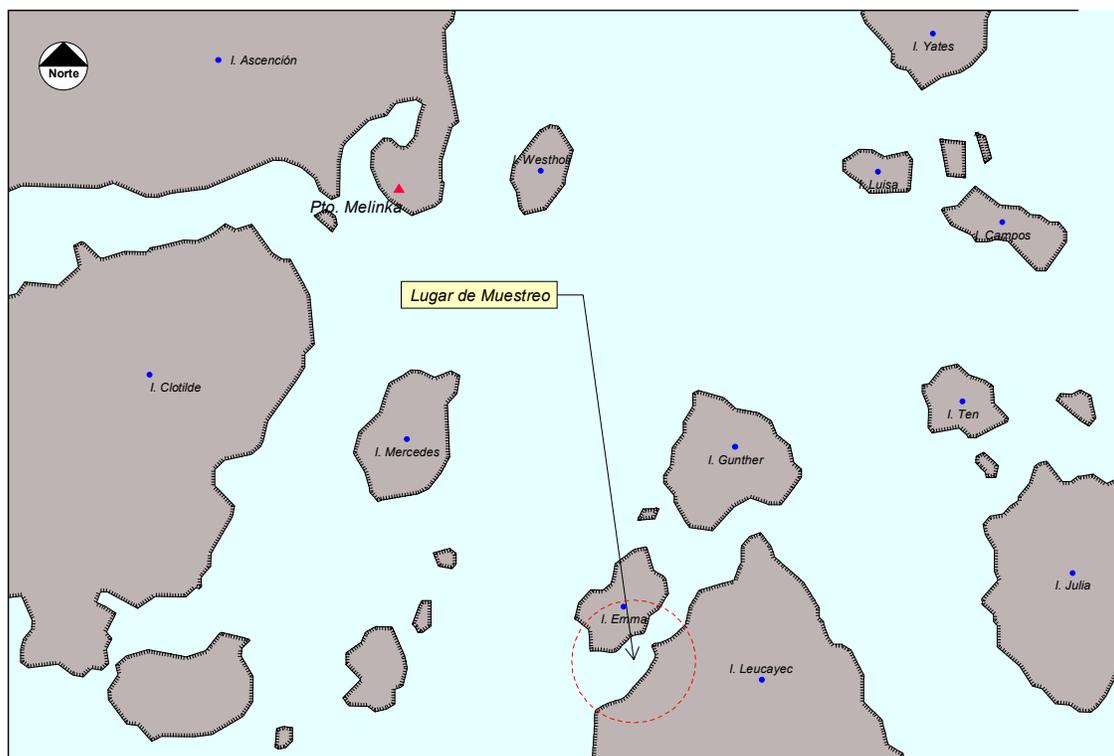


Figura 3.2 Ubicación general del sitio llamado Canal Leucayec, situado a 8 km al suroeste de Melinka, archipiélago de la Guaitecas, undécima región de Chile.

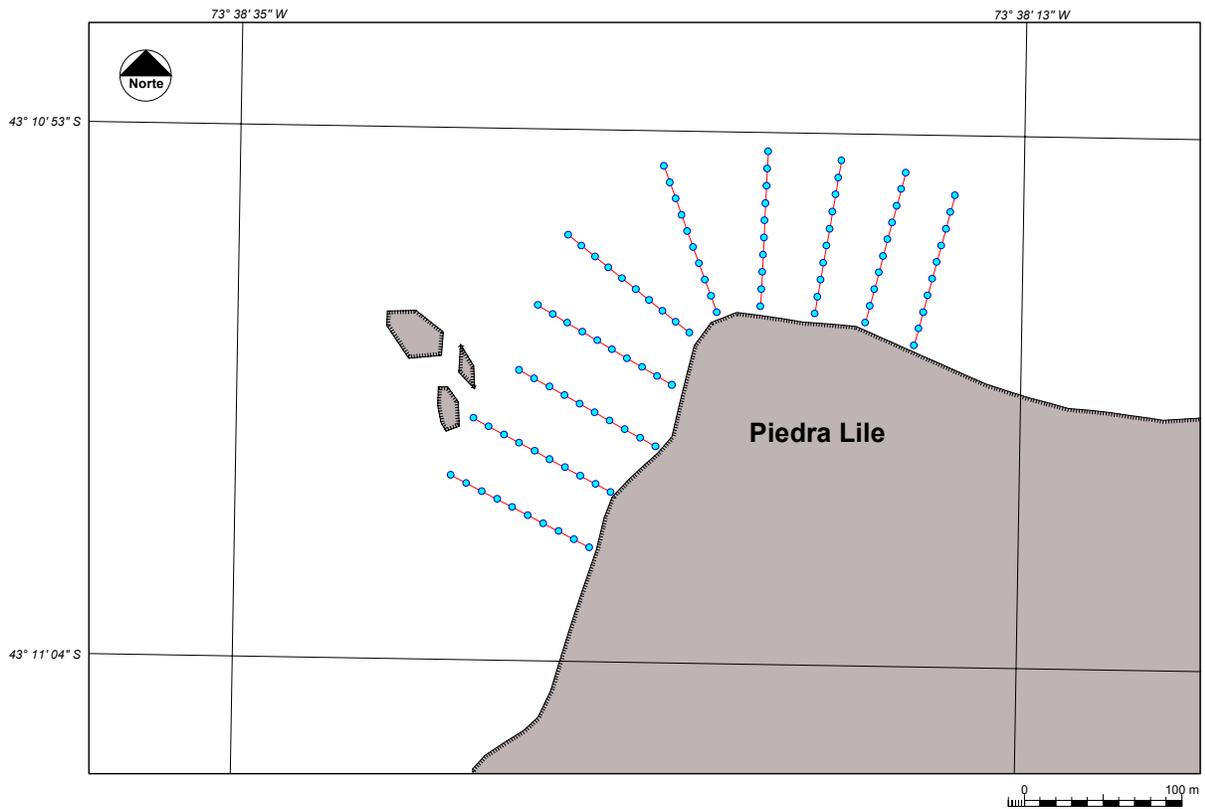


Figura 3.3 Disposición georreferenciada de las líneas de transectas fijas y sus estaciones de muestreo en el sitio denominado Piedra Lile.

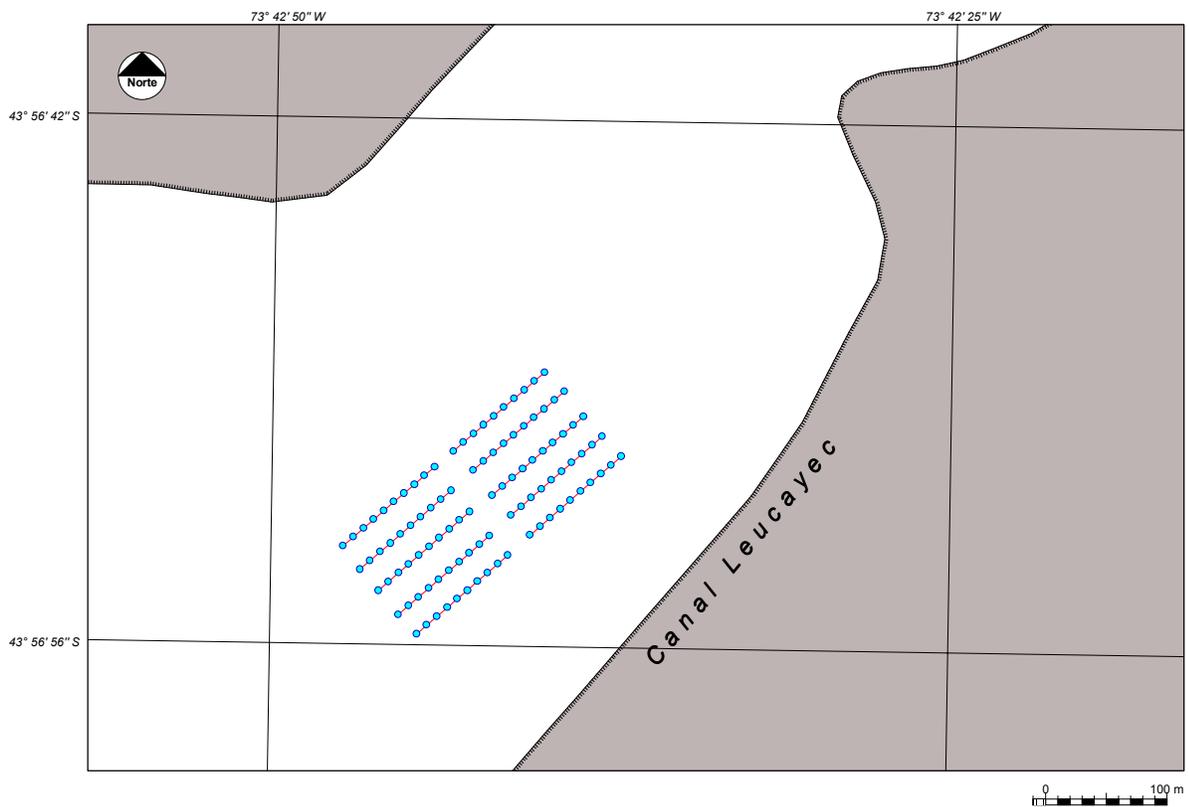


Figura 3.4 Ubicación de las líneas fijas de muestreo en el Canal Leucayec. La disposición en sentido longitudinal al eje principal del Canal favorece el trabajo con las corrientes mareales

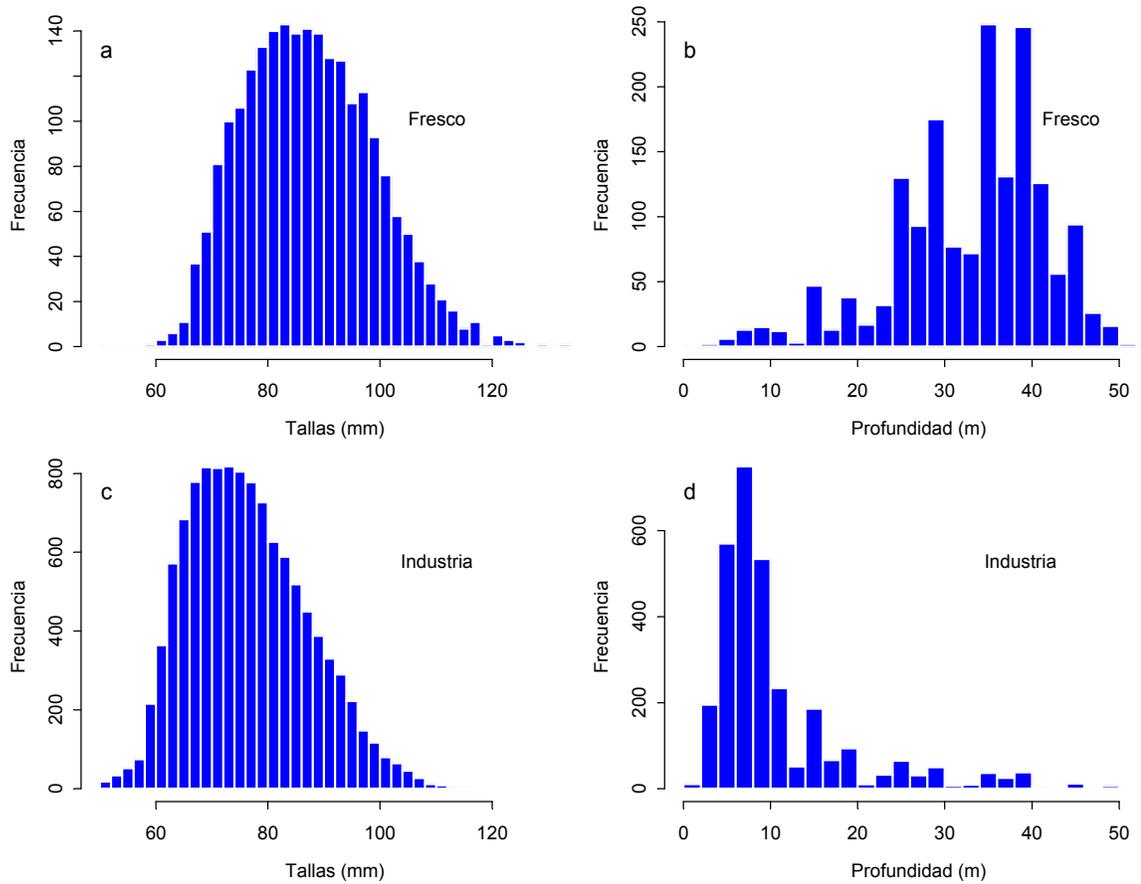


Figura 4.1 Distribución de frecuencias de tallas y de profundidades de buceo para la pesca destinada al consumo en fresco (arriba) y a la industria (abajo). Información registrada por el programa de monitoreo en las Regiones X y XI en el año 1999.

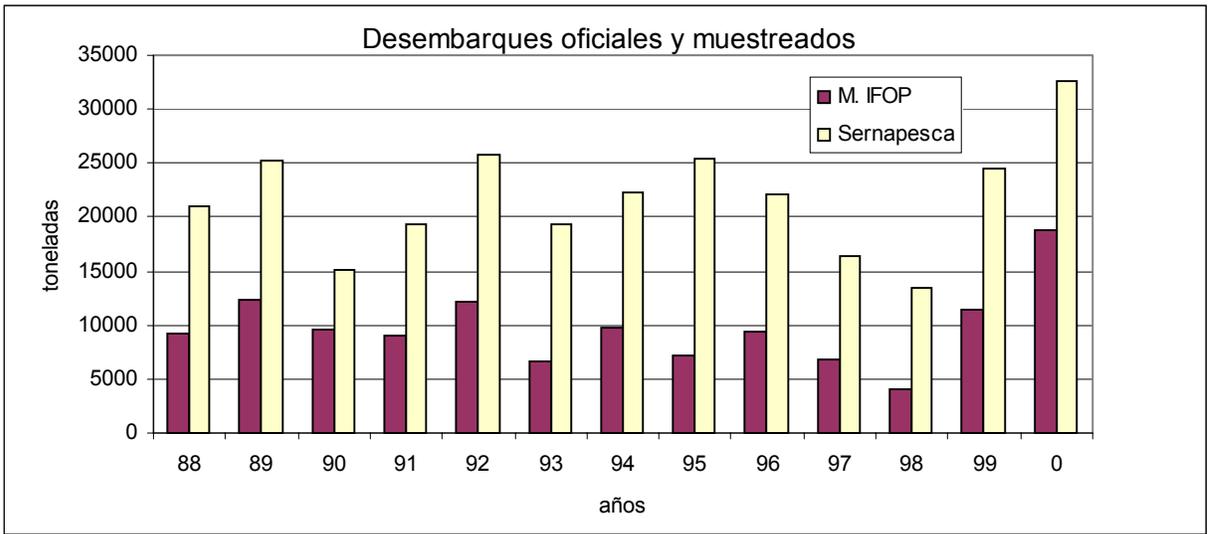


Figura 4.2 Desembarques totales de erizo registrados en SERNAPESCA y muestreados por IFOP.

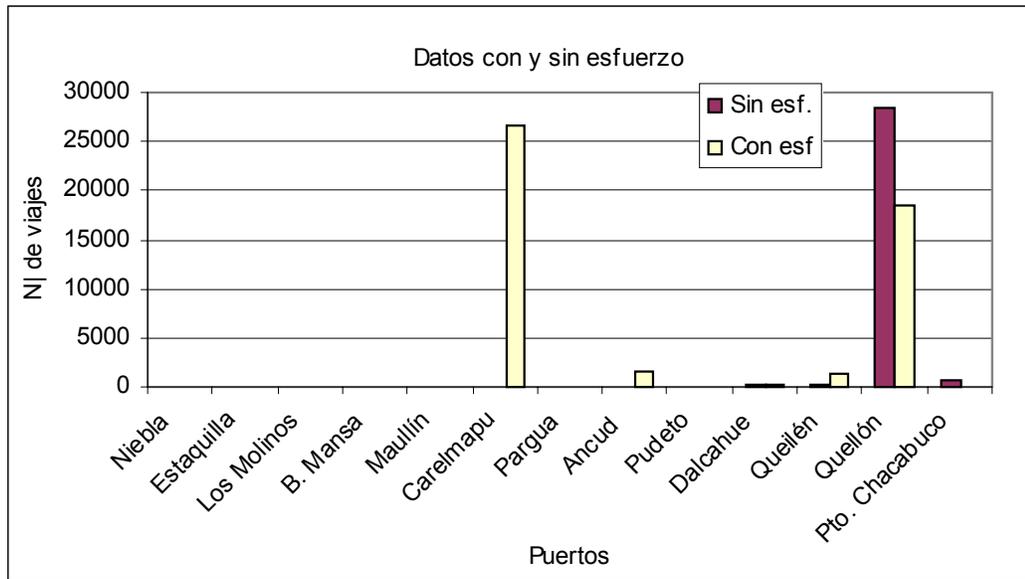


Figura 4.3 Número de viajes con y sin información de esfuerzo para los distintos puertos.

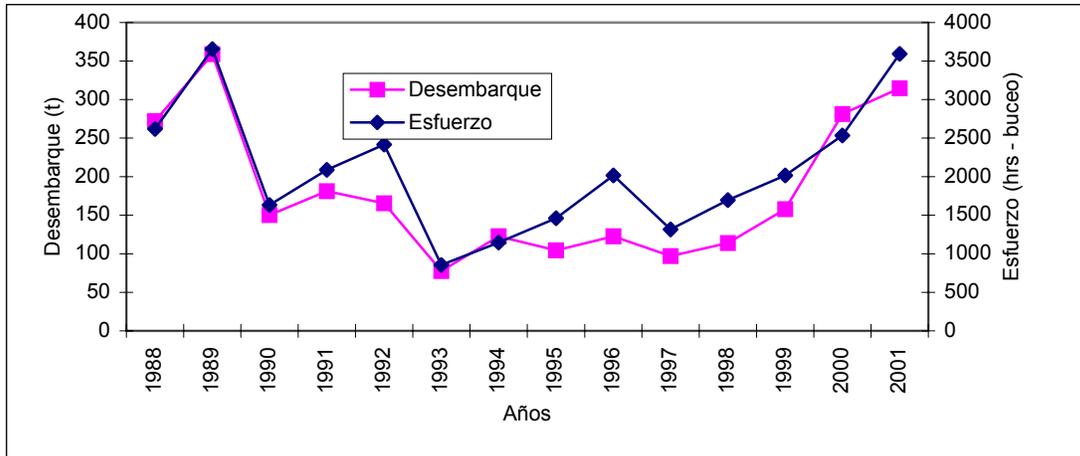


Figura 4.4 Desembarque (t) y esfuerzo de pesca (horas de buceo) muestreado para la pesquería de erizo destinada al consumo en fresco. X Región.

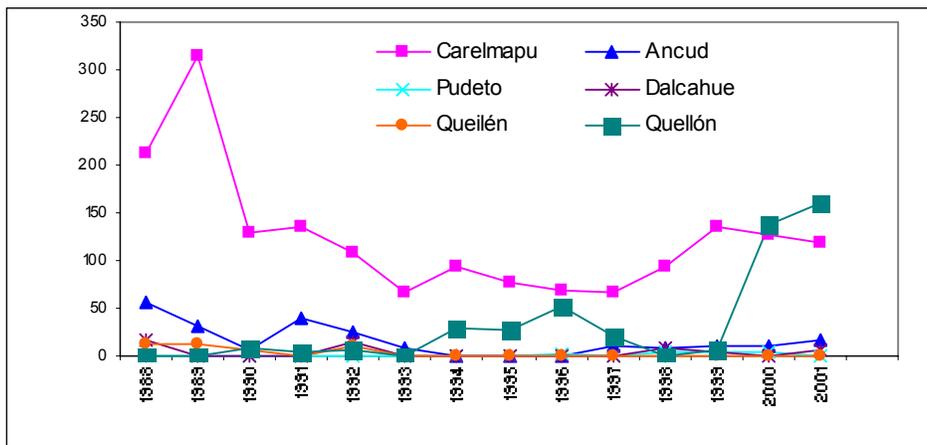


Figura 4.5 Desembarque (t) de erizo destinado al consumo en fresco cubierto por el programa de monitoreo en puertos de la X Región.

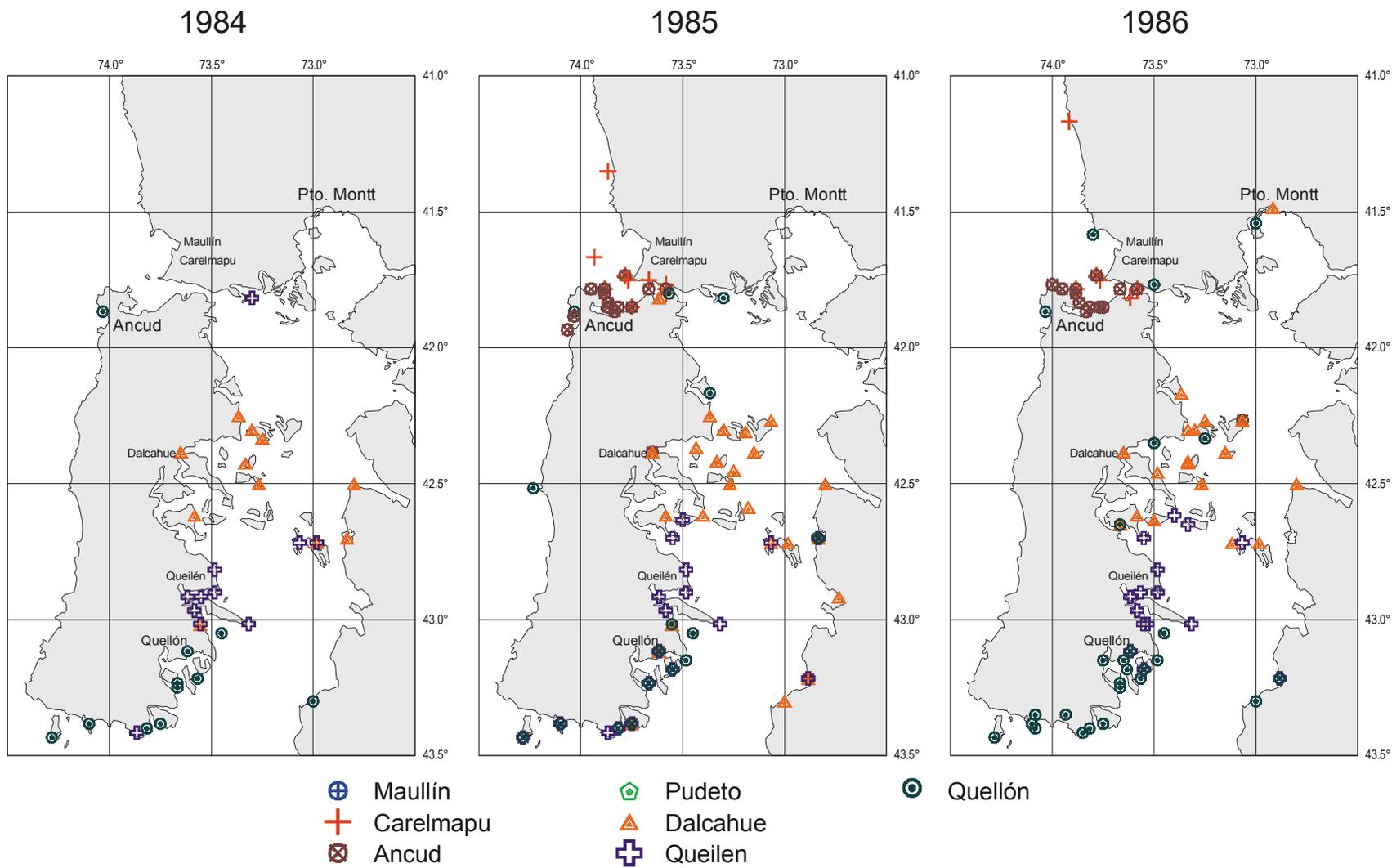


Figura 4.6 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en la X Región, por puertos de desembarques. Años 1984, 1985 y 1986.

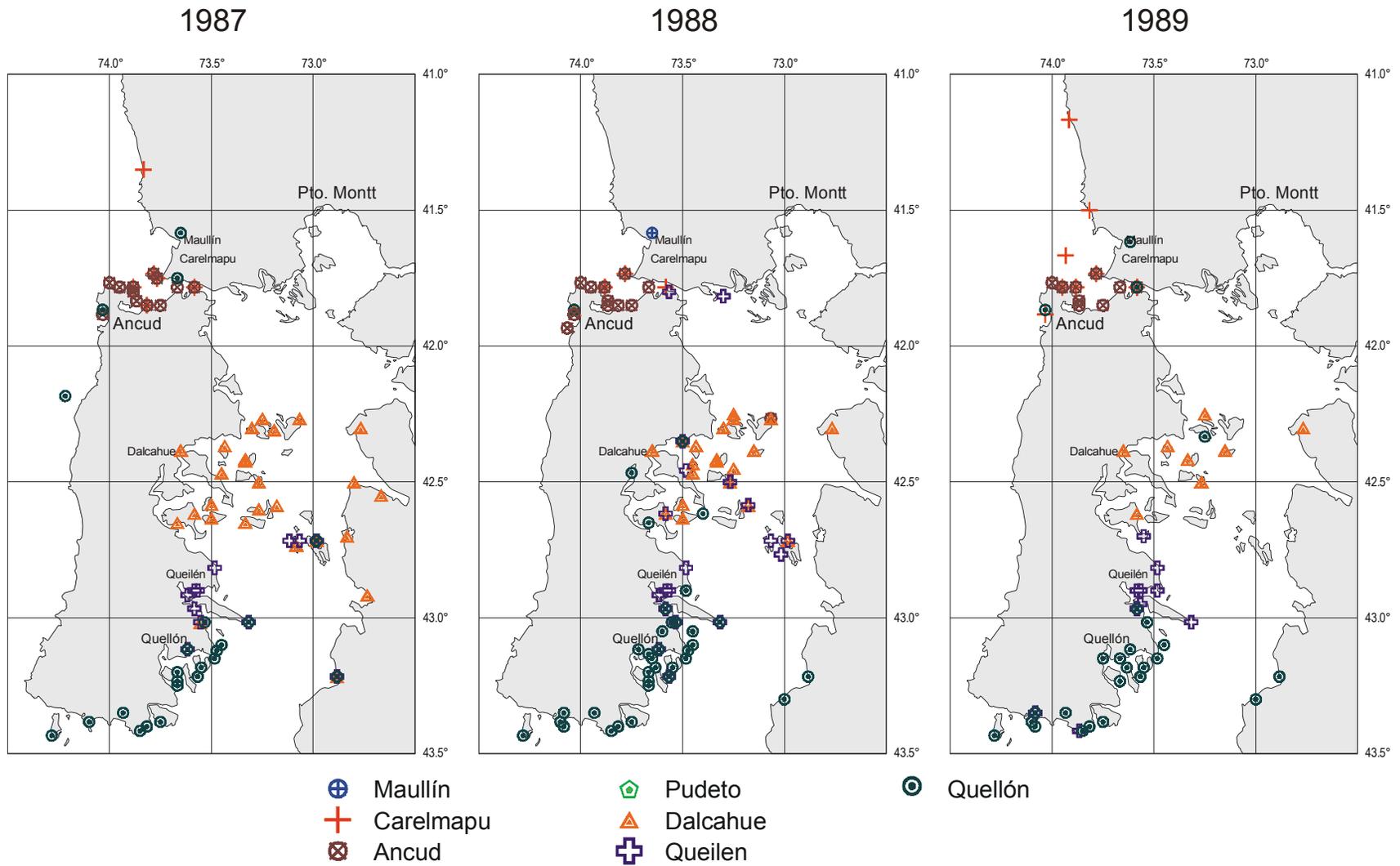


Figura 4.7 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en la X Región, por puertos de desembarques. Años 1987, 1988 y 1989.

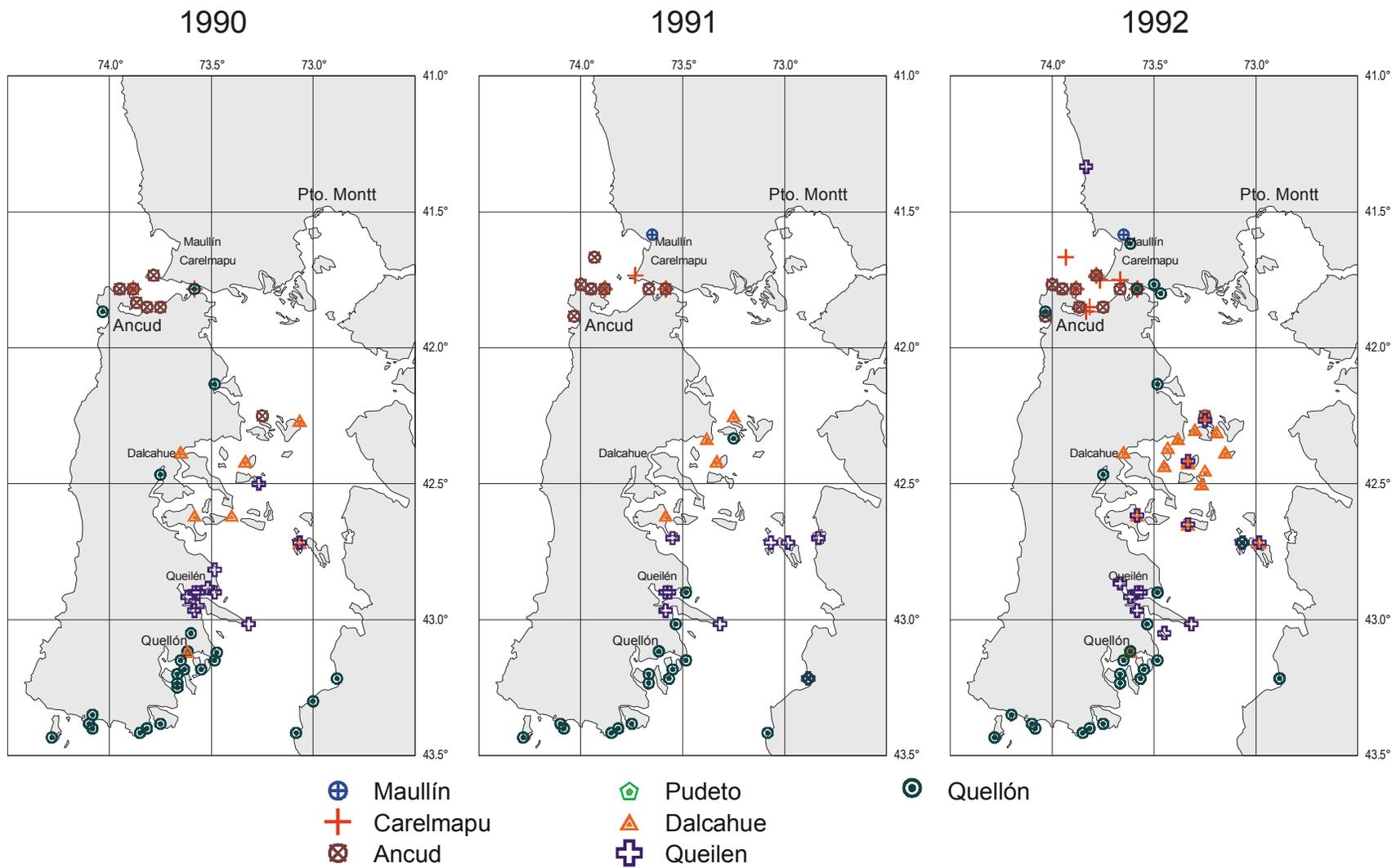


Figura 4.8 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en la X Región, por puertos de desembarques. Años 1990, 1991 y 1992.

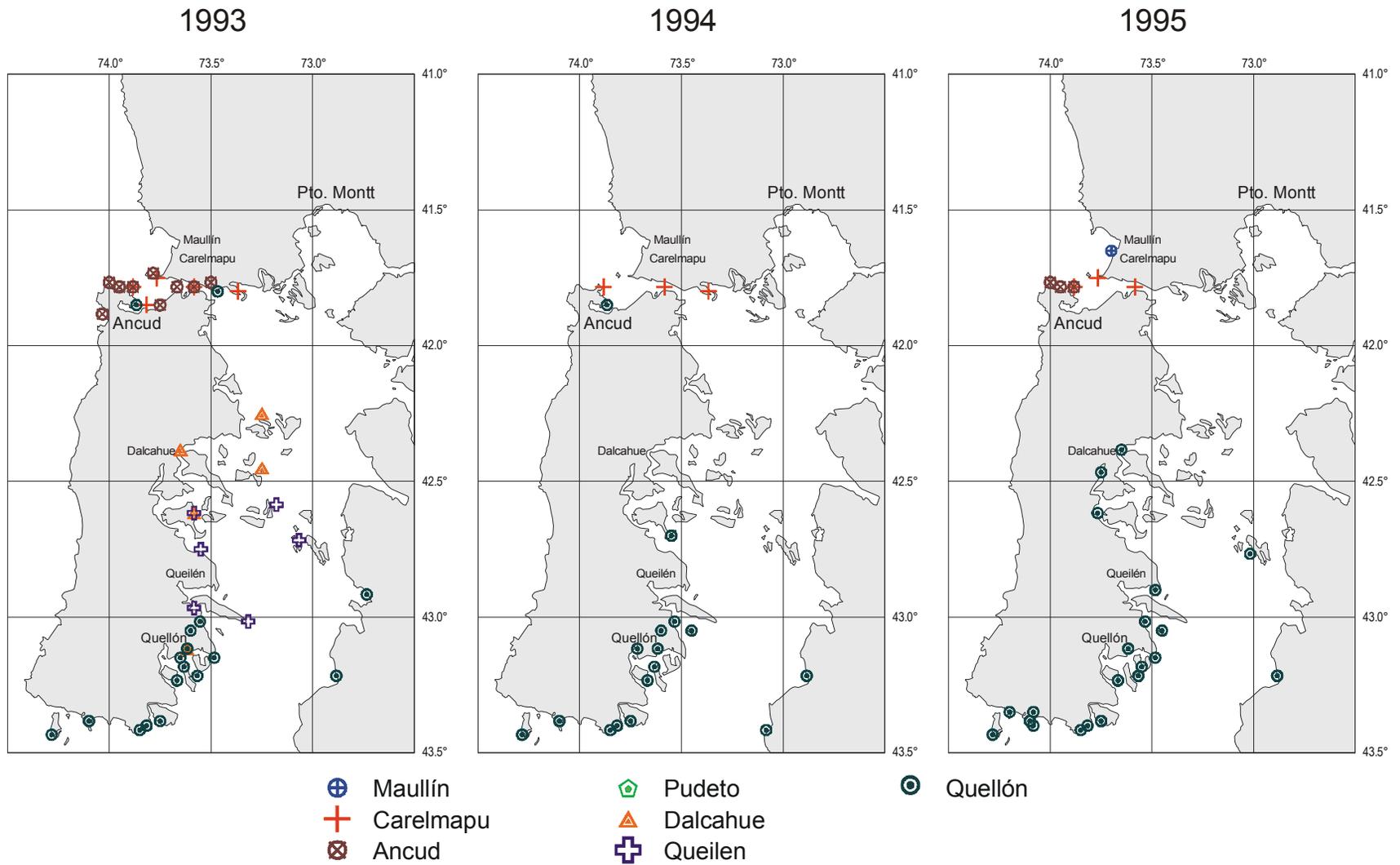


Figura 4.9 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en la X Región, por puertos de desembarques. Años 1993, 1994 y 1995.

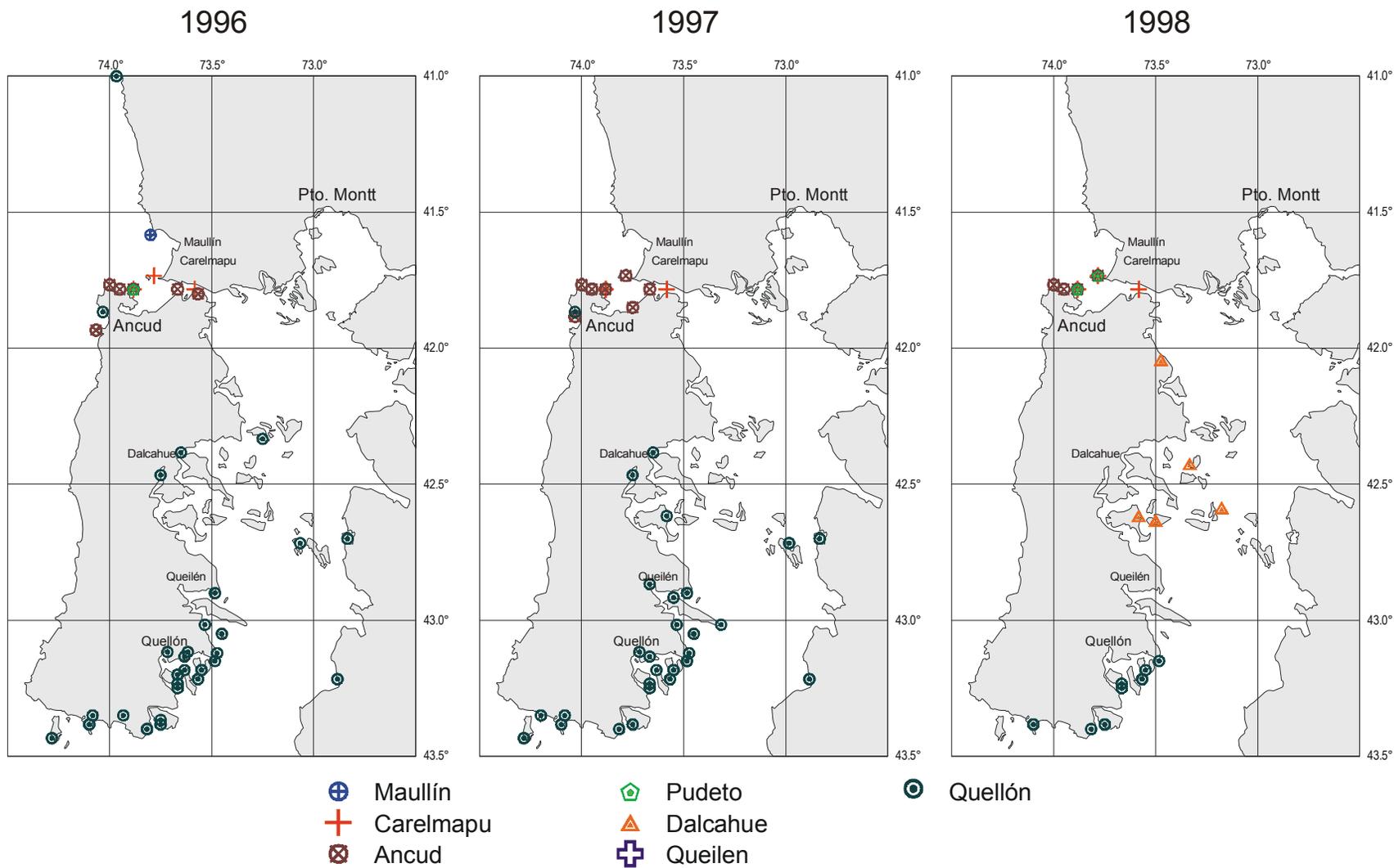


Figura 4.10 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en la X Región, por puertos de desembarques. Años 1996, 1997 y 1998.

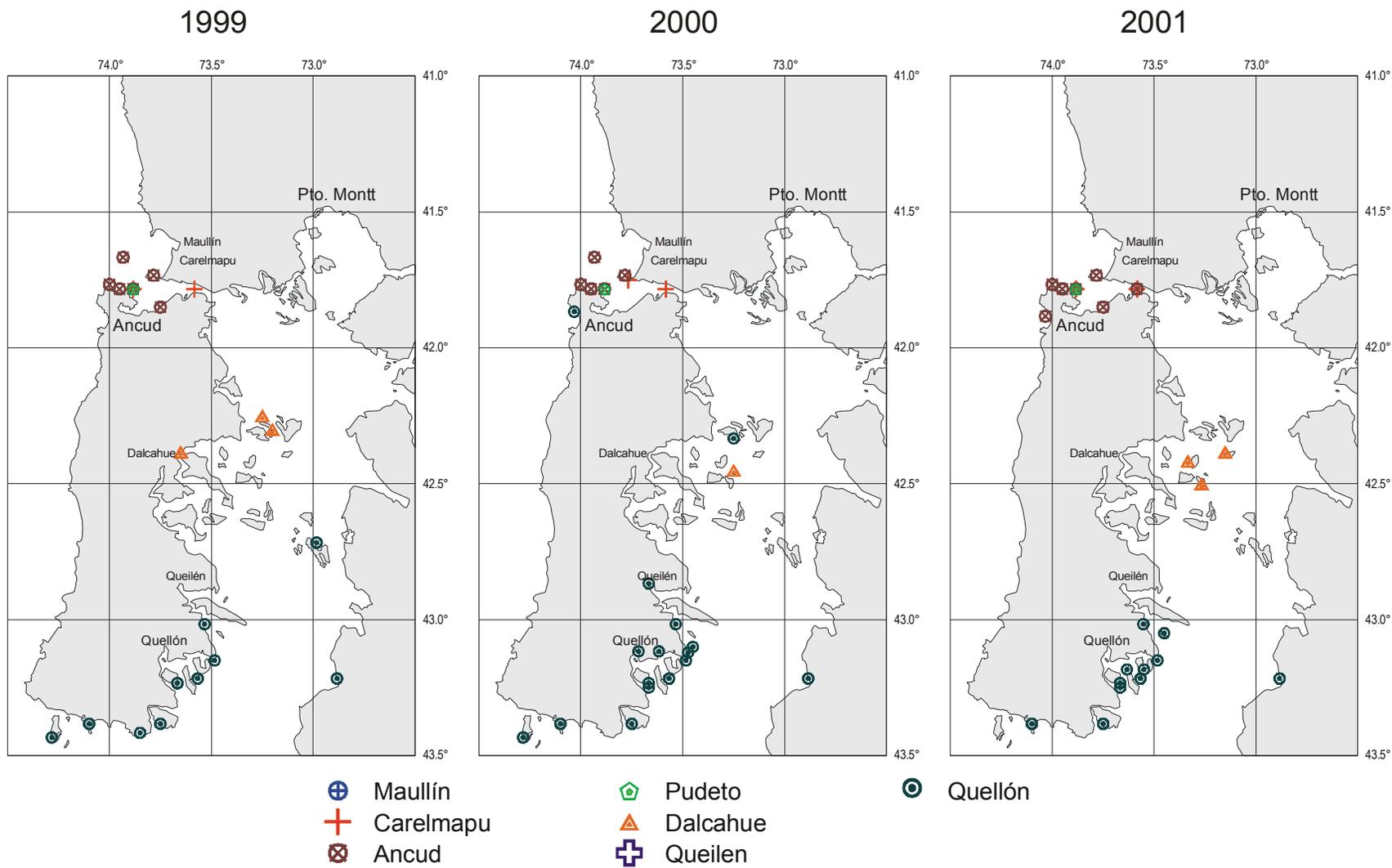


Figura 4.11 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en la X Región, por puertos de desembarques. Años 1999, 2000 y 2001.

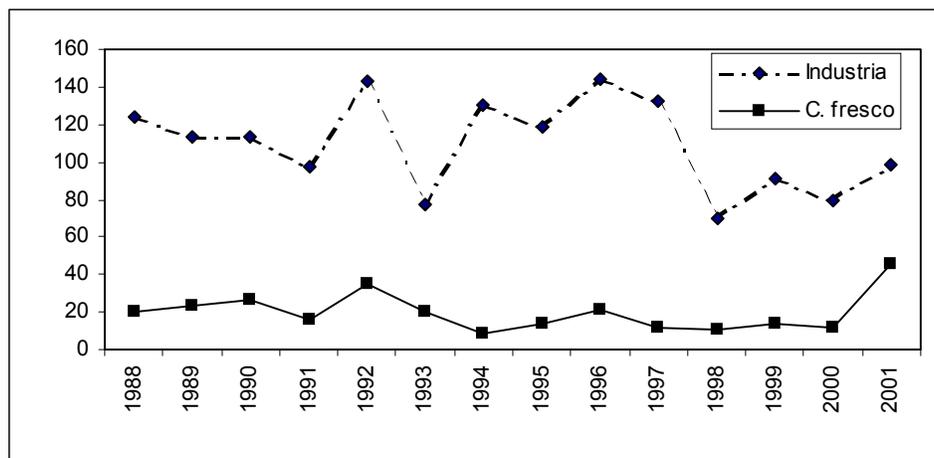


Figura 4.12 Número de áreas explotadas por la pesquería para consumo en fresco e industria en la X y XI Región.

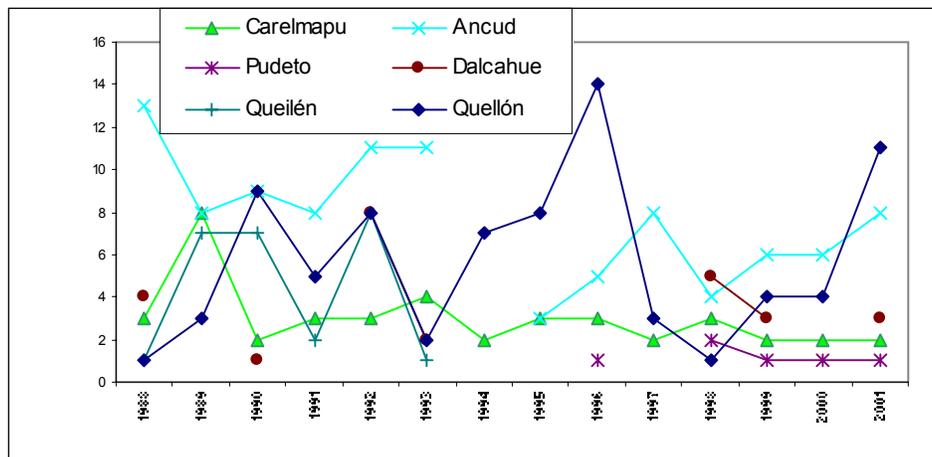


Figura 4.13 Variación interanual en el número de procedencias explotadas por puerto de la X región, para consumo en fresco.

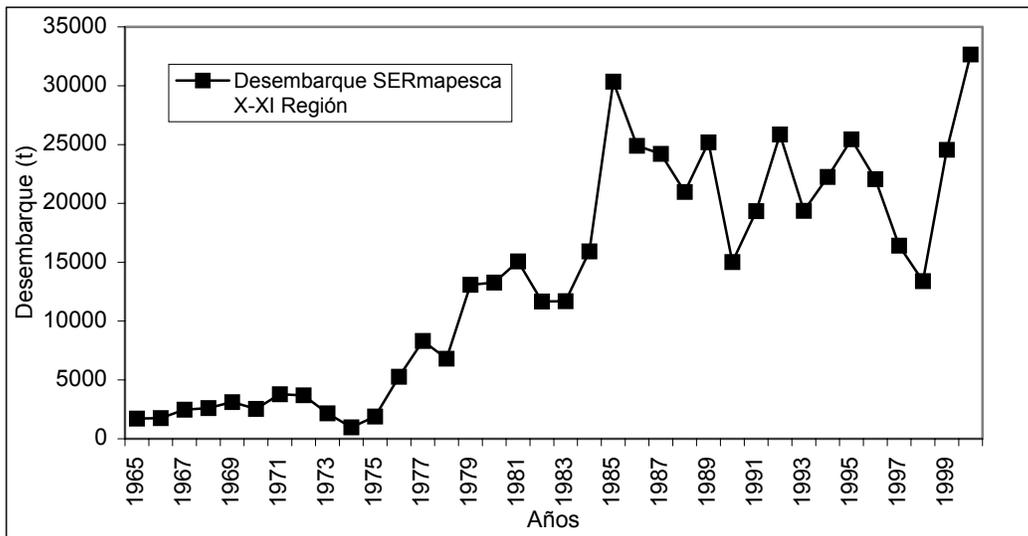


Figura 4.14 Desembarques anuales totales (t) de erizo registrados por SERNAPESCA para las regiones X y XI.

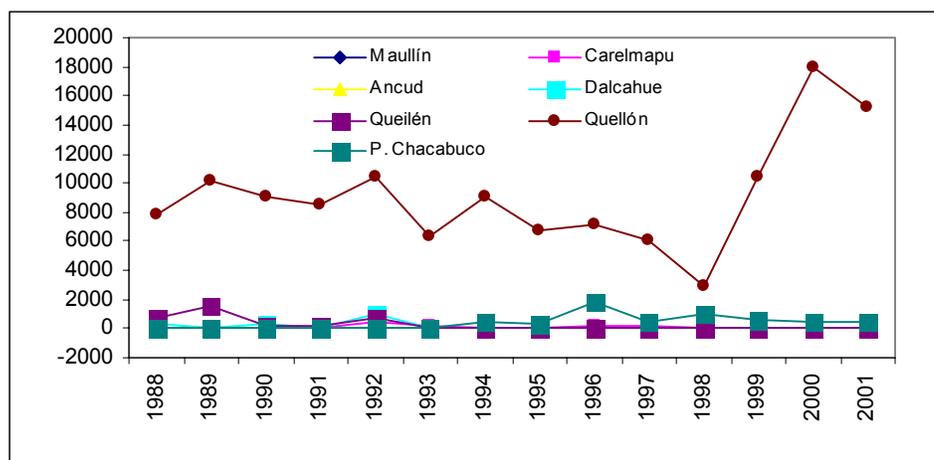


Figura 4.15 Desembarques de erizo utilizado en la industria cubierto en la base de datos, para los puertos monitoreados en la X y XI Región. La información de Melinka se entrega asociada a Quellón.

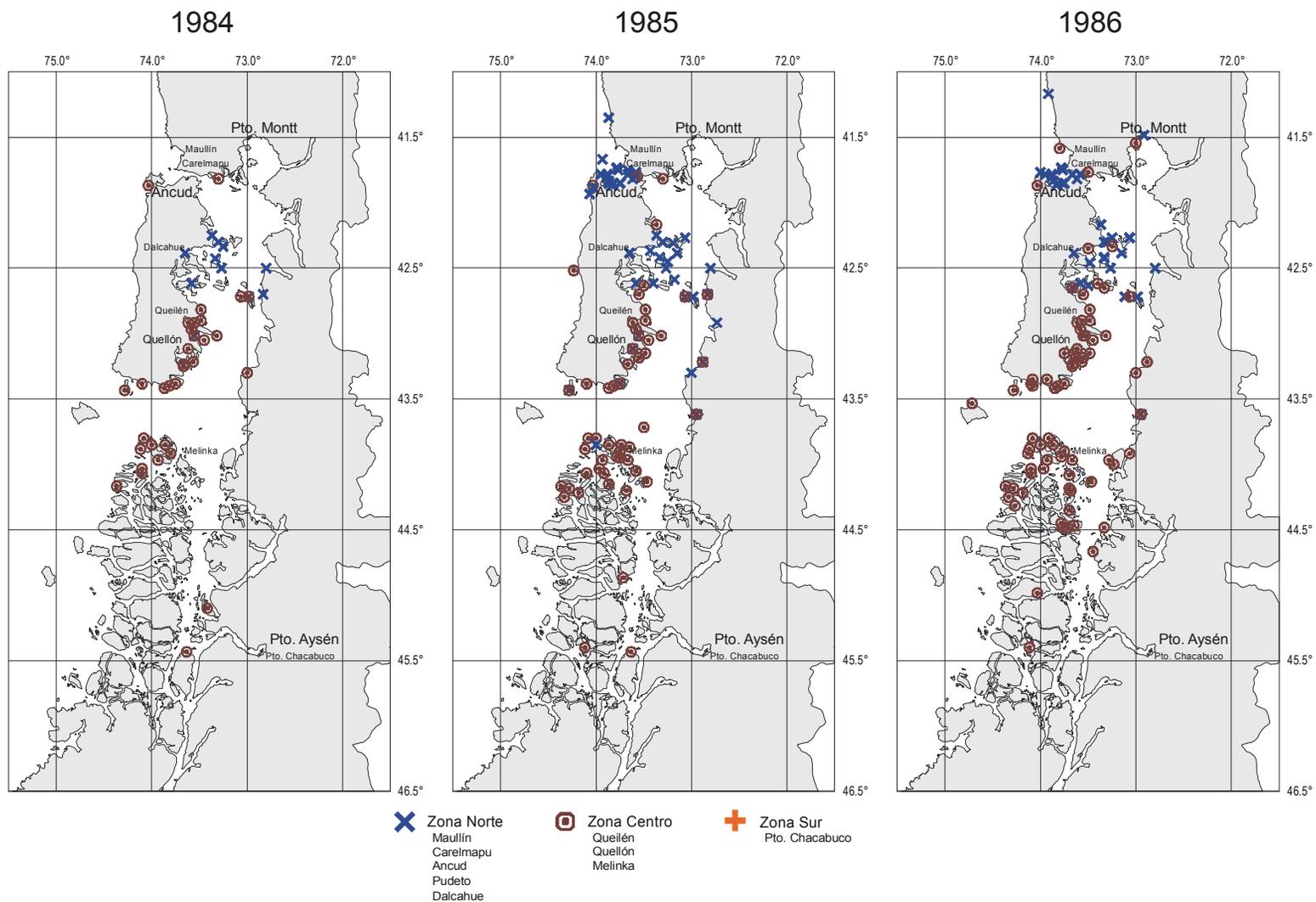


Figura 4.16 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en las Regiones X y XI, por zonas de desembarques. Años 1984, 1985 y 1986.

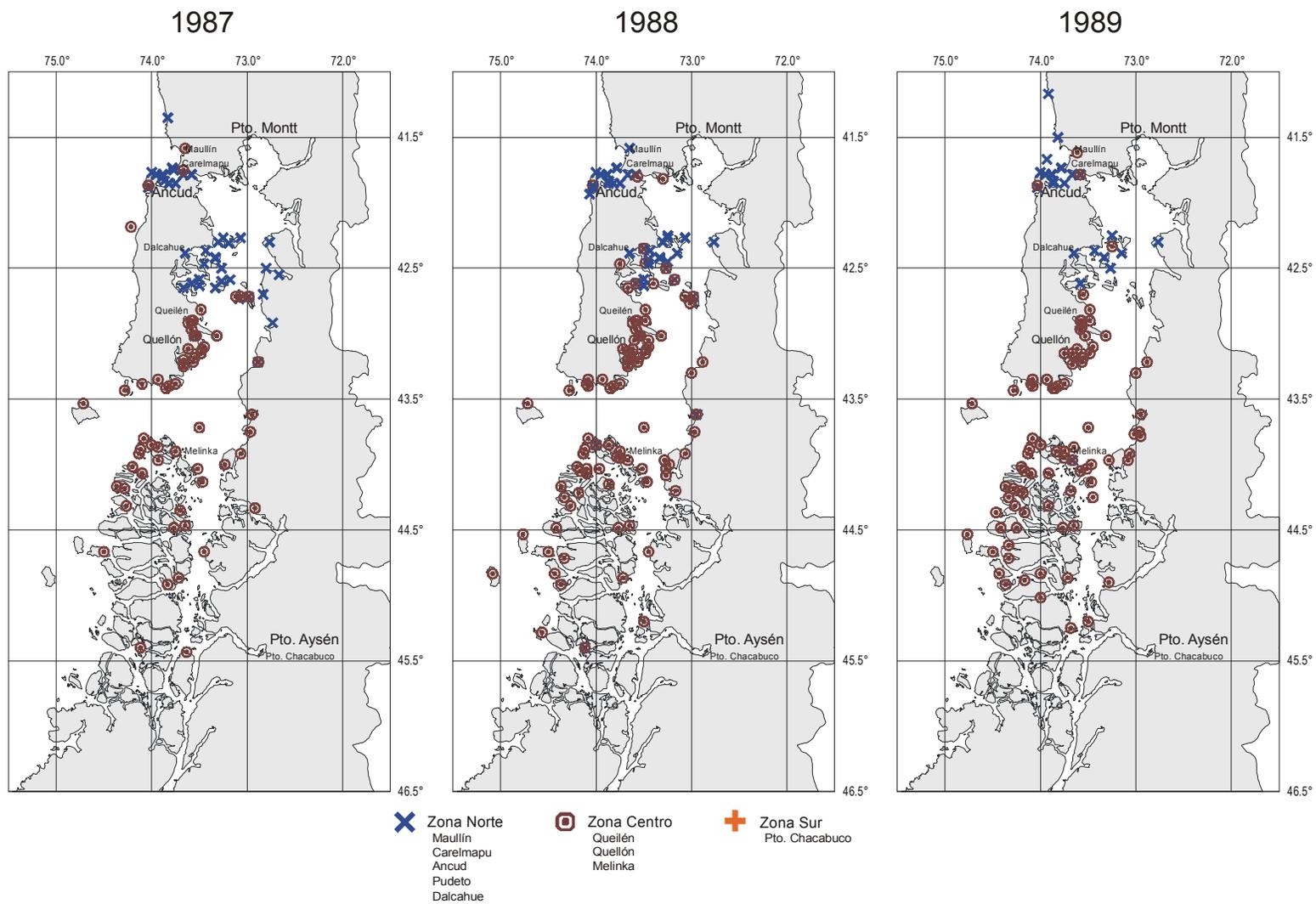


Figura 4.17 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en las Regiones X y XI, por zonas de desembarques. Años 1987, 1988 y 1989.

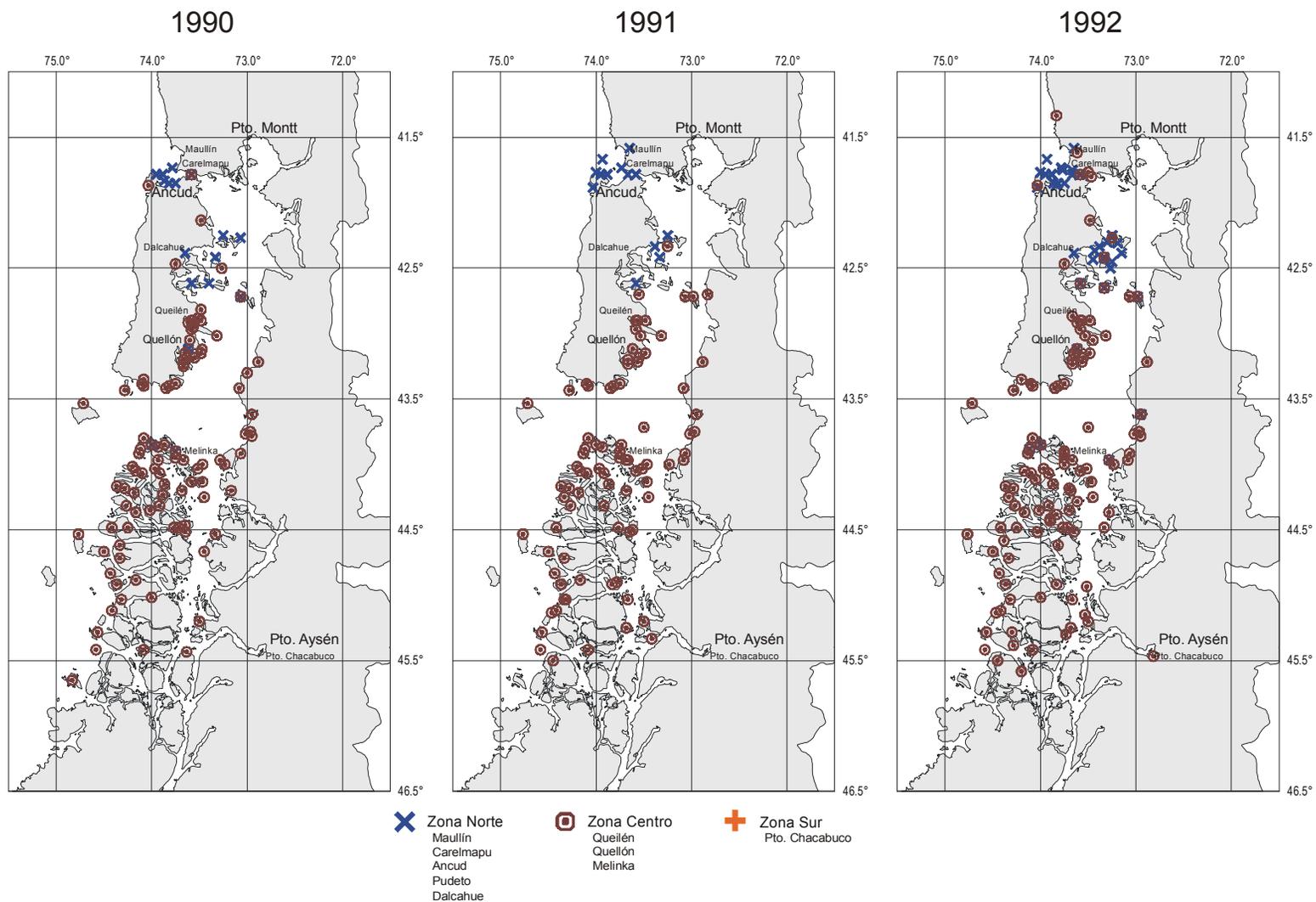


Figura 4.18 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en las Regiones X y XI, por zonas de desembarques. Años 1990, 1991 y 1992.

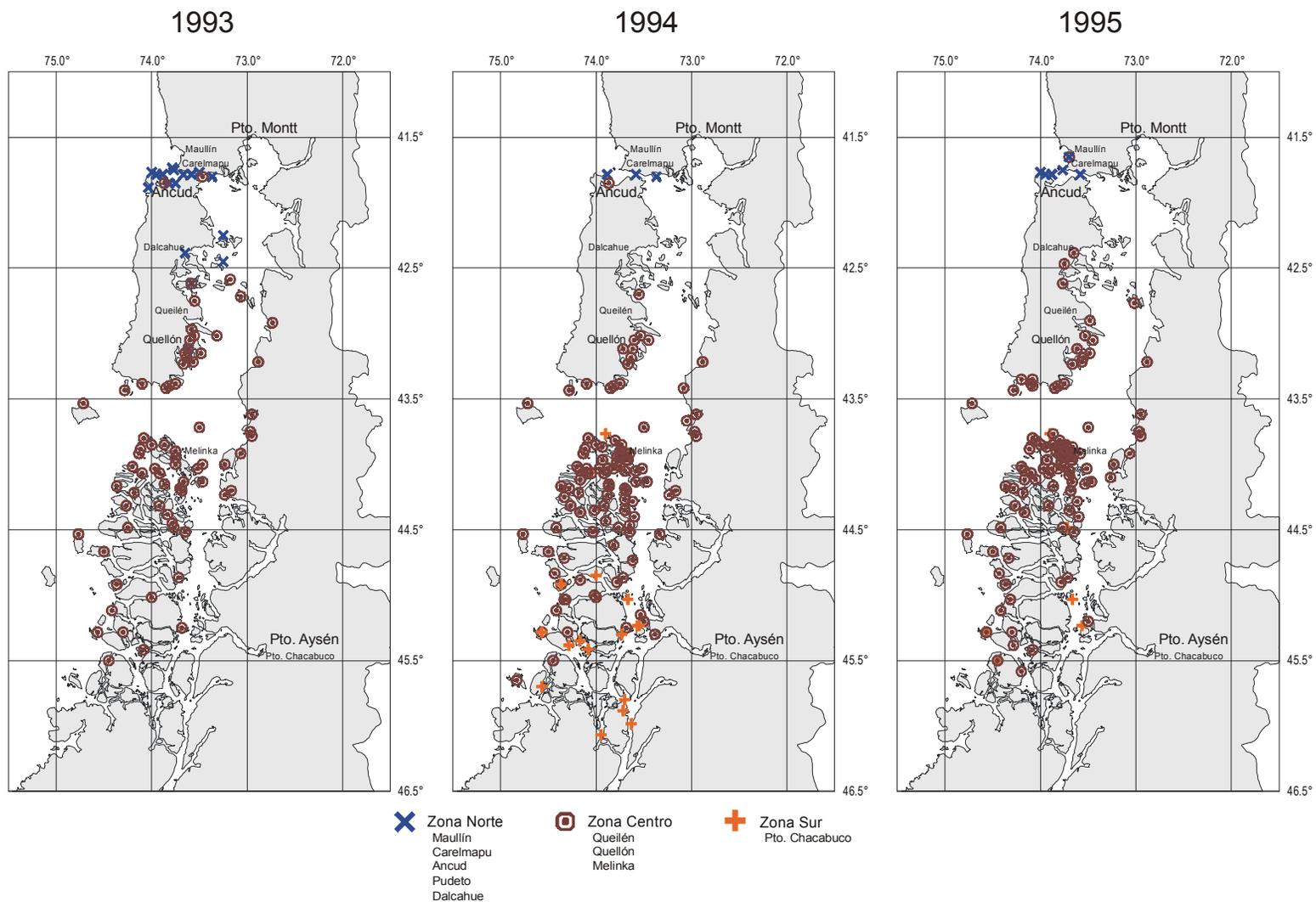


Figura 4.19 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en las Regiones X y XI, por zonas de desembarques. Años 1993, 1994 y 1995.

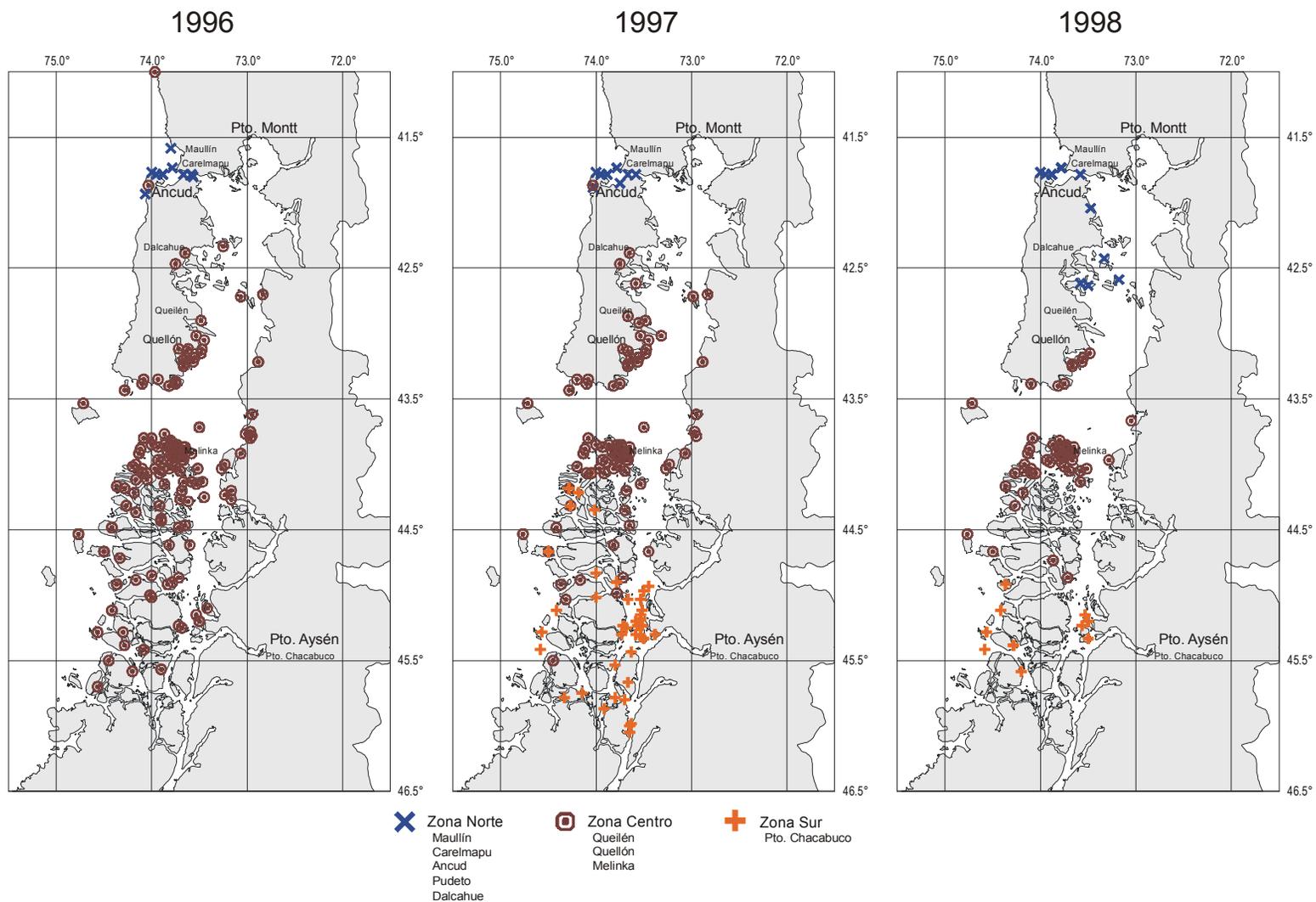


Figura 4.20 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en las Regiones X y XI, por zonas de desembarques. Años 1996, 1997 y 1998.

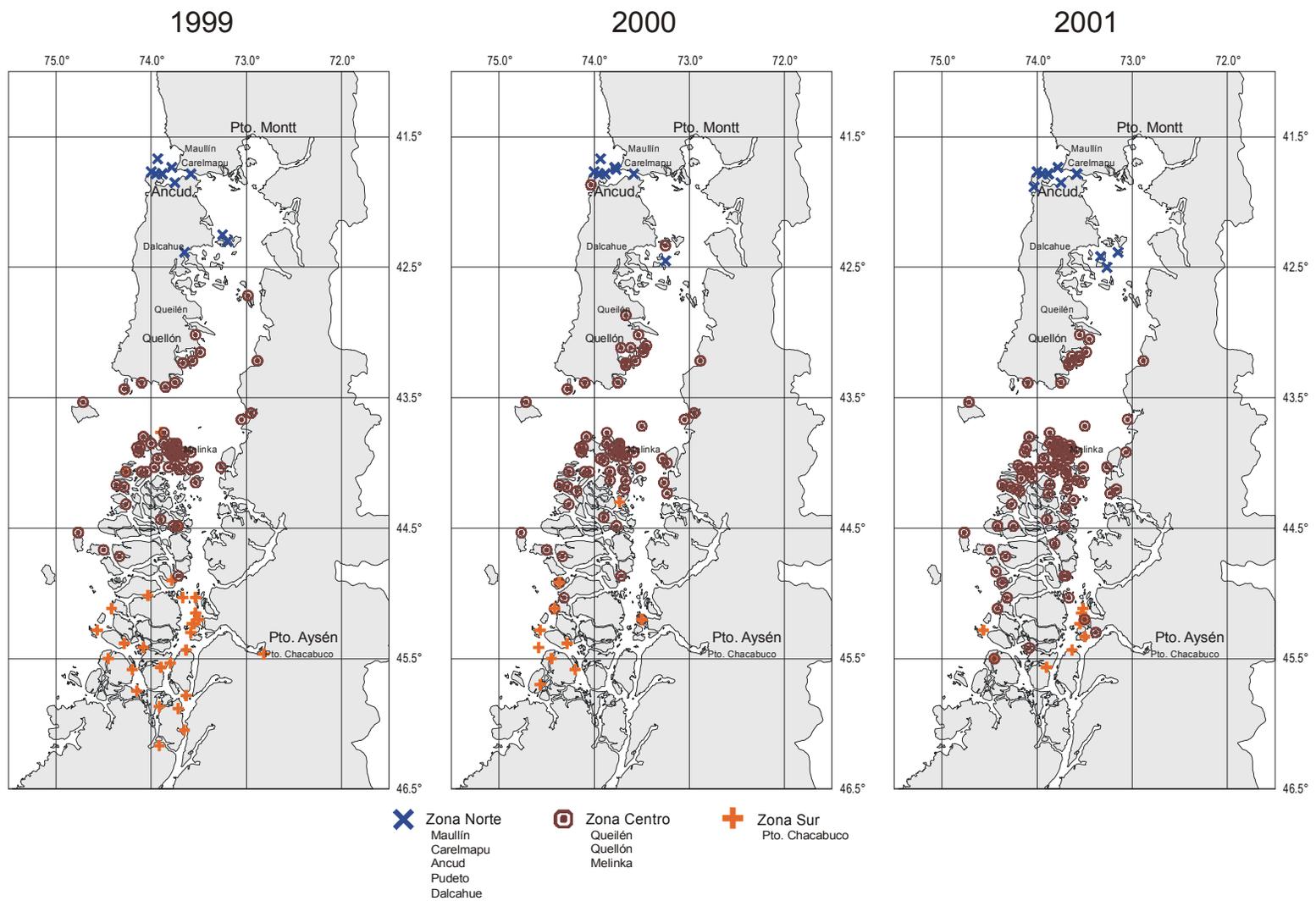


Figura 4.21 Distribución espacial de procedencias de capturas de erizo en las Regiones X y XI, por zonas de desembarques. Años 1999, 2000 y 2001.

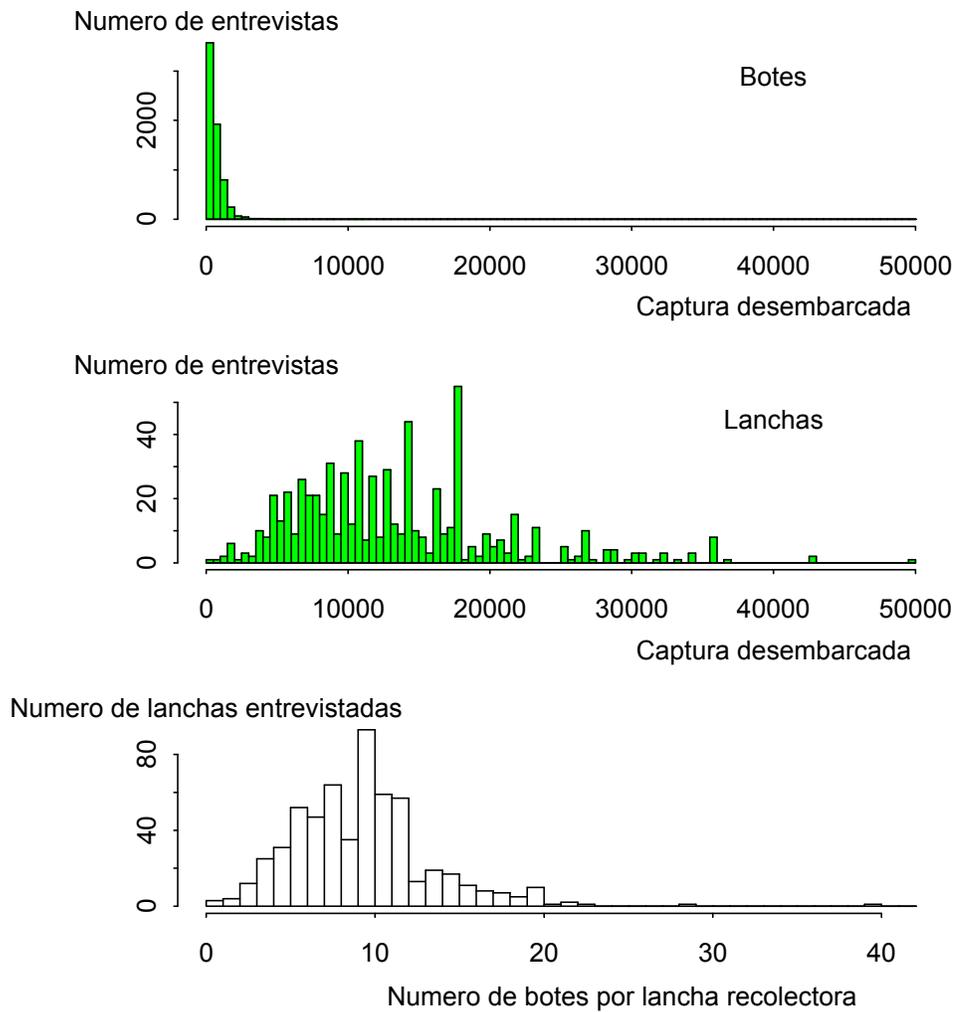


Figura 4.22 Desembarques (kg) por viaje por parte de botes (arriba) y lanchas acarreadoras (centro) para la pesquería de erizo destinada a la industria durante el año 2001, y número de botes asociados a cada lancha acarreadora.

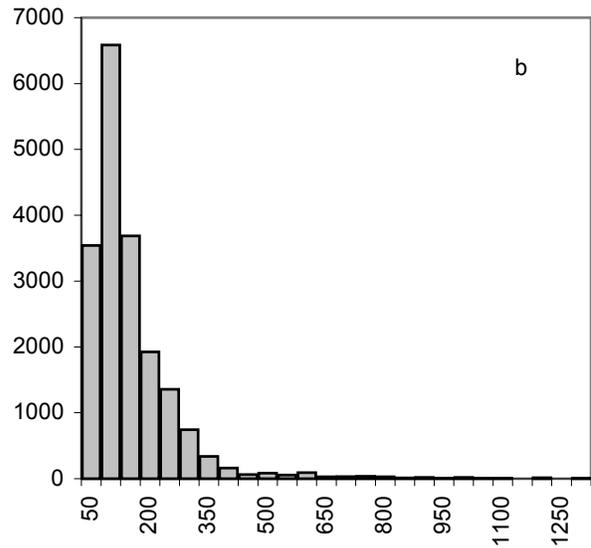
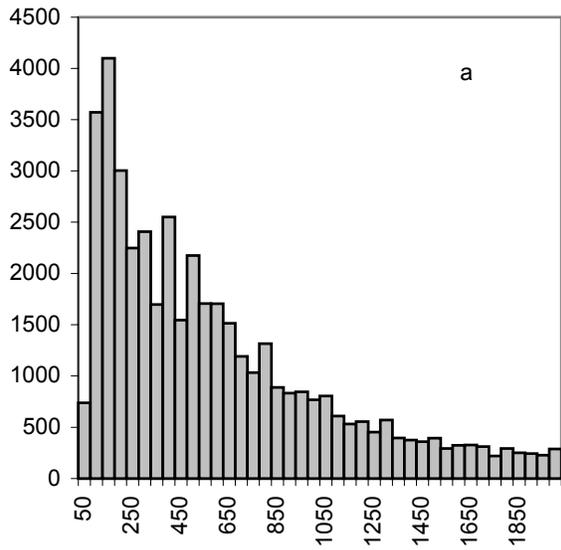


Figura 4.23 Rendimiento por viaje en la pesquería de erizo: a) destino industria; b) destino consumo fresco.

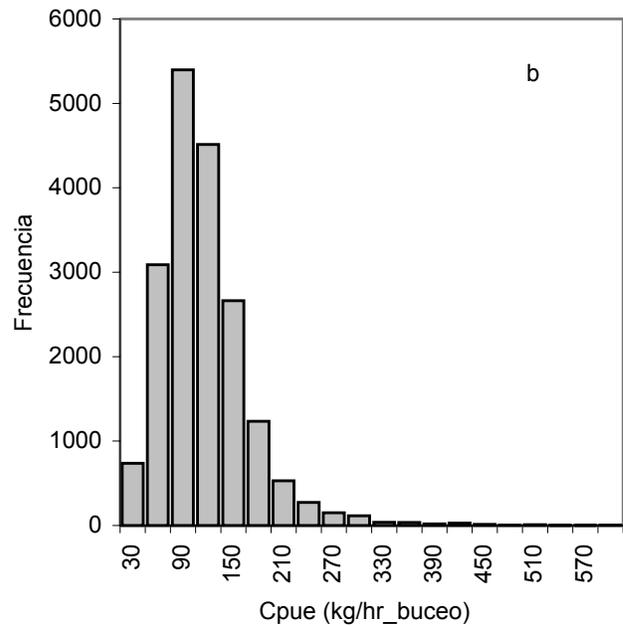
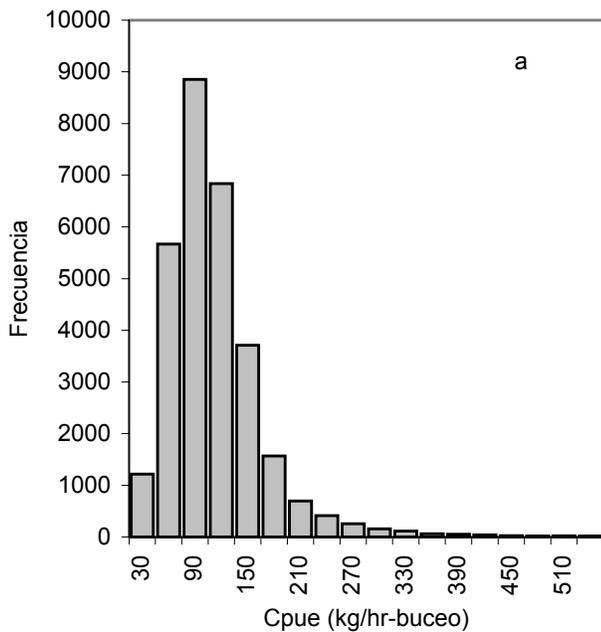


Figura 4.24 Distribución de la CPUE en la pesquería de erizo: a) destino industria; b) destino consumo fresco.

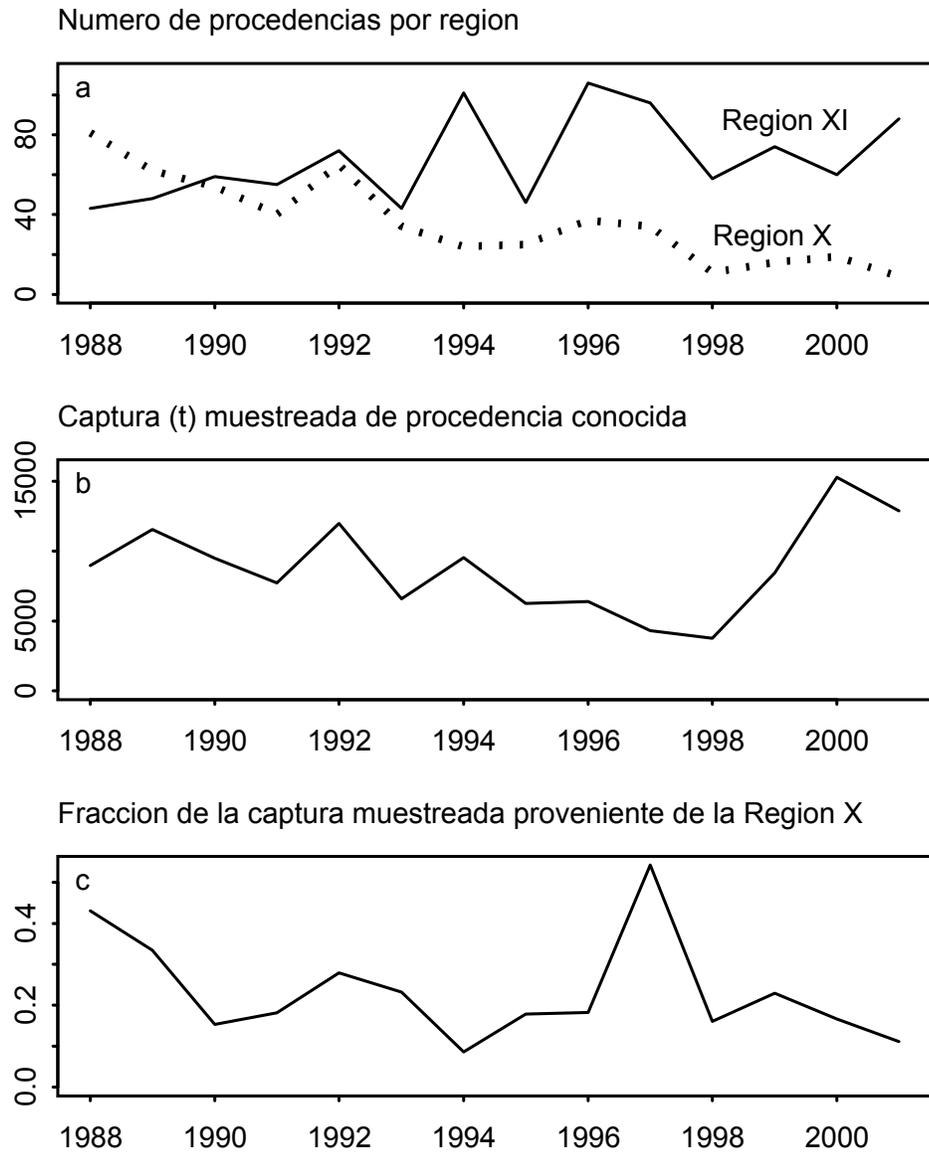


Figura 4.25 (a) Número de procedencias registradas para la pesca que abastece a la industria, (b) volumen de desembarques para los que se registró la procedencia de la captura, y (c) fracción de estos desembarques que provienen de la Región X.

Captura por procedencia en las regiones X-XI

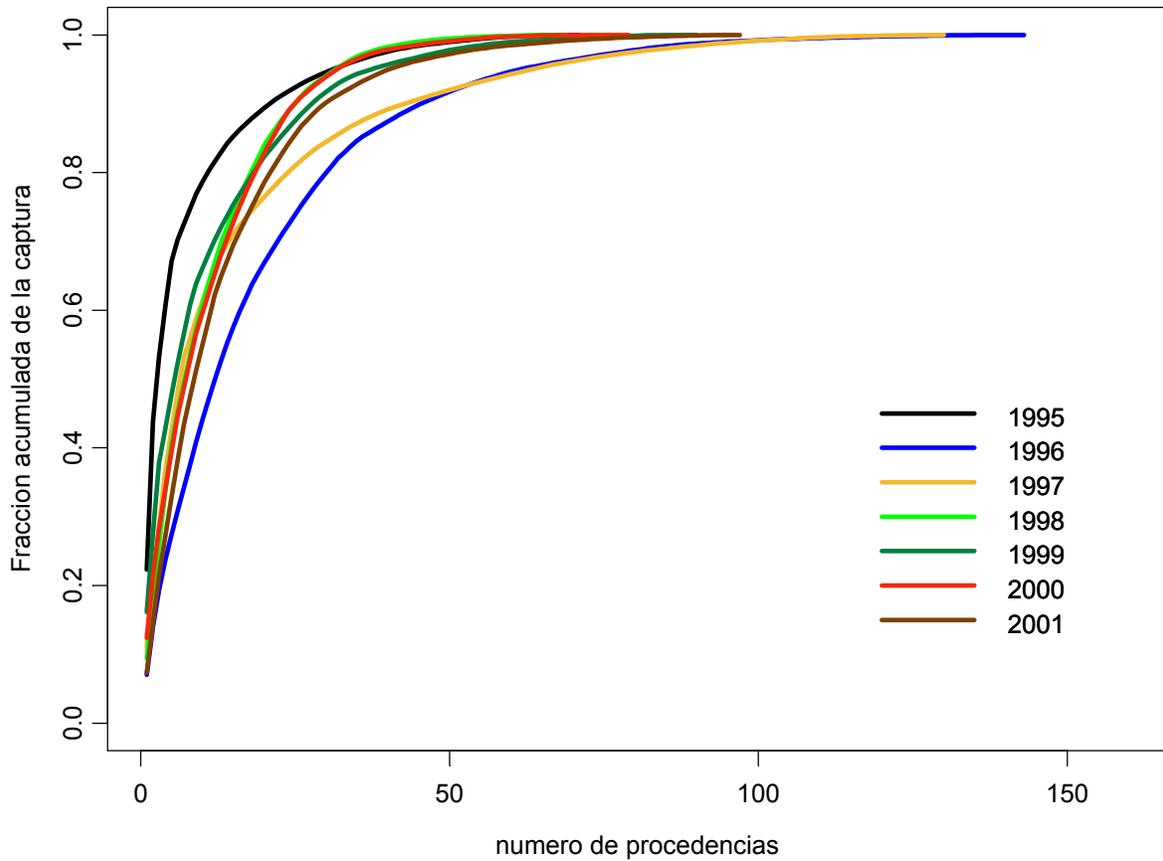


Figura 4.26 Curvas de rarefacción mostrando la concentración de la captura de erizo por procedencias en los últimos siete años (ver texto). Se incluyen todas las capturas de procedencia conocida destinadas a la industria.

Captura por procedencia desembarcada en Quellon

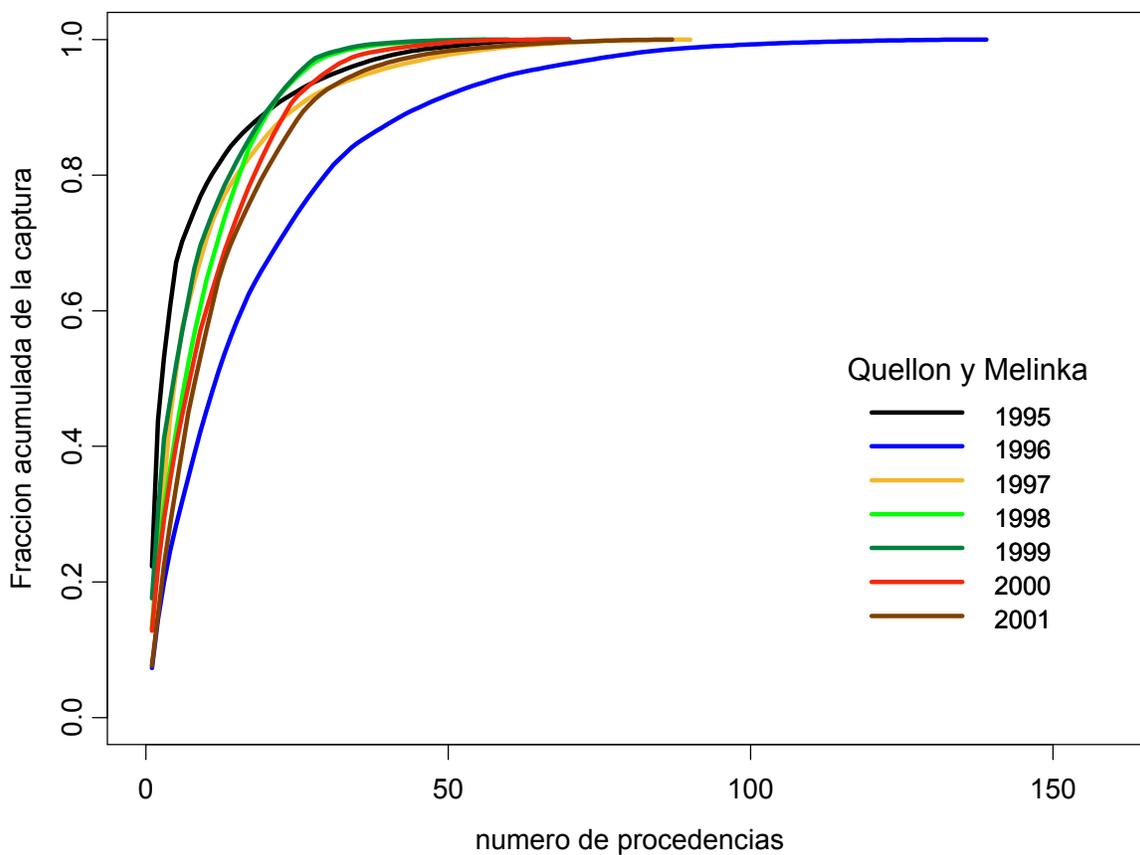


Figura 4.27 Curvas de rarefacción mostrando la concentración de la captura de erizo por procedencias en los últimos siete años (ver texto). Se incluyen sólo las capturas desembarcadas en Quellón destinadas a la industria.

Captura por procedencia desembarcada en Puerto Chacabuco

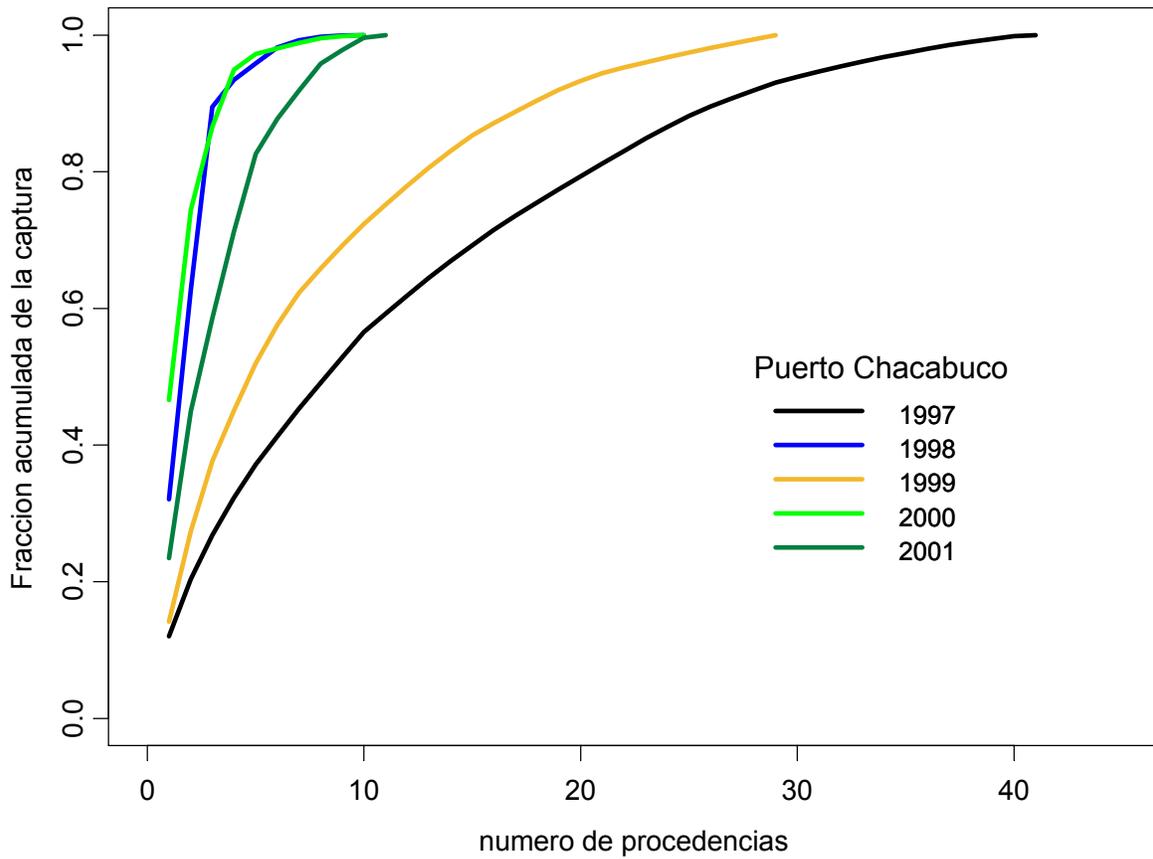


Figura 4.28 Curvas de rarefacción mostrando la concentración de la captura de erizo por procedencias en los últimos cinco años (ver texto). Se incluyen sólo las capturas desembarcadas en Puerto Chacabuco destinadas a la industria.

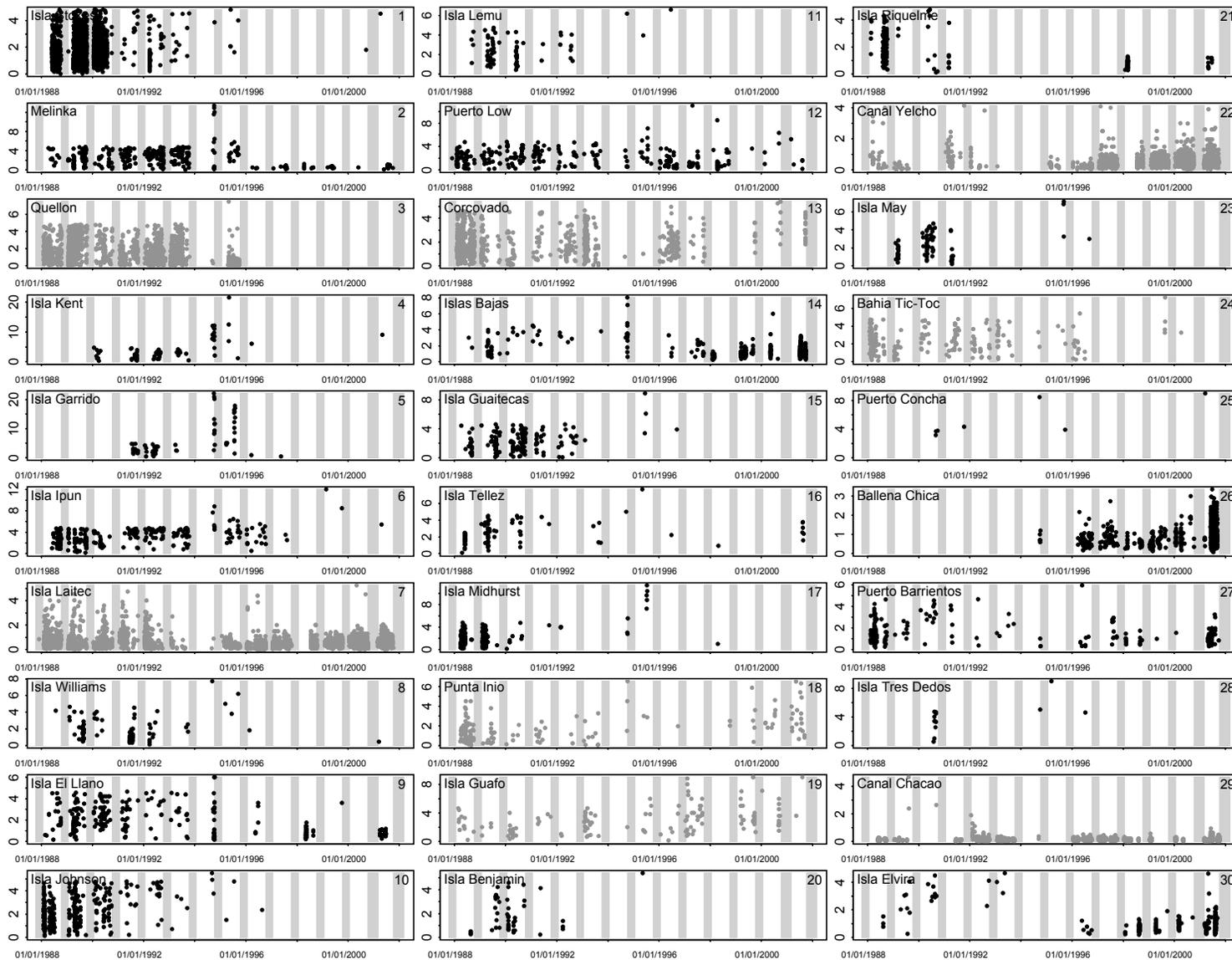


Figura 4.29.a Captura (t) por salida de botes que abastecen a la industria. Período 1988-2001. Símbolos: región XI = oscuros; región X= claros. Bandas sombreadas marcan vedas estacionales. Procedencias rankeadas en orden decreciente de captura total para el período.

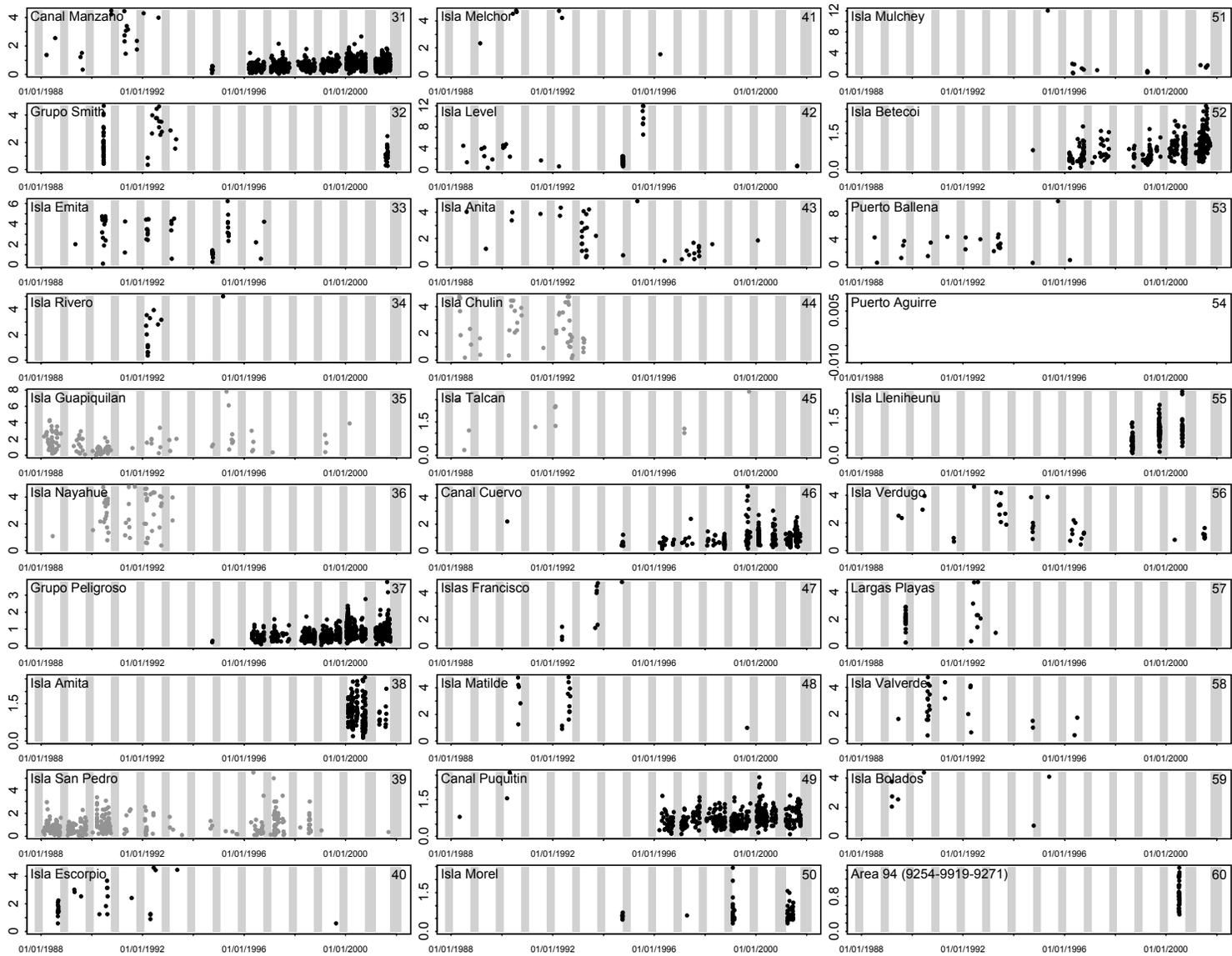


Figura 4.29b Captura (t) por salida de botes que abastecen a la industria. Período 1988-2001. Símbolos: región XI = oscuros; región X= claros. Bandas sombreadas marcan vedas estacionales. Procedencias rankeadas en orden decreciente de captura total para el período.

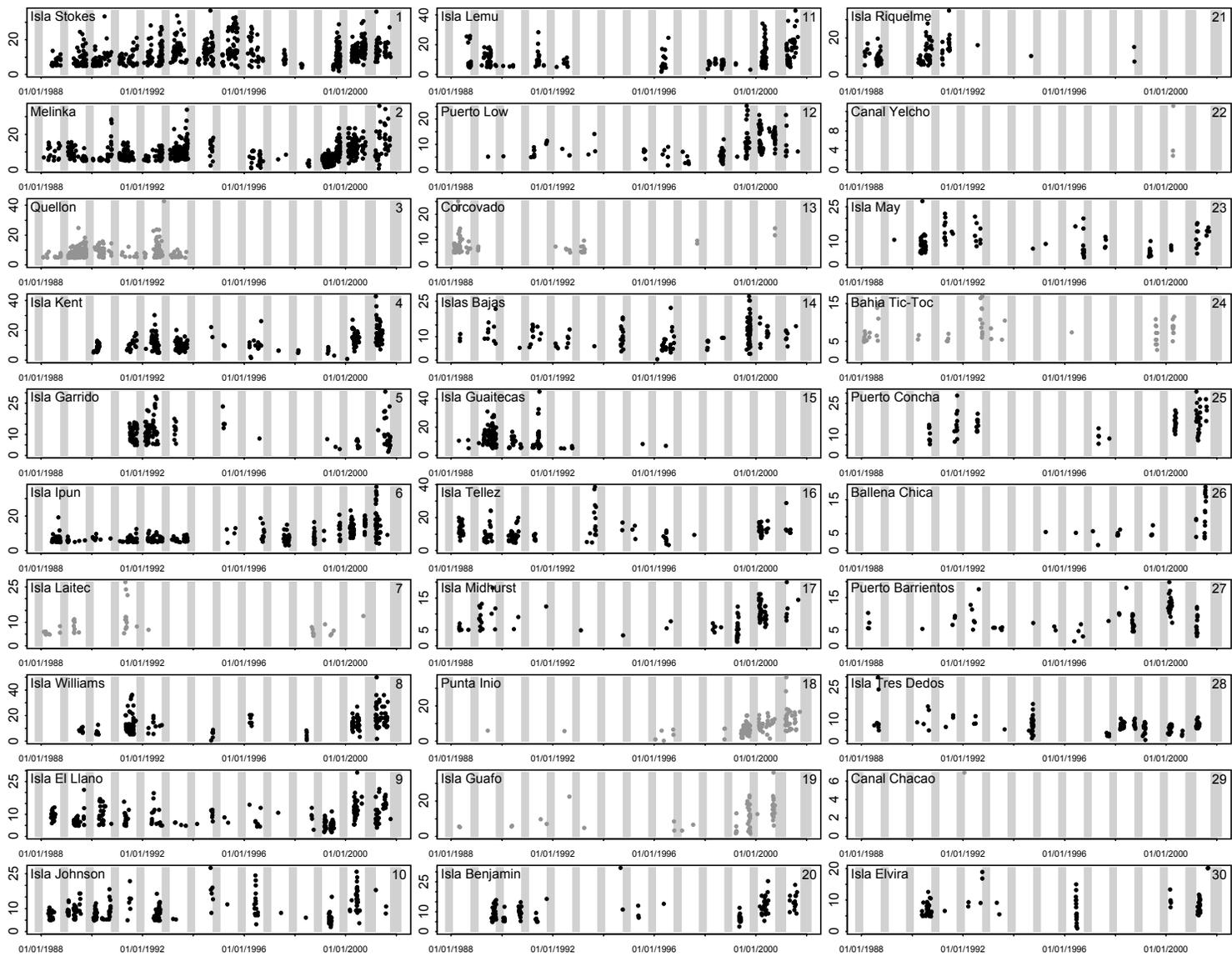


Figura 4.30a Captura (t) por salida para lanchas acarreadoras. Período 1988-2001. Símbolos: región XI = oscuros; región X= claros. Bandas sombreadas marcan vedas estacionales. Procedencias en orden decreciente de captura total para el período.

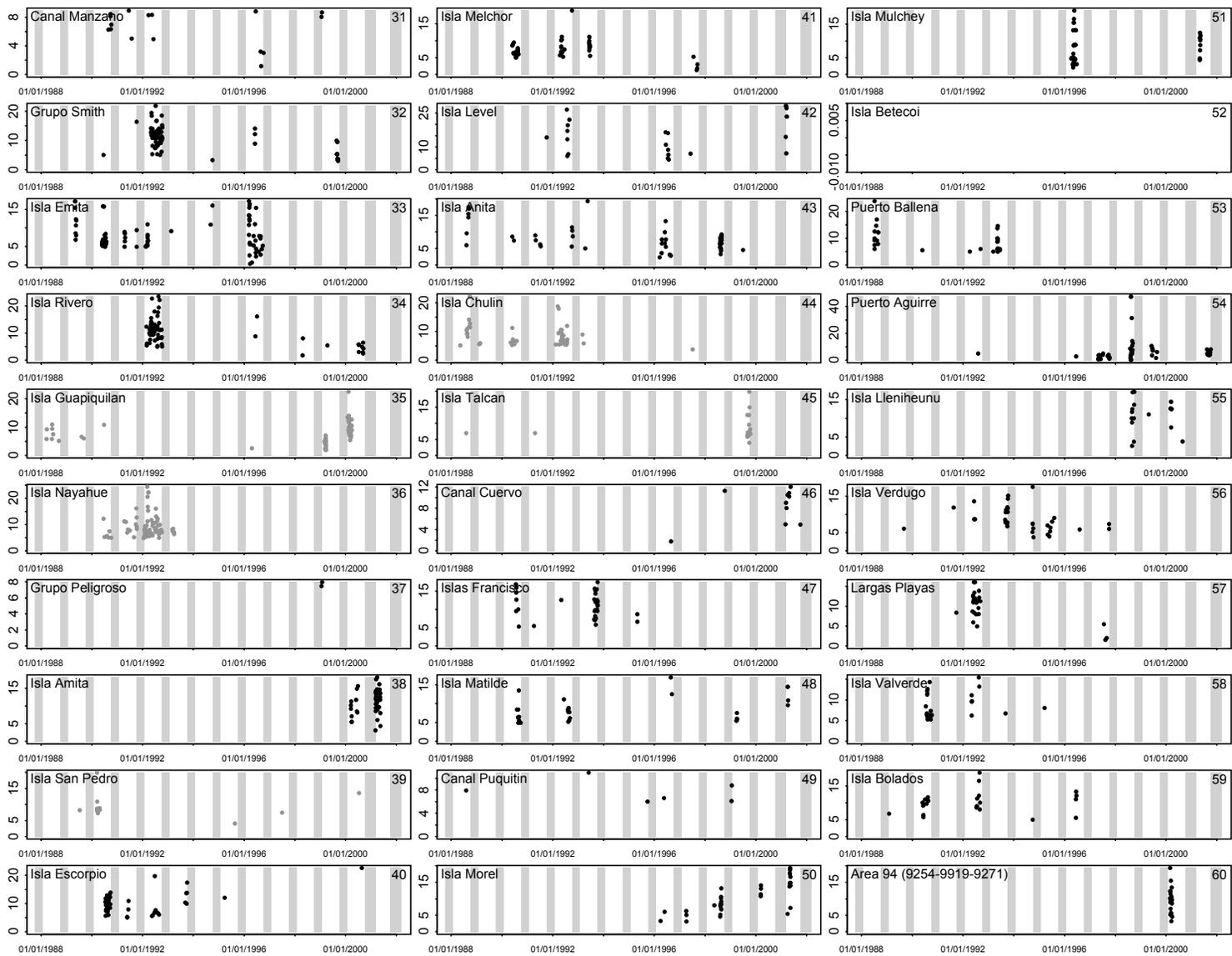


Figura 4.30b Captura (t) por salida para lanchas acarreadoras. Período 1988-2001. Símbolos: región XI = oscuros; región X= claros. Bandas sombreadas marcan vedas estacionales. Procedencias rankeadas en orden decreciente de captura total para el período.

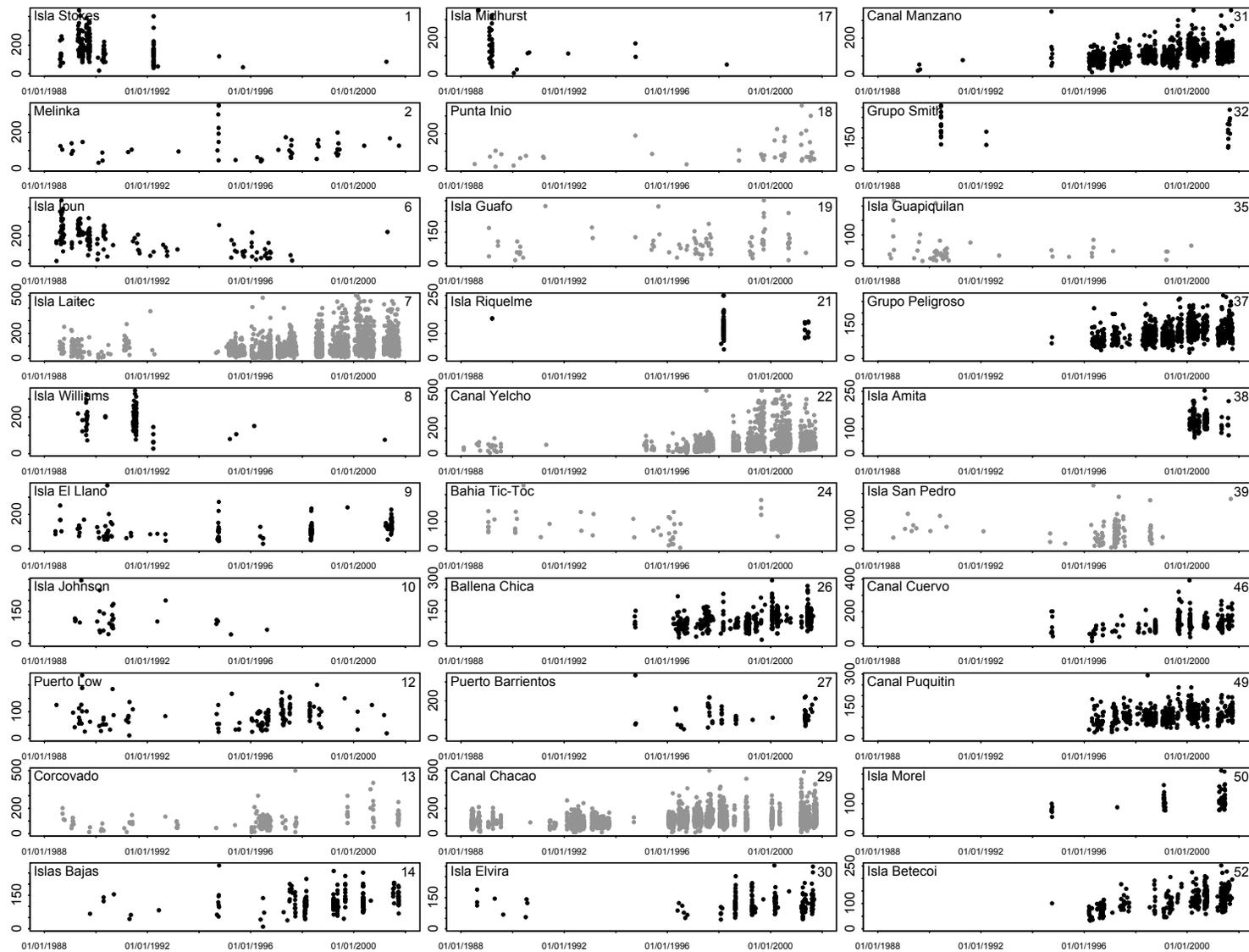


Figura 4.31. CPUE, captura (kg) por hora de buceo por procedencia para el período 1988-2001. Se incluyen sólo procedencias que están dentro de las 60 más importantes para el período, y para las que se cuenta con información de esfuerzo.

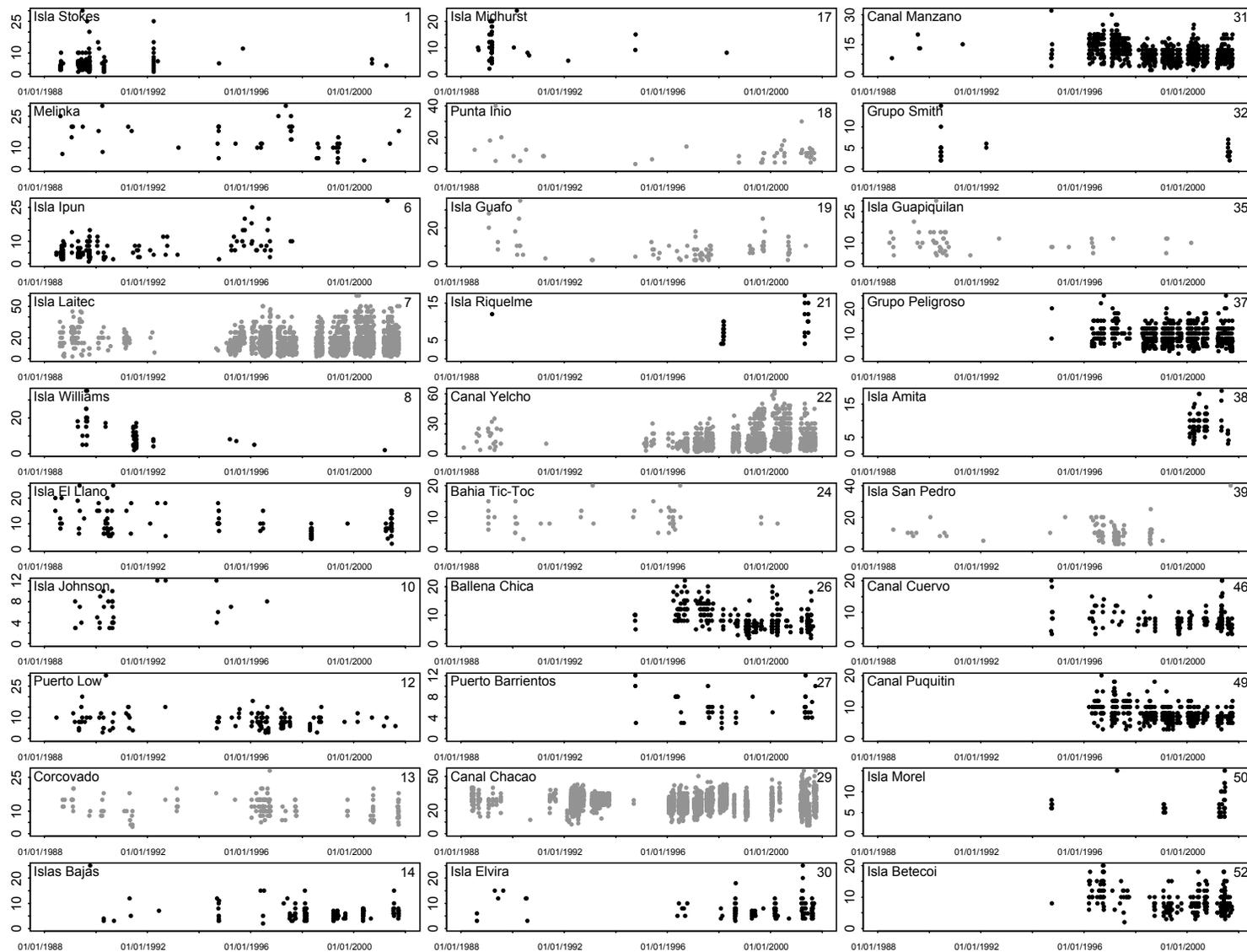


Figura 4.32 Profundidad de buceo por procedencia para el período 1988-2001. Se incluyen sólo procedencias que están dentro de las 60 más importantes para el período, y para las que se cuenta con información sobre profundidad.

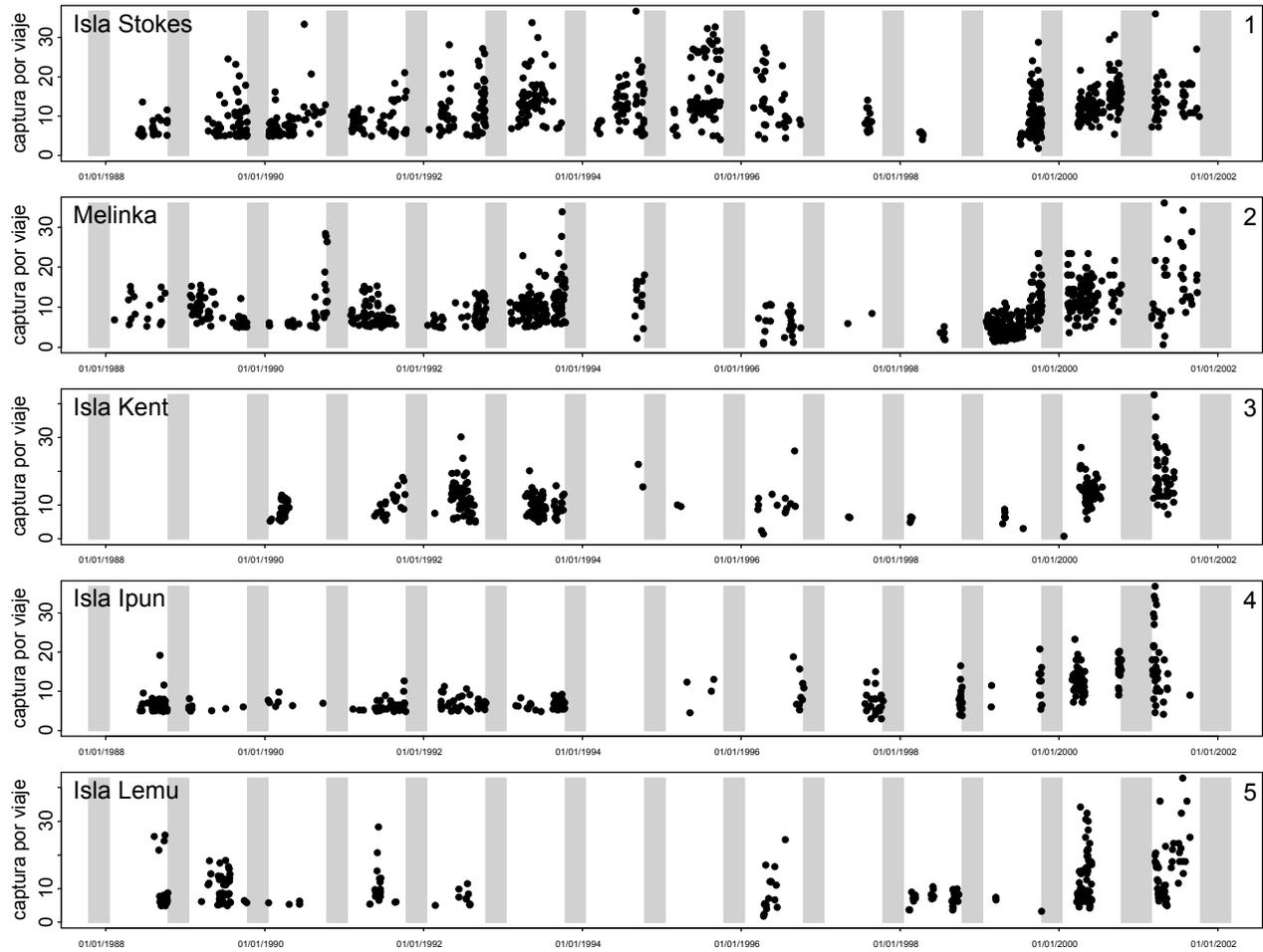


Figura 4.33 Captura (t) por salida de lanchas acarreadoras para las cinco procedencias más importantes para el período 1988-2001.



Figura 4.34.a Distribución de los años de experiencia de los buzos.

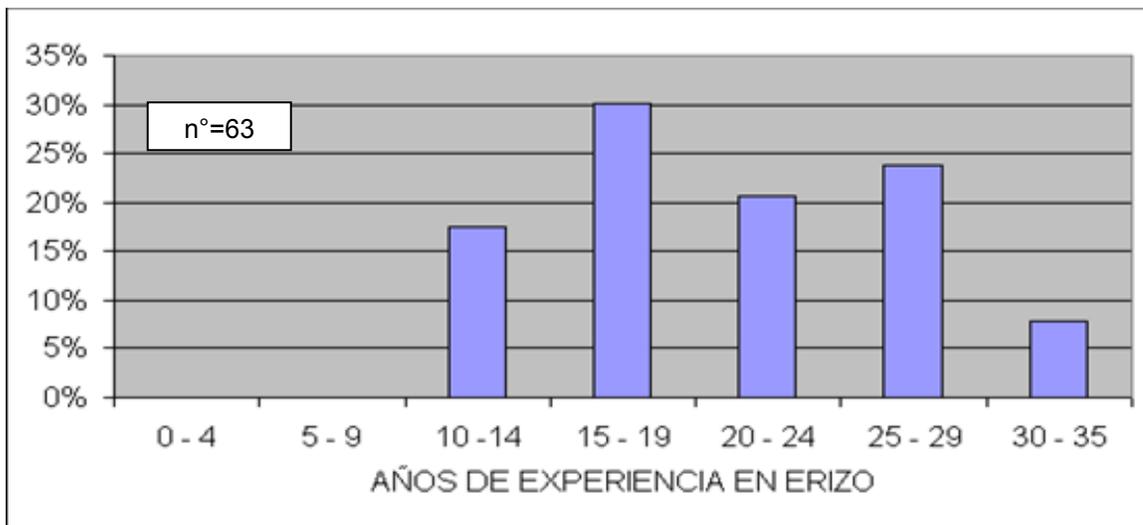


Figura 4.34b Estructura de los años de experiencia de trabajo de los buzos en la pesquería del erizo.

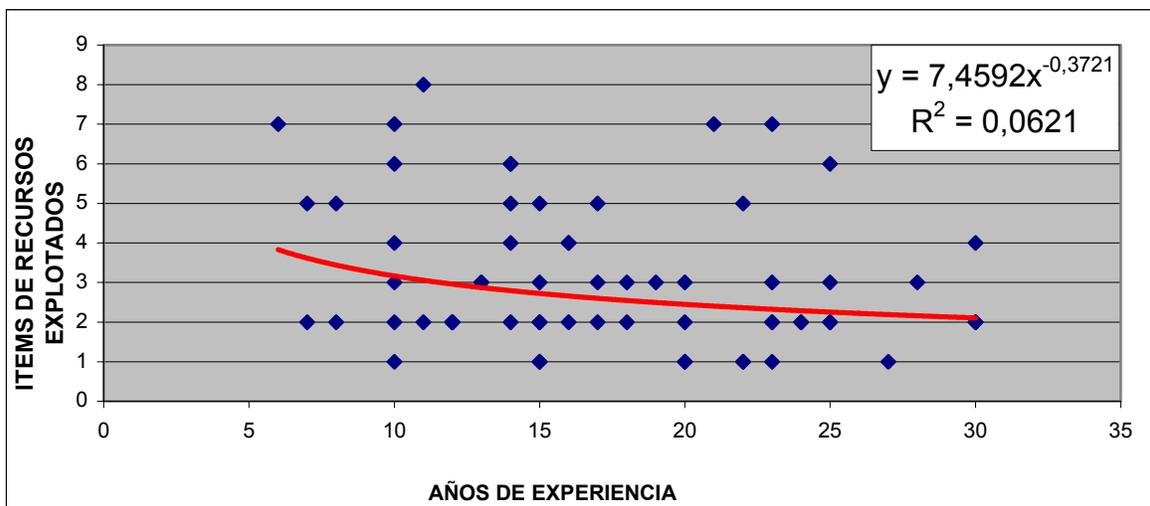


Figura 4.35 Relación entre el número de recursos explotados (ítems) vs los años de experiencia de los pescadores y buzos.

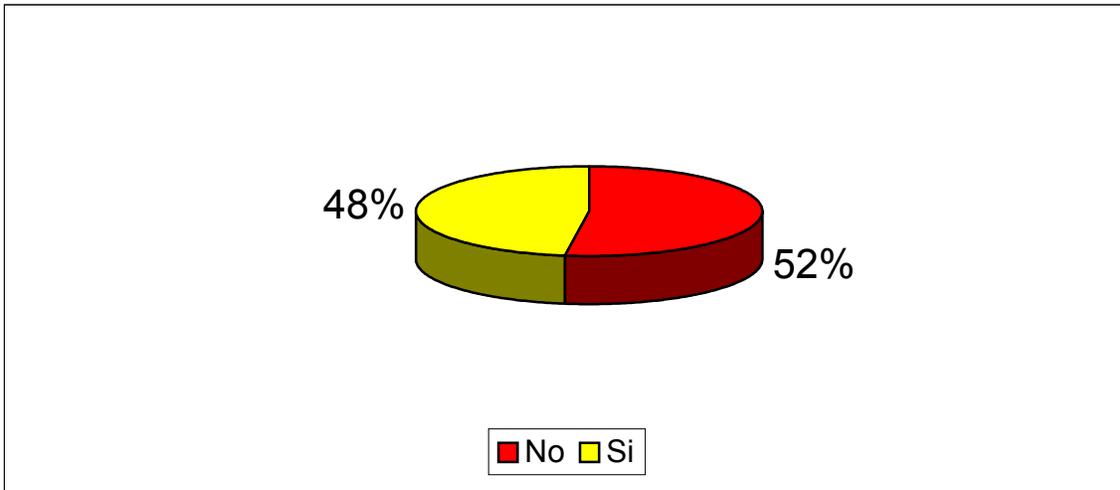


Figura 4.36 Proporción de los buzos que pertenecen a una organización de pescadores en la pesquería del erizo

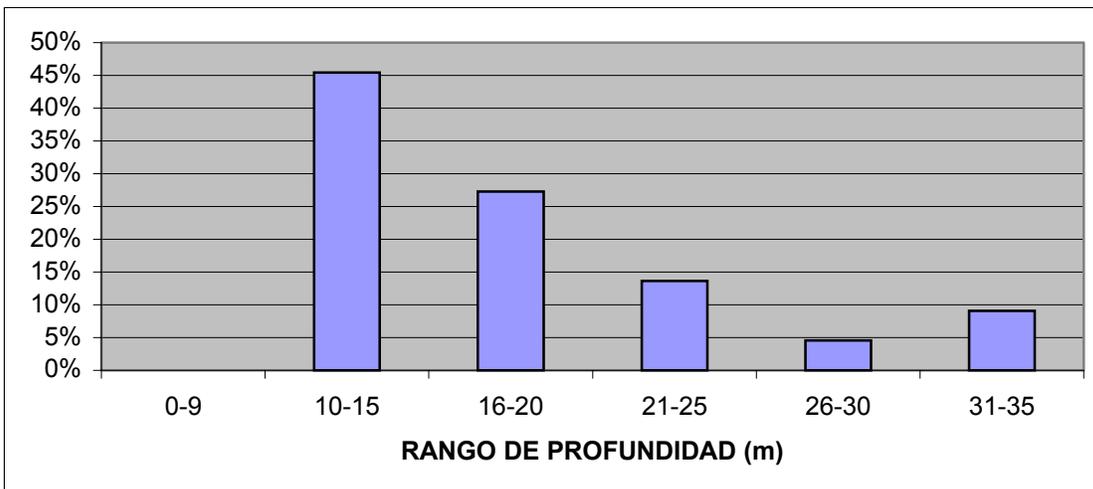


Figura 4.37 Rango de profundidades de buceo en la pesquería del erizo.

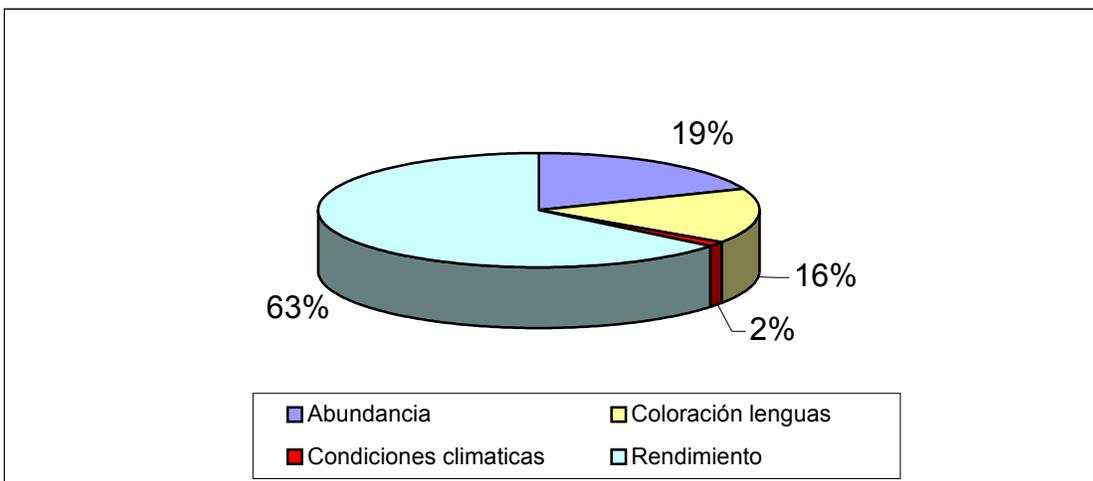


Figura 4.38 Causas principales de abandono de los bancos de erizos por parte de los buzos

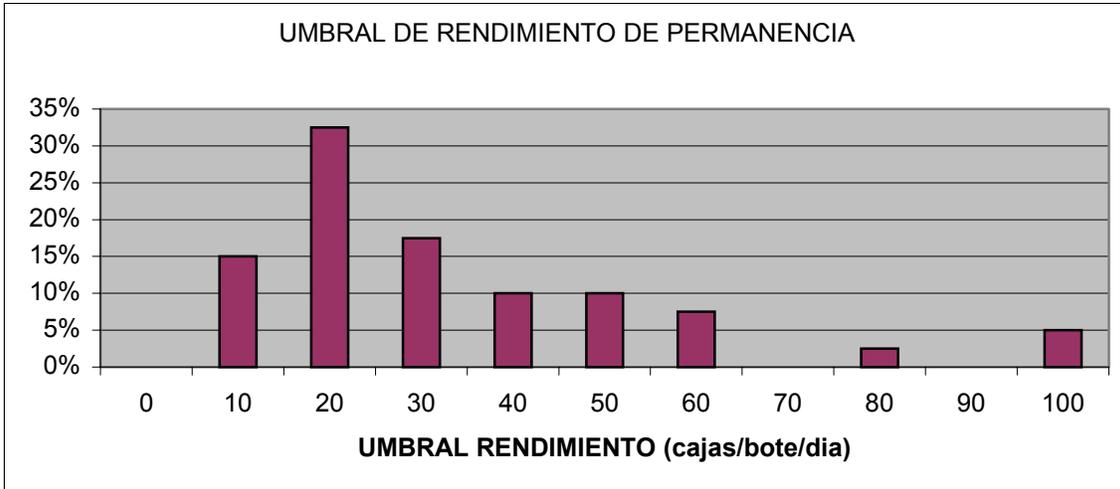


Figura 4.39 Umbral de rendimiento para permanecer en un banco de extracción de erizos. Por debajo de este umbral el pescador abandona el sector de pesca

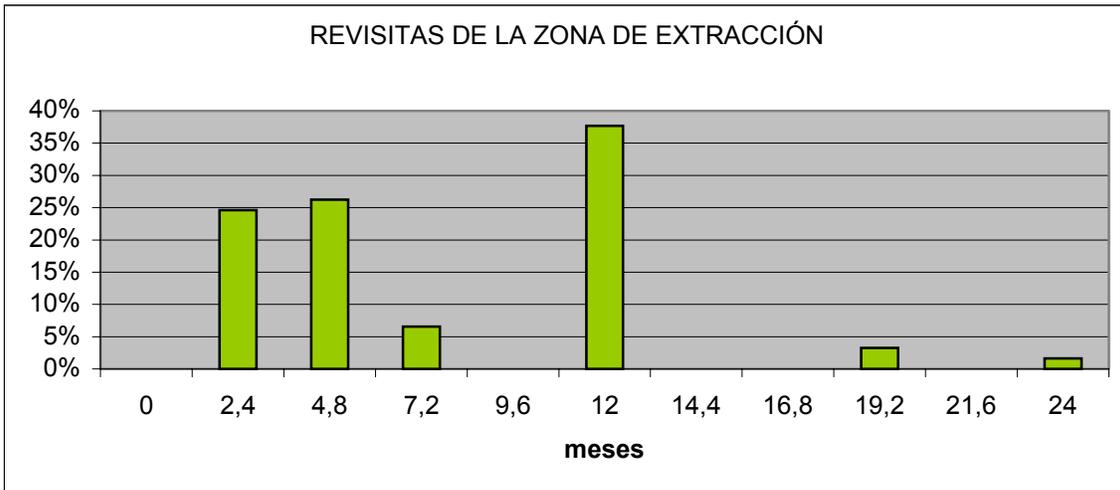


Figura 4.40 Frecuencia de visitas a los bancos de erizos explotados previamente por parte de los buzos.

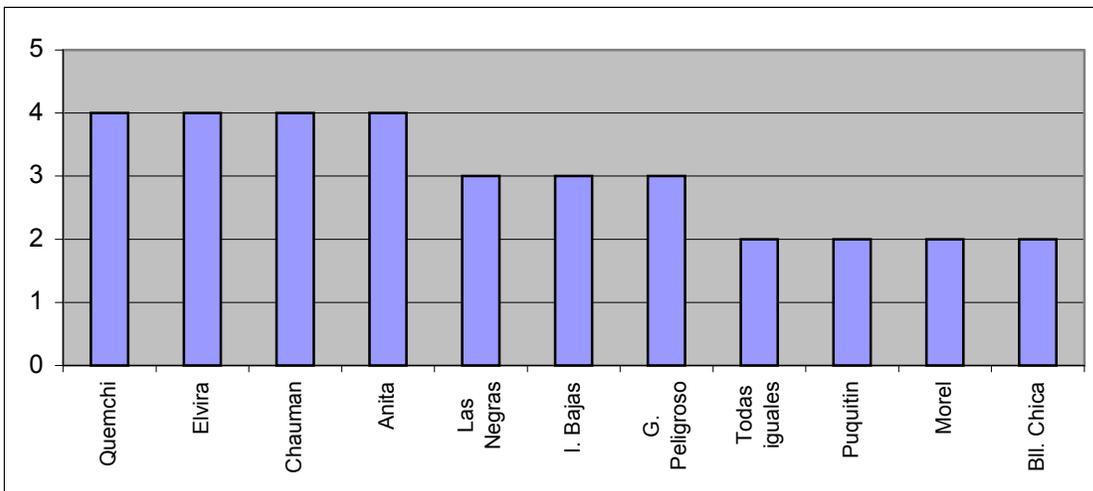


Figura 4.41 Lugares de extracción de erizos con mayor poder de recuperación, según la percepción de los buzos

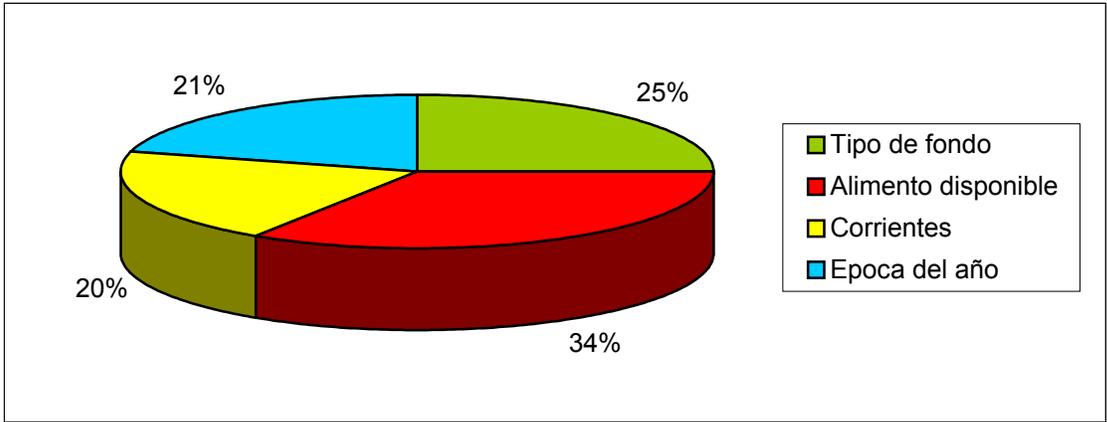


Figura 4.42 Factor asociados a la calidad de los erizos extraídos según los buzos.

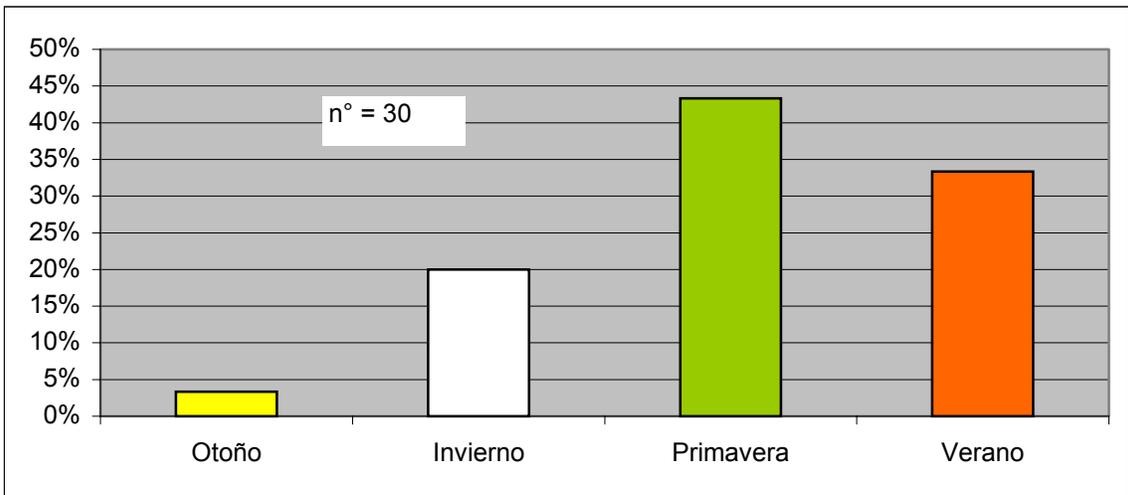


Figura 4.43 Periodo de ocurrencia del fenómeno de gónadas "lechosas". en el erizo

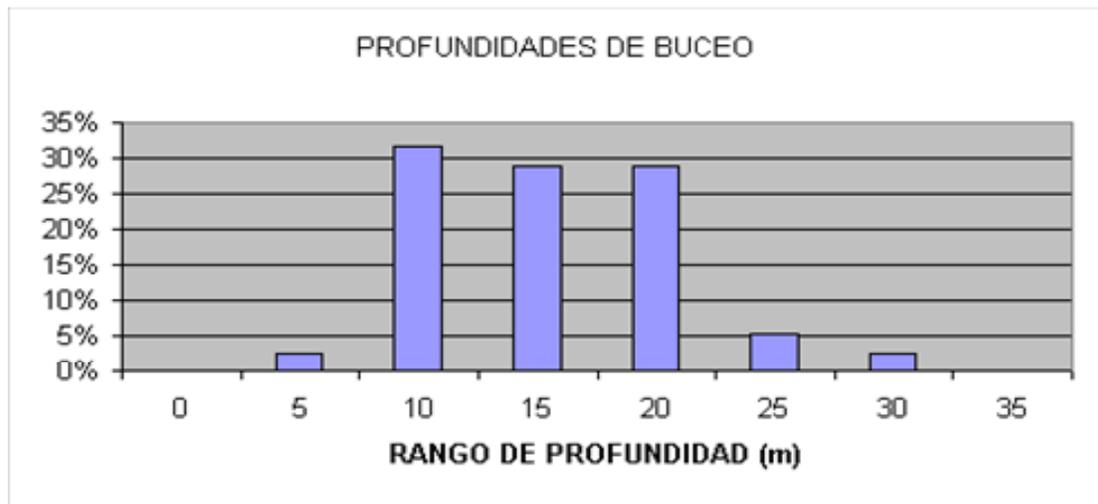


Figura 4.44 Distribución de las profundidades de buceo para el recurso erizo

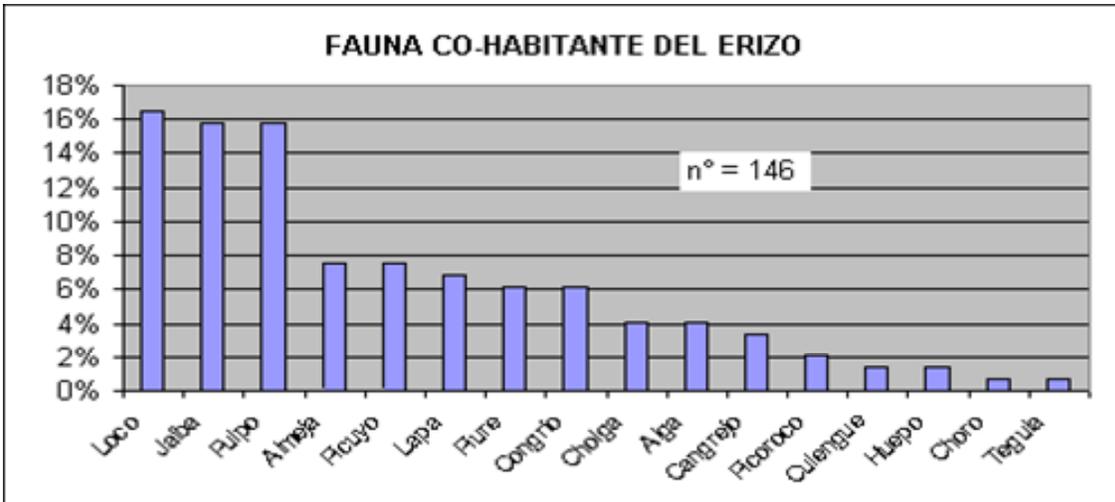


Figura 4.45 Presencia de especies co-habitantes con el erizo.



Figura 4.46 Años de experiencia de los operadores de faenas de erizo.

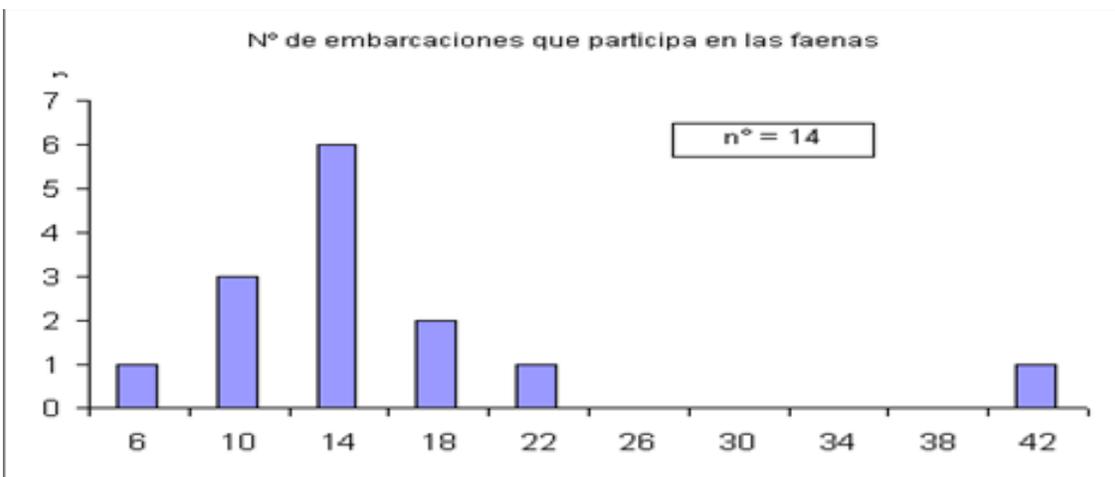


Figura 4.47 Número de embarcaciones promedio por faena de pesca.

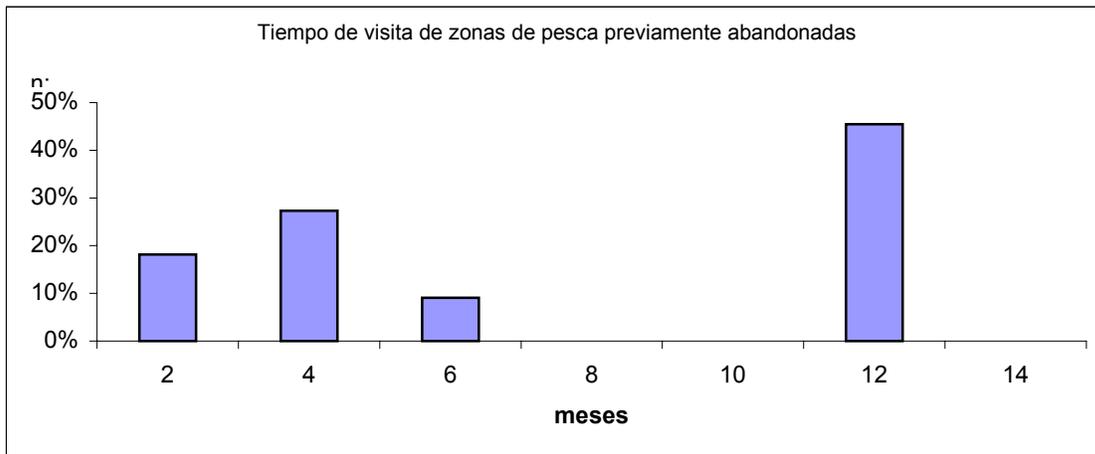


Figura 4.48 Frecuencia de revisitas de zonas de extracción previamente explotadas.

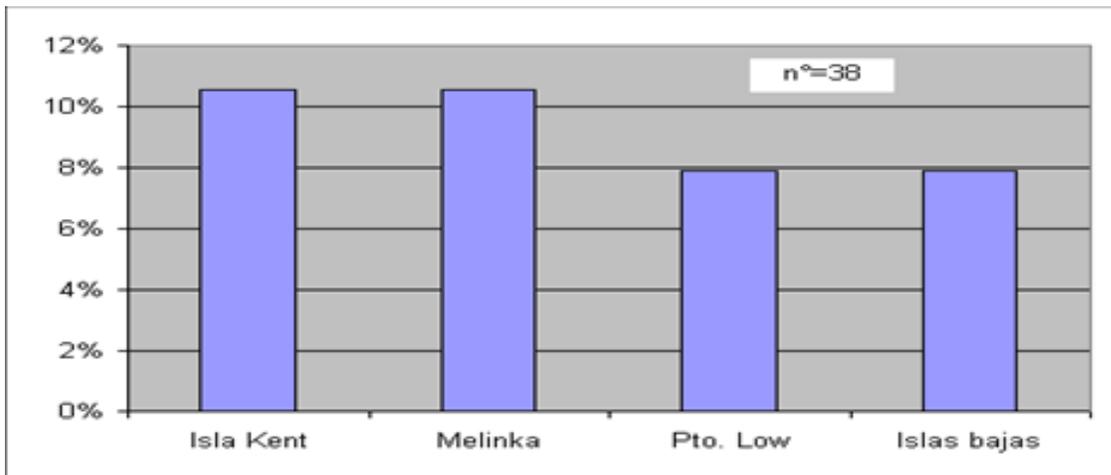


Figura 4.49 Zonas de extracción con mayores niveles de recuperación.

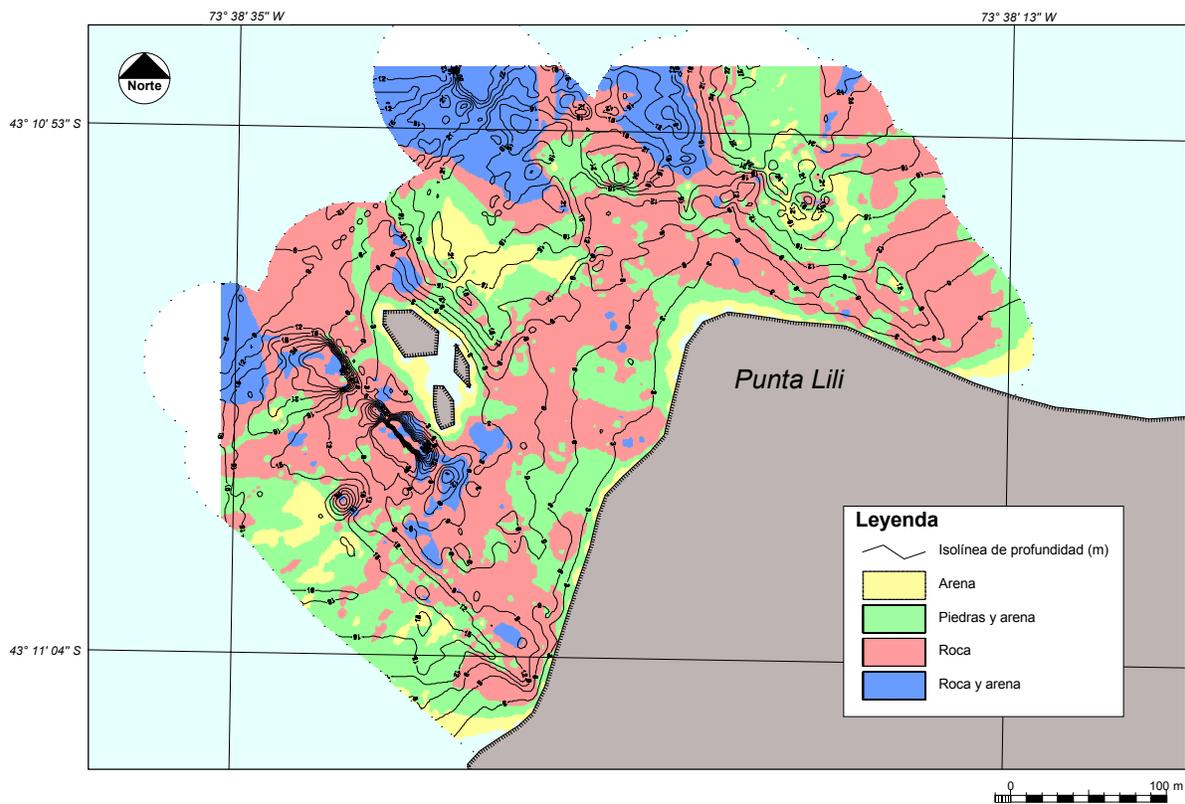


Figura 4.50 Carta batilitológica que muestra la conformación de los tipos de fondo y las profundidades existentes en el sitio de muestreo Piedra Lili.

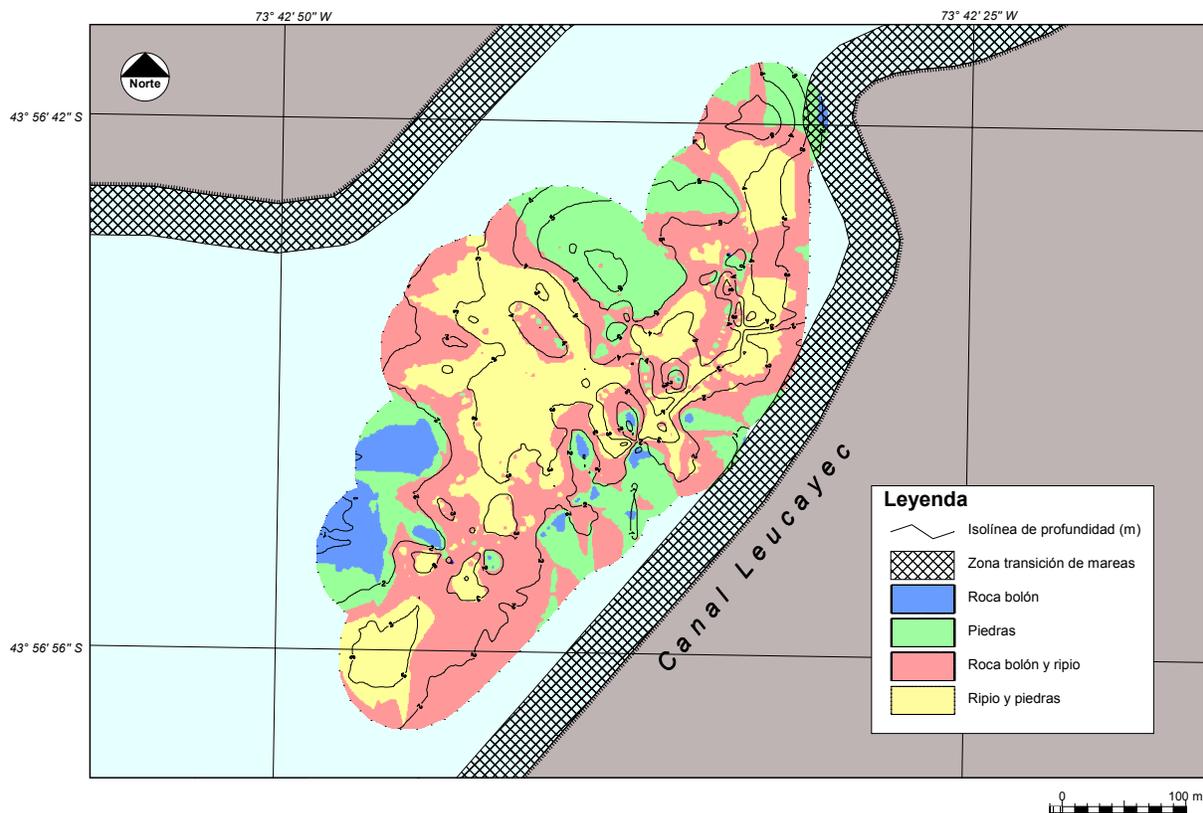


Figura 4.51 Carta batilitológica que presenta la distribución y el tipo de sustratos asociados con su profundidad en el lugar denominado Canal Leucayec,

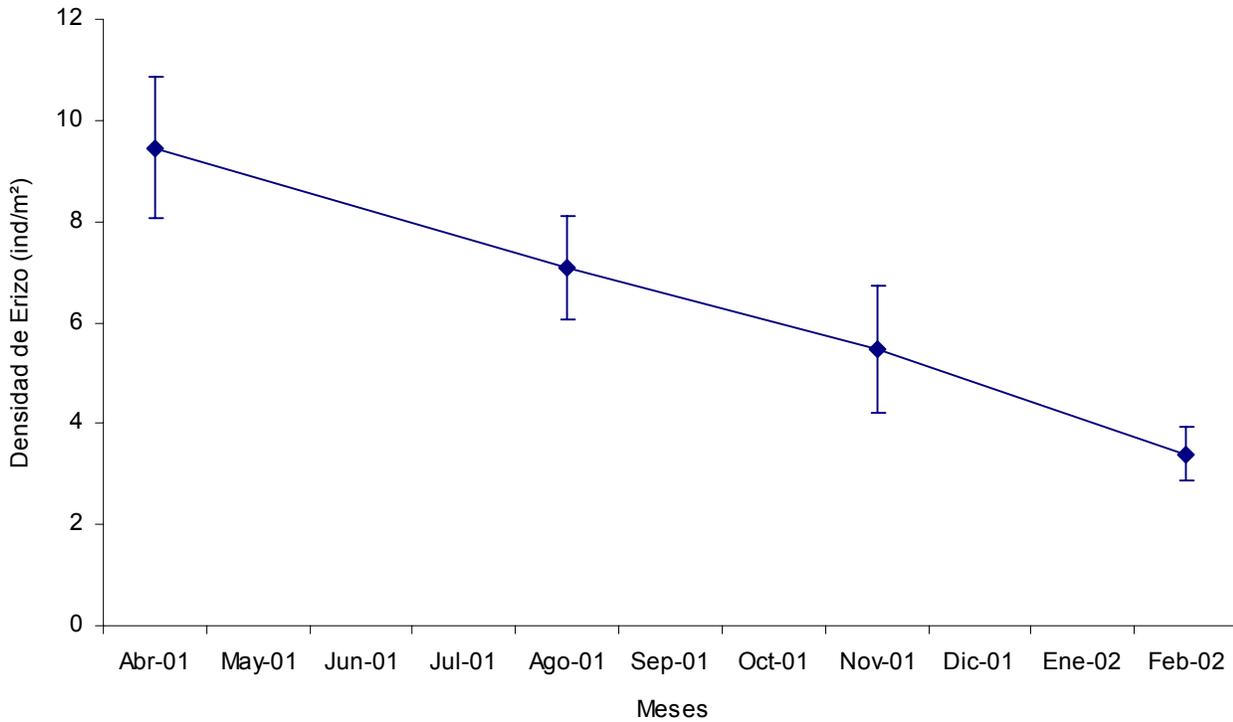


Figura 4.52 Densidad de erizo y límites de confianza observados en el sitio Piedra Lile correspondiente al muestreo realizado en líneas de transectas fijas.

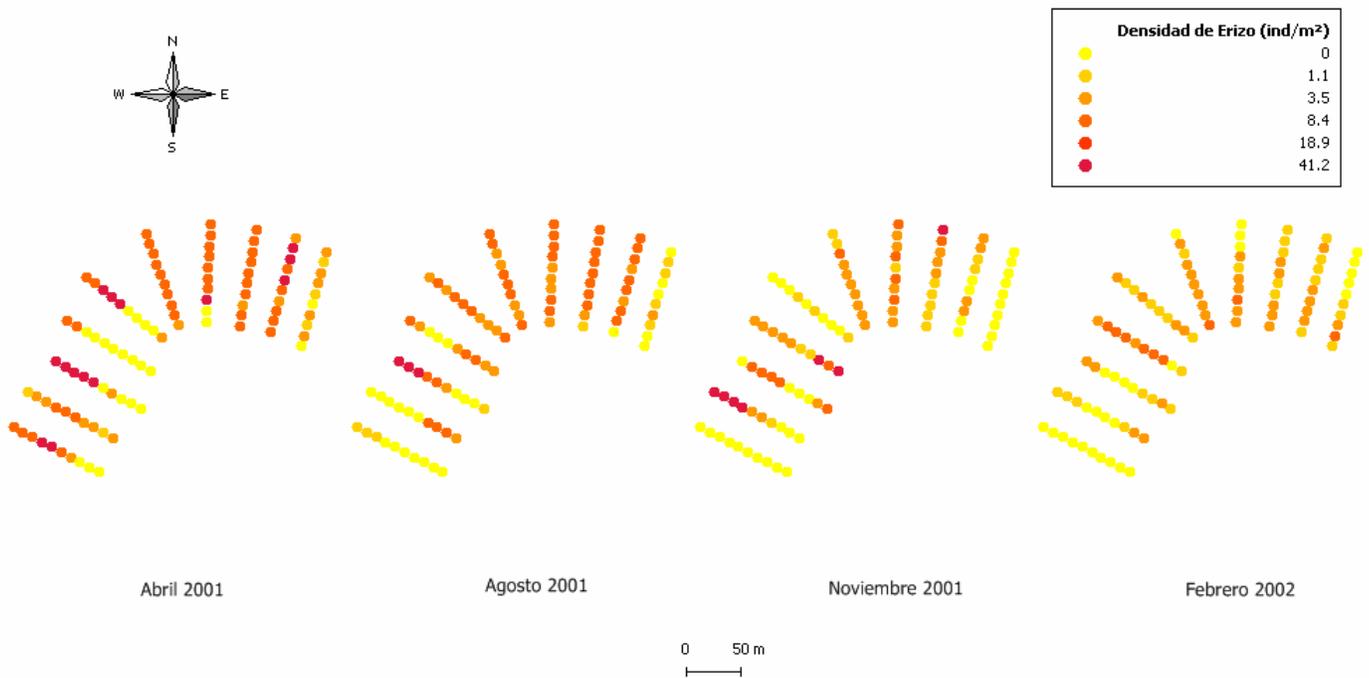


Figura 4.53 Distribución de la densidad de erizo registrada en el sitio Piedra Lile correspondiente a los muestreos realizados en líneas de transectas fijas.

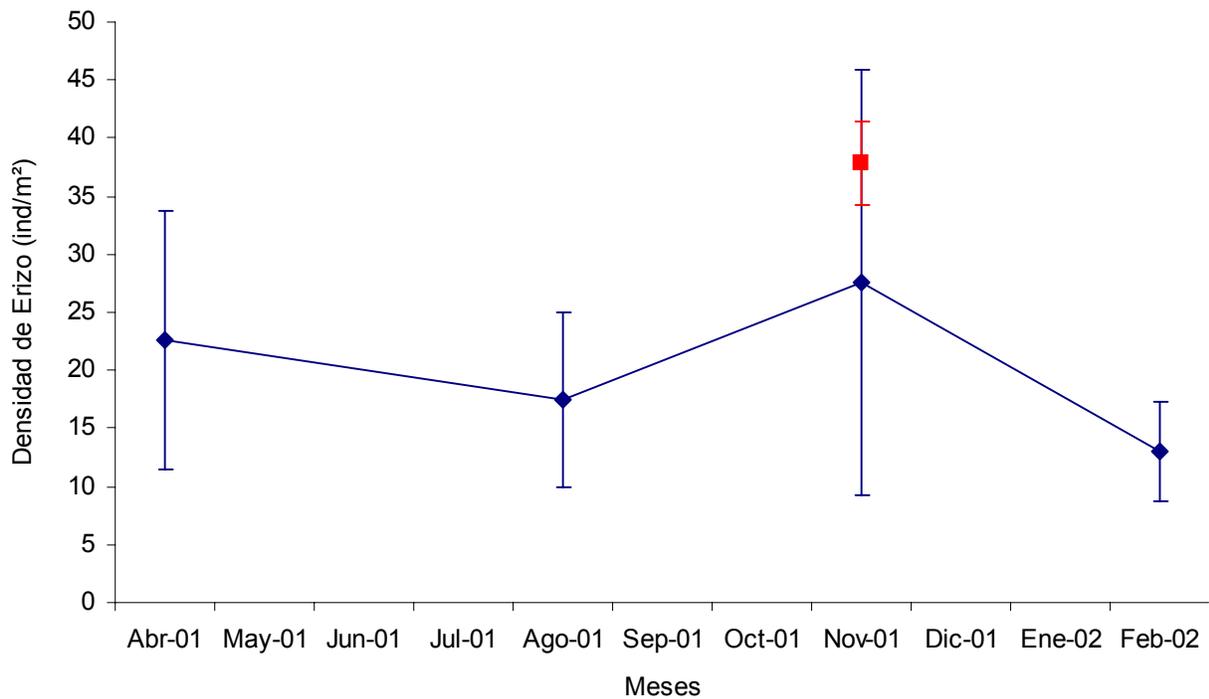


Figura 4.54 Densidad de erizo y límites de confianza observados en el sitio Piedra Lile correspondientes al muestreo realizado en líneas de cuadrantes dispuestas al azar. Se observa en color rojo, el valor obtenido en el mes de noviembre mediante el muestreo realizado con cuadrantes al interior de las líneas de

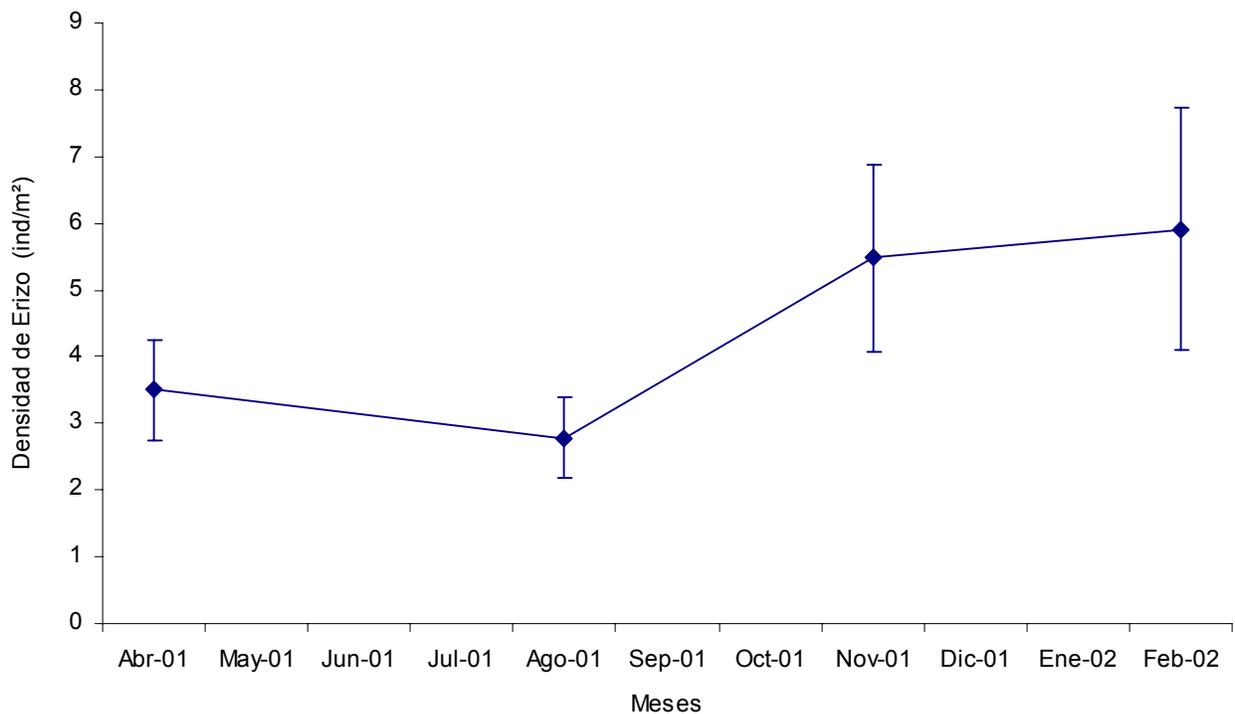


Figura 4.55 Densidad de erizo y límites de confianza observados en los muestreos realizados en líneas de transectas fijas en el Canal Leucayec.

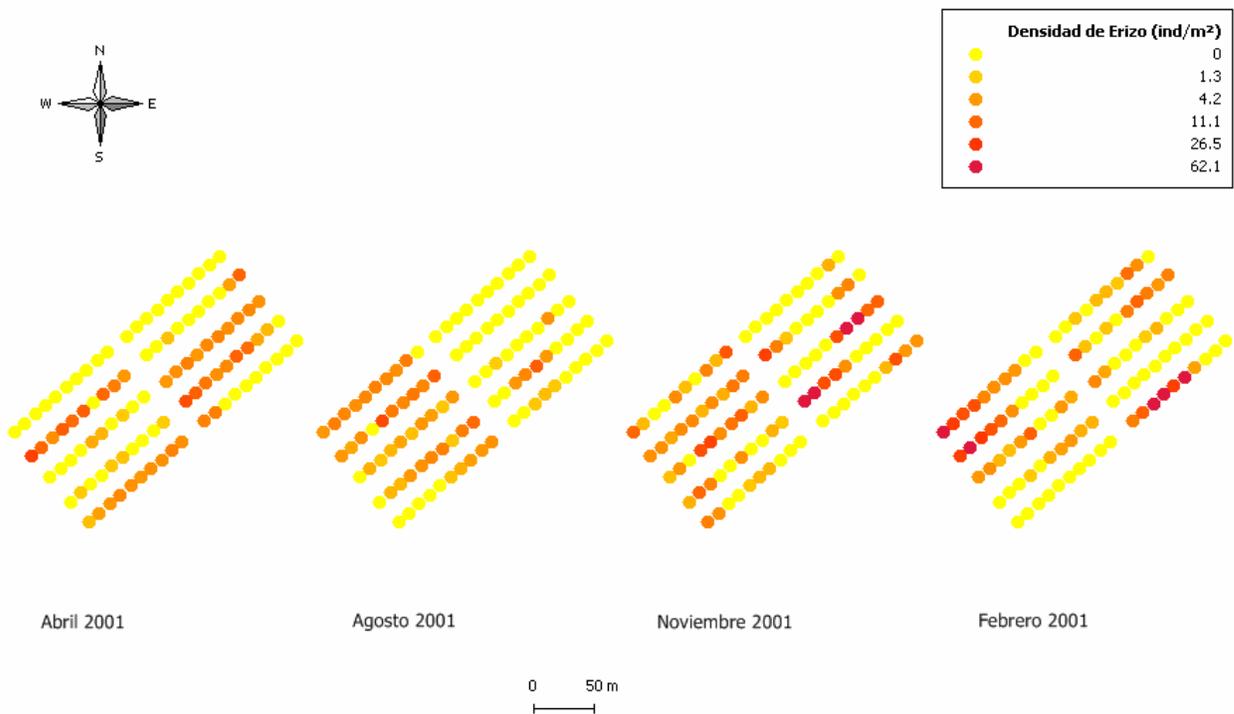


Figura 4.56 Distribución de la densidad de erizo registrada en el Canal Leucayec correspondiente a los muestreos realizados en líneas de transectas fijas.

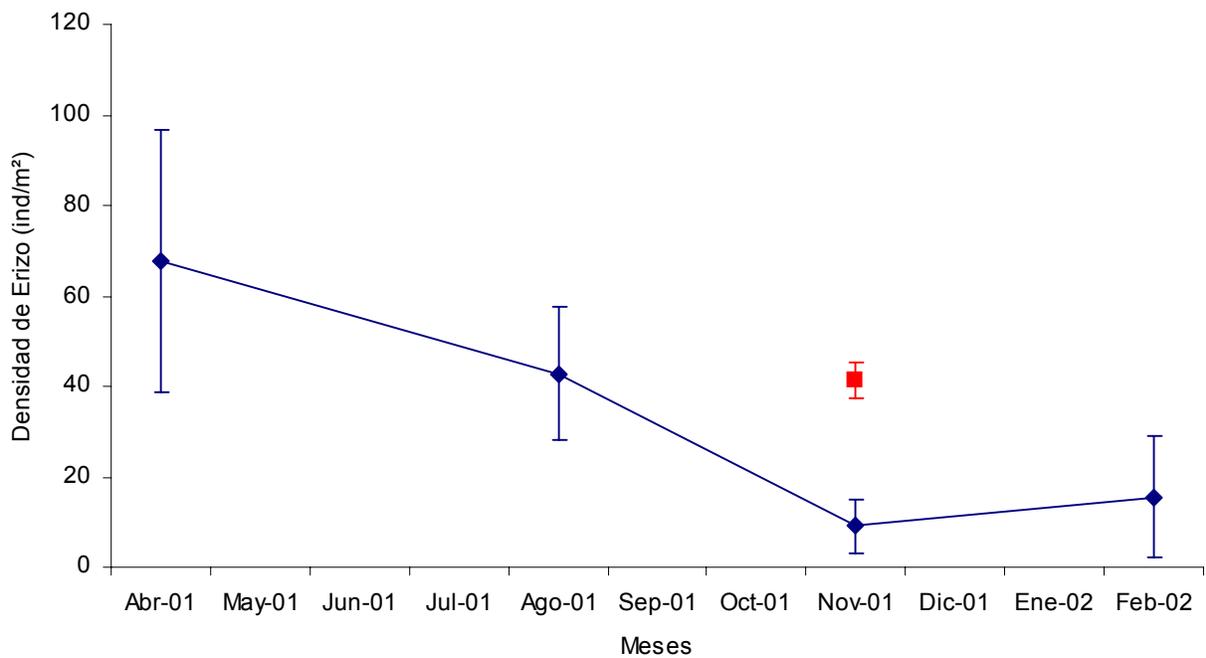


Figura 4.57 Densidad de erizo y límites de confianza observados en el Canal Leucayec correspondientes al muestreo realizado en líneas de cuadrantes dispuestas al azar. Se observa también en color rojo, el valor obtenido en el mes de noviembre mediante el muestreo realizado con cuadrantes al interior de las

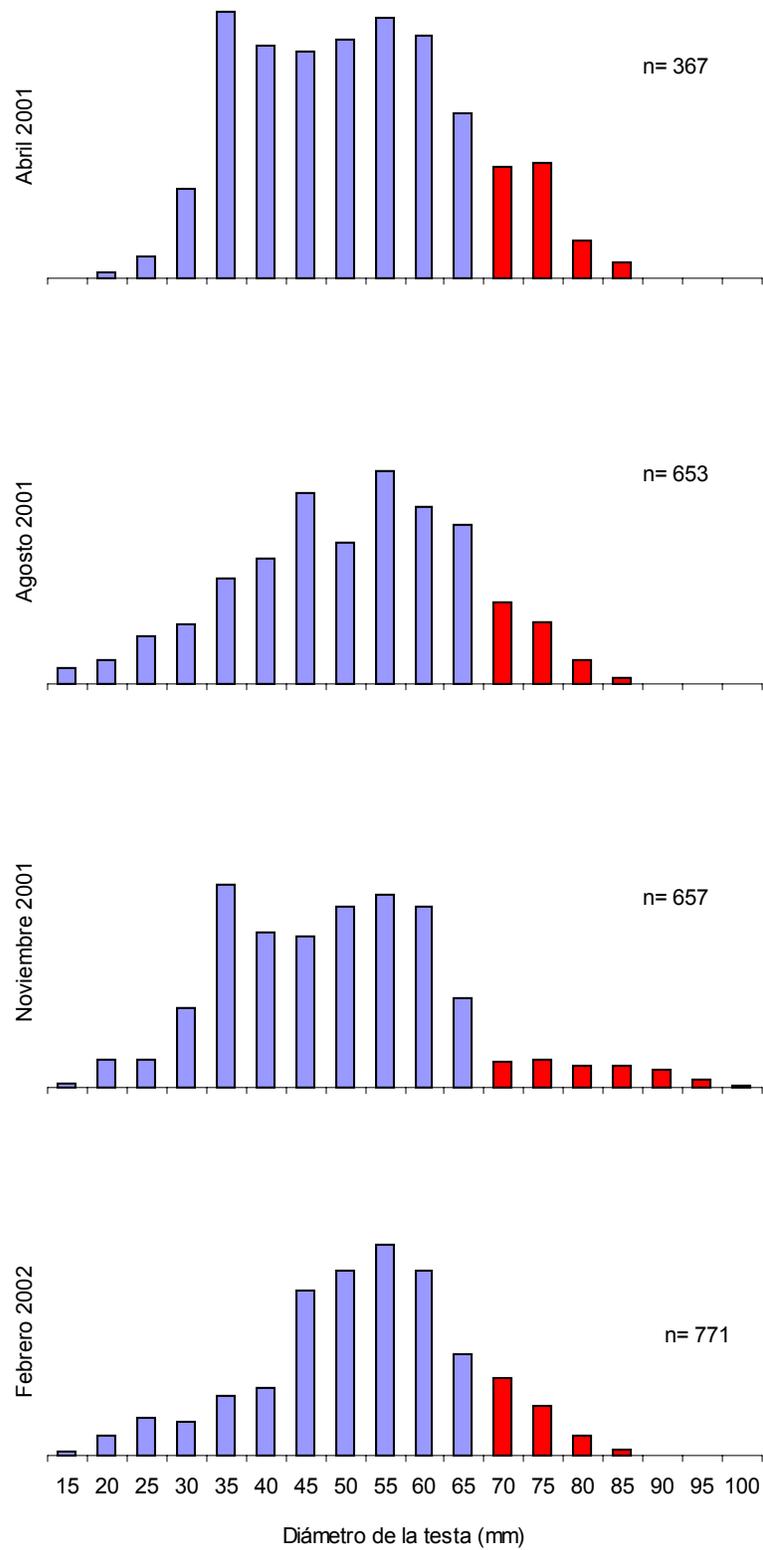


Figura 4.58 Estructura de tallas de la población de erizos presentes en el sitio de estudio denominado Piedra Lile. En color rojo se representa a la población con posibilidad de ser explotada comercialmente (talla mínima de extracción de

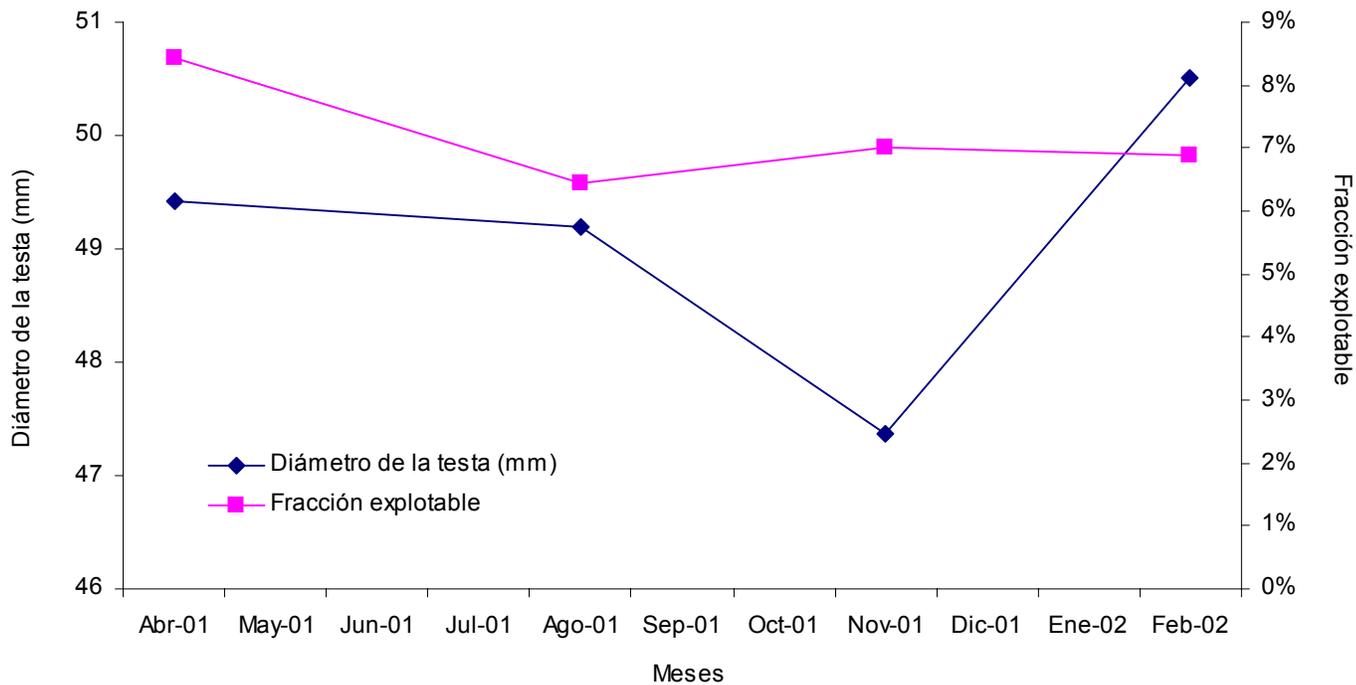


Figura 4.59 Tallas medias y fracción explotable (≥ 70 mm) para la población de erizos presentes en el sitio de estudio Piedra Lile.

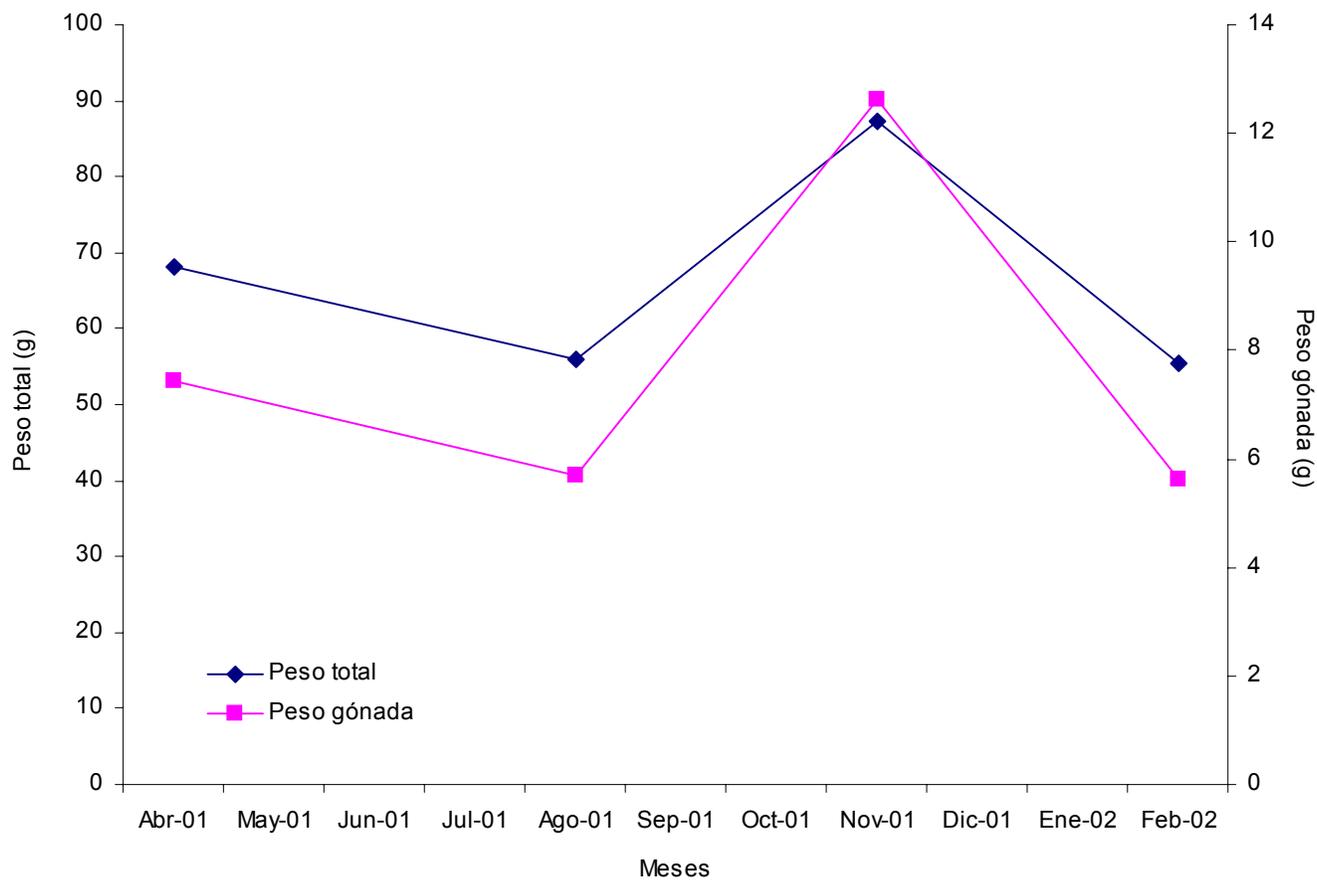


Figura 4.60 Evolución y relación entre el Peso total húmedo y el peso de la gónada de los erizos estudiados en el sector Piedra Lile.

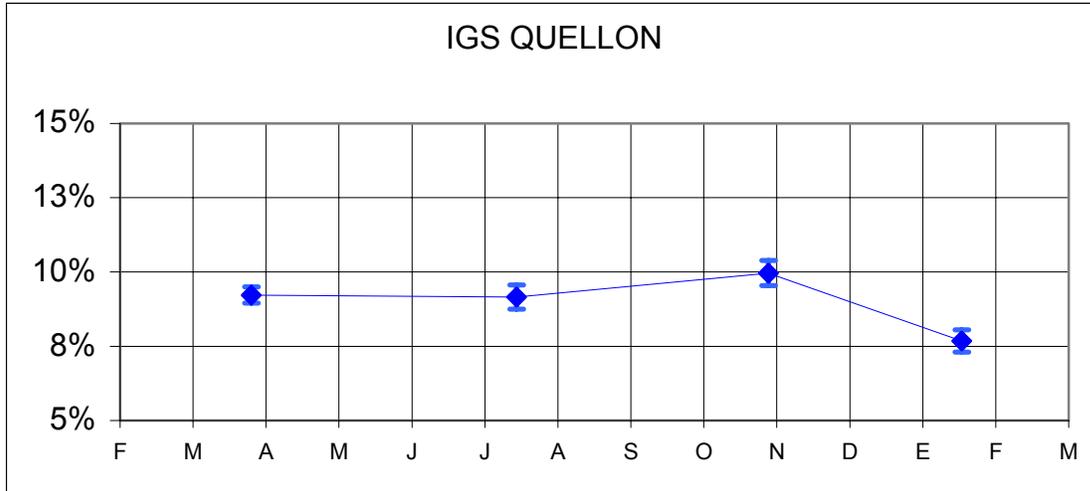


Figura 4.61 Índice gonadosomático del erizo en Punta Lile. Quellón. X región. Las barras corresponden al intervalo de confianza del 95%

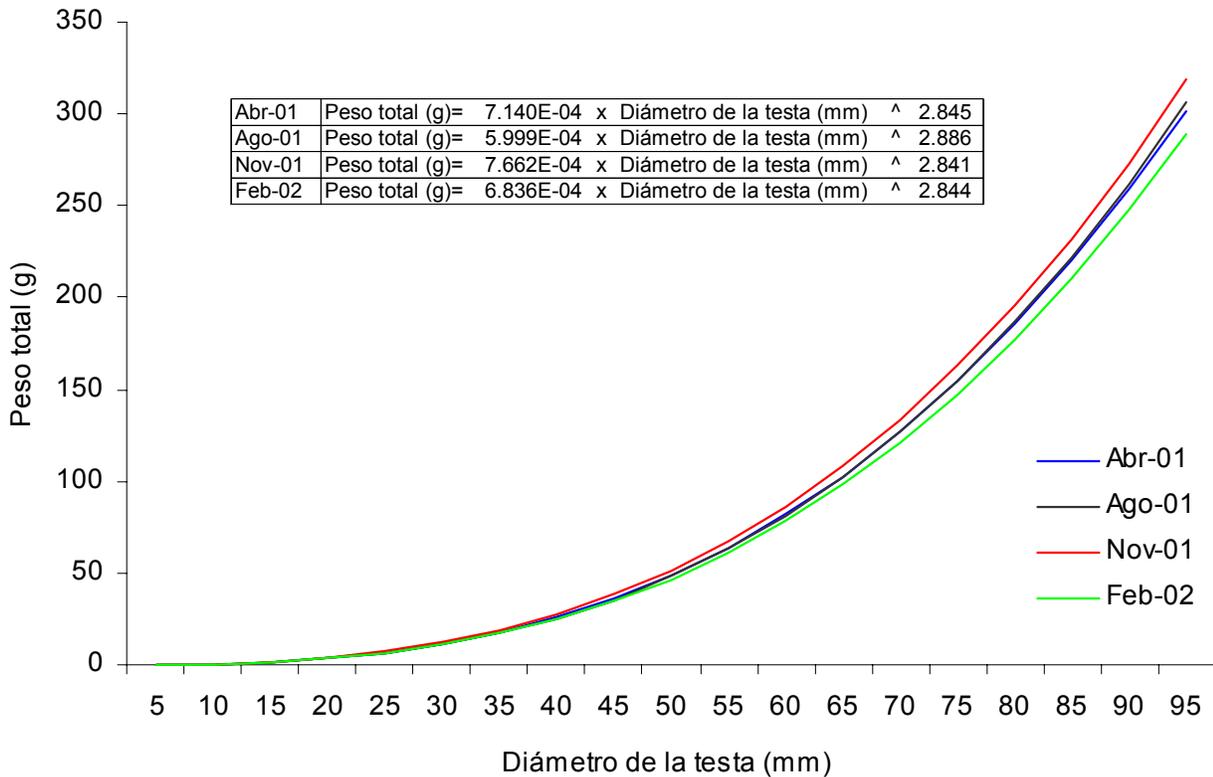


Figura 4.62 Gráfica de la curva y parámetros que descriptores del modelo de potencias que explica la relación entre el diámetro de un erizo y su peso total para el recurso estudiado en Piedra Lile.

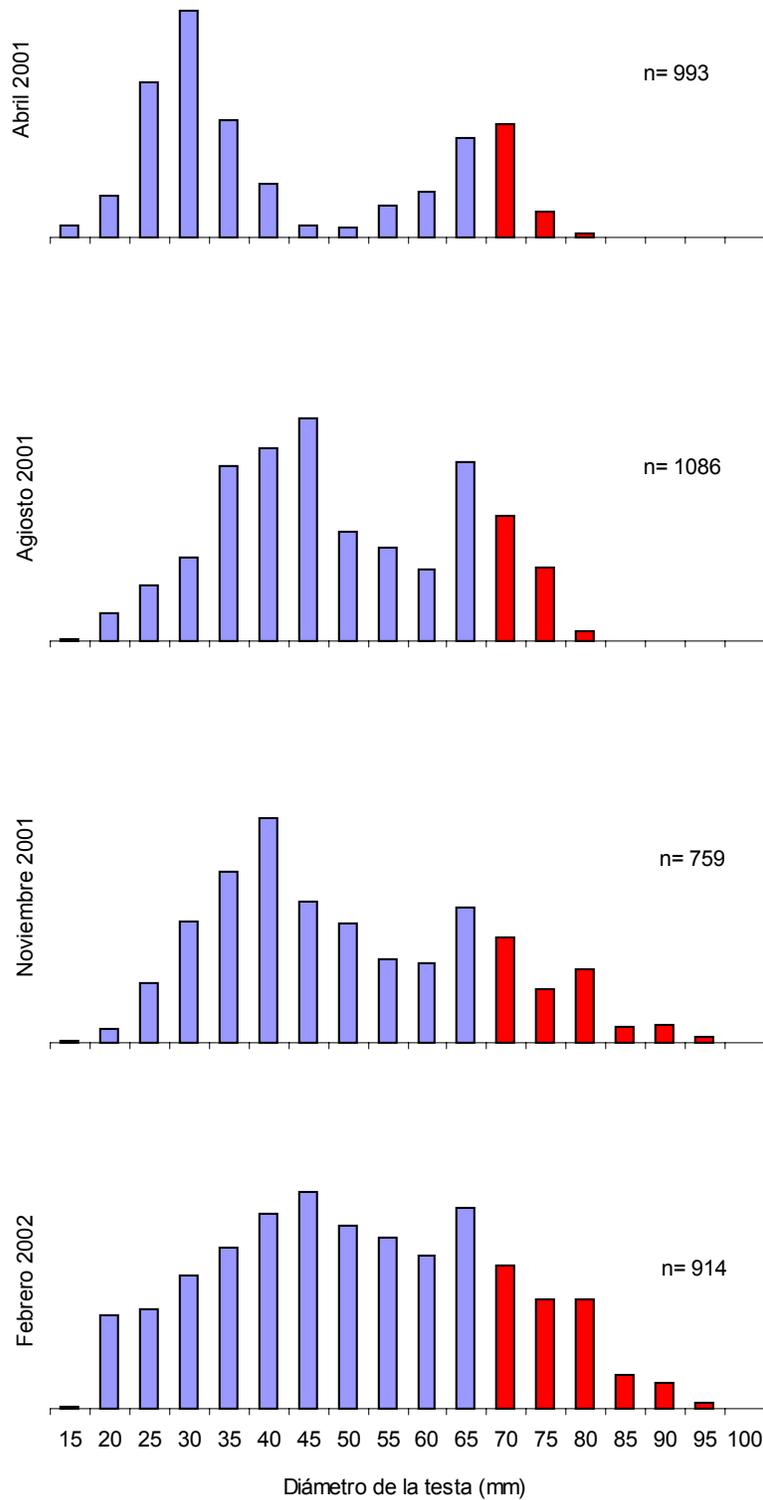


Figura 4.63 Composición mensual de la estructura de tallas resultante de la evaluación directa del recurso erizo en el Canal Leucayec. En color rojo se representa a la población con posibilidad de ser explotada comercialmente (talla mínima de extracción de erizo: 70 mm)

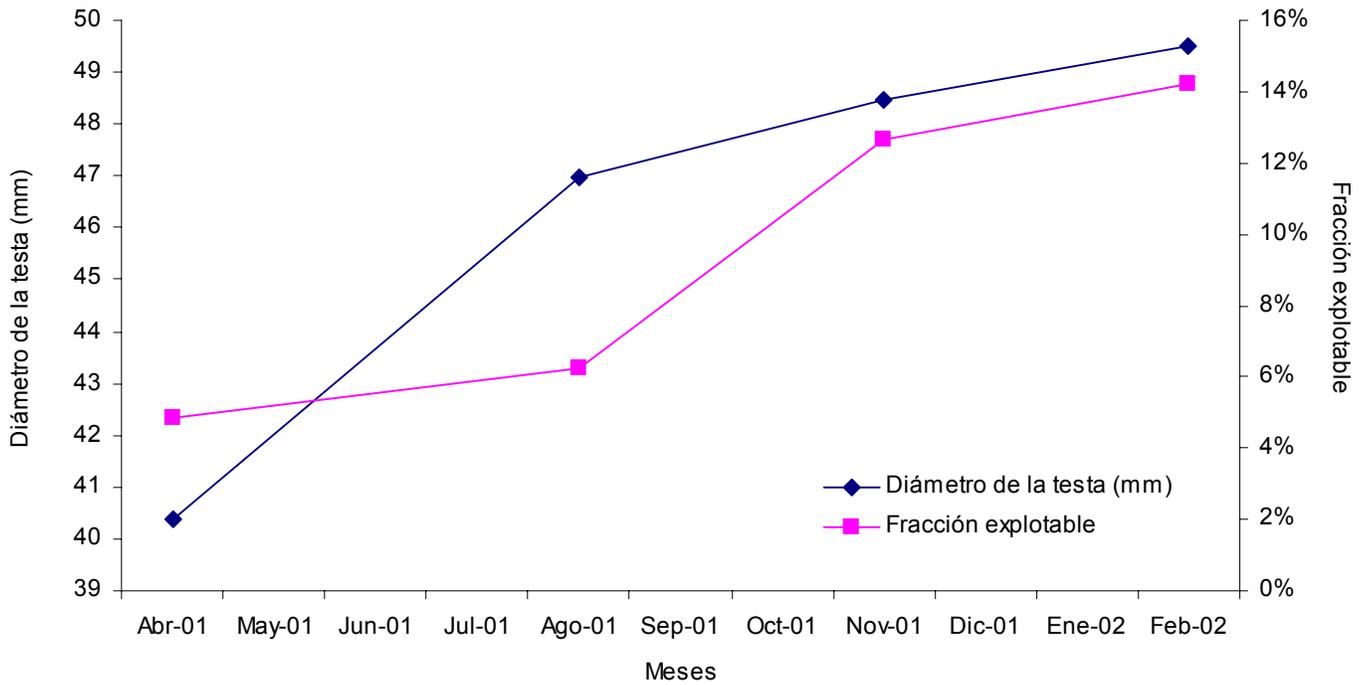


Figura 4.64 Tallas mensuales promedio y fracción explotable de la población (≥ 70 mm) observadas en la población de erizos del Canal Leucayec.

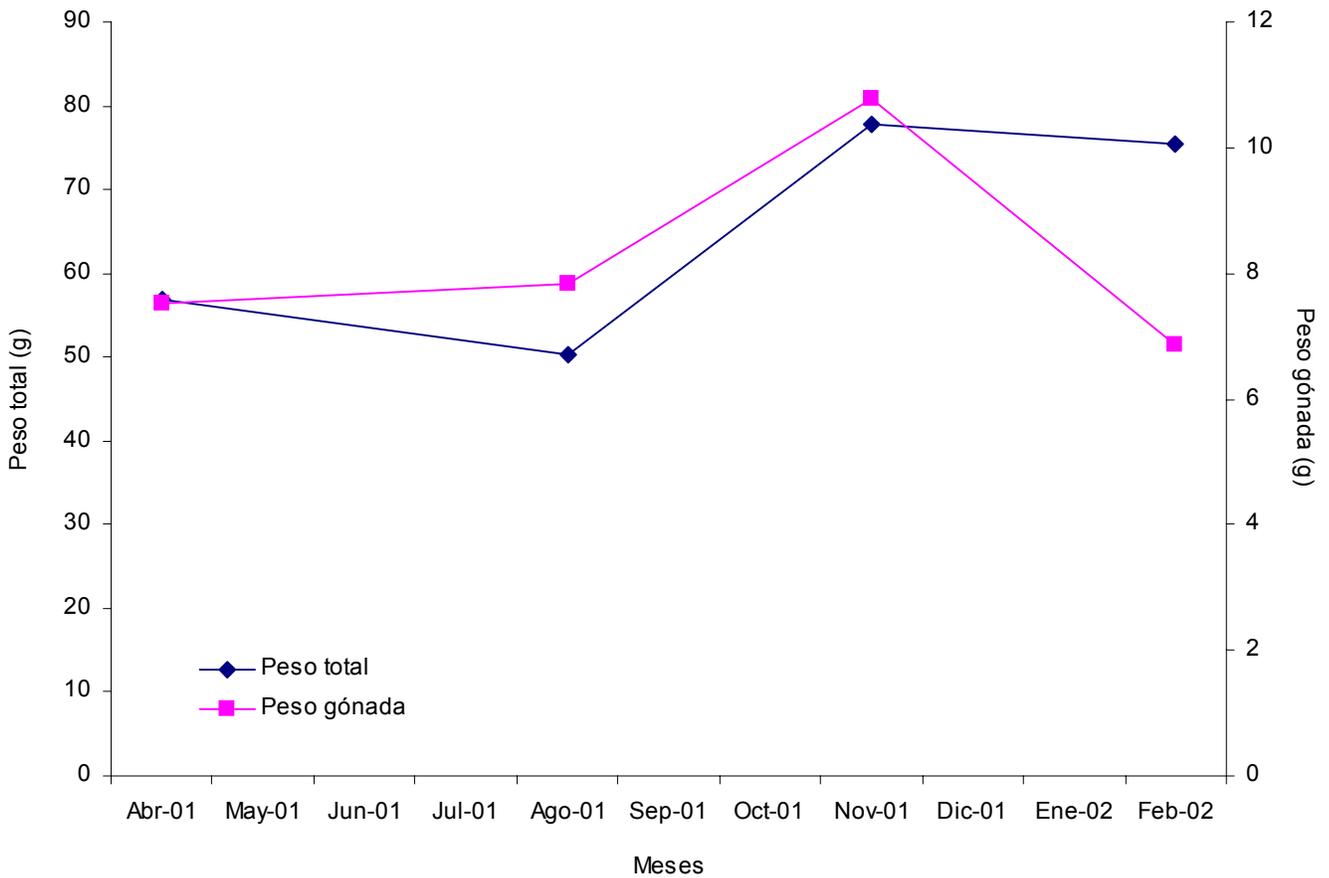


Figura 4.65 Gráfica que muestra la variación mensual del Peso total y el Peso de la gónada de los erizos estudiados en el Canal Leucayec.

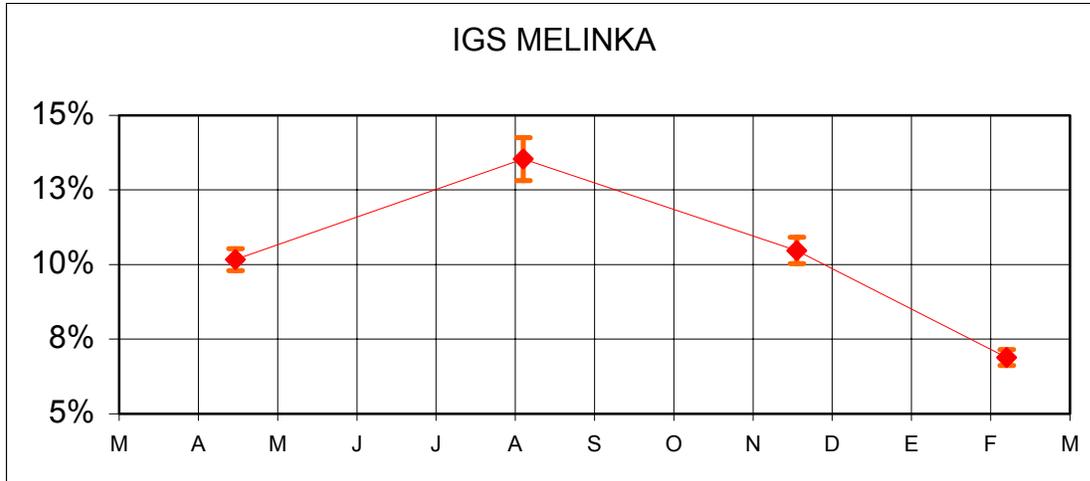


Figura 4.66 Índice gonodosomático del erizo en Canal Leucayec. Melinka. XI región. Las barras corresponden al intervalo de confianza del 95%

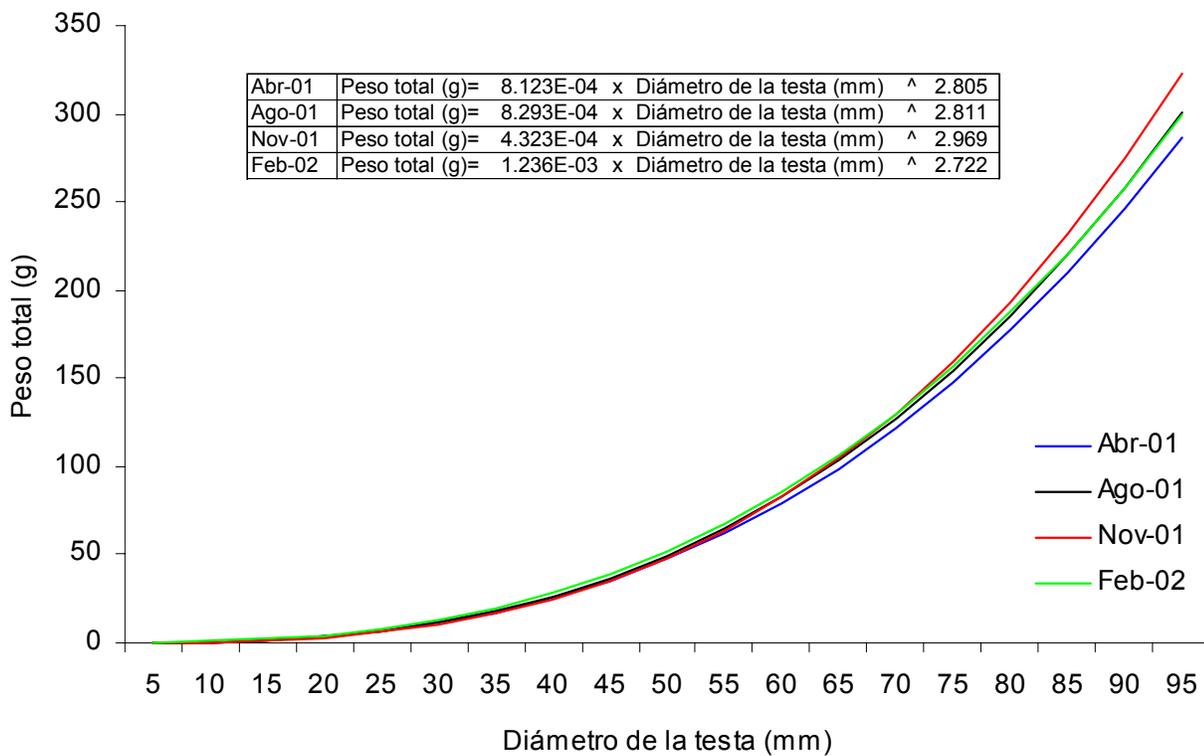


Figura 4.67 Variación entre períodos de la relación de potencias existente entre el Diámetro de un erizo y su Peso total para la población estudiada en el Canal Leucayec.

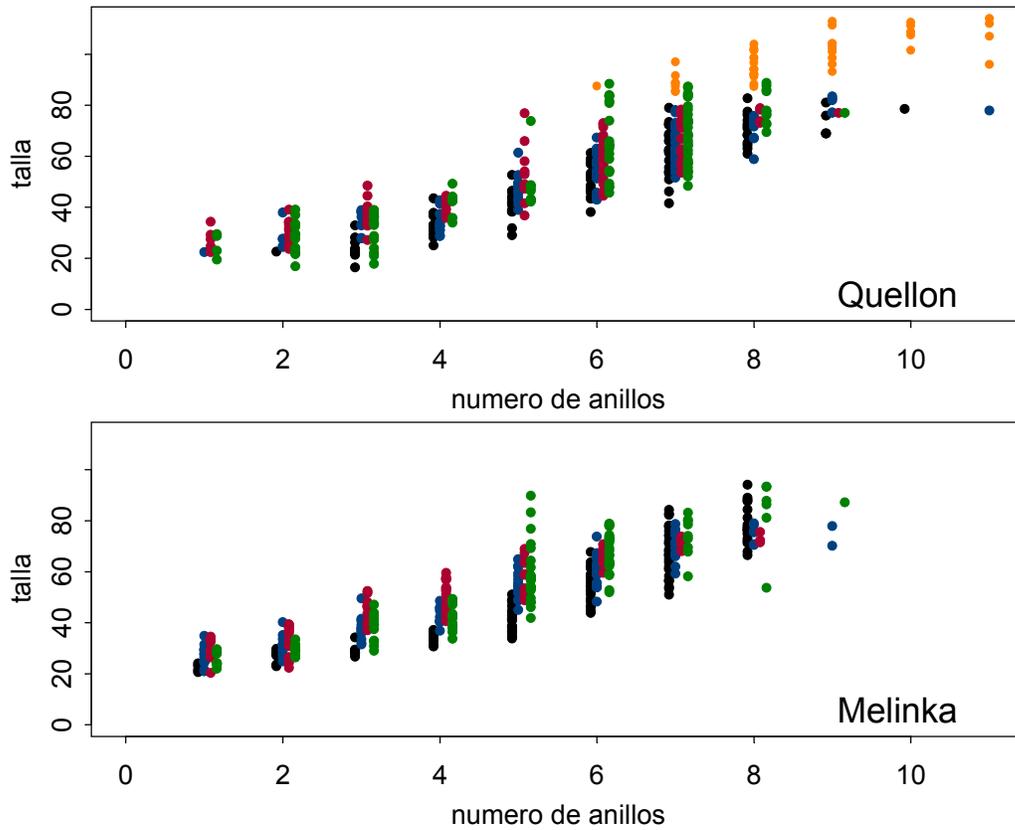


Figura 4.68 Relación entre talla y número de anillos para muestras de erizo colectadas en Quellón y Melinka en los meses de febrero 2002 (negro), abril 2001 (azul), agosto 2001 (rojo) y noviembre 2001 (verde). Para Quellón se agregó una muestra especial de animales de tallas grandes (naranja) colectada en julio 2002. Los datos correspondientes a los distintas muestras fueron graficados en forma levemente desfasada para facilitar su visualización.

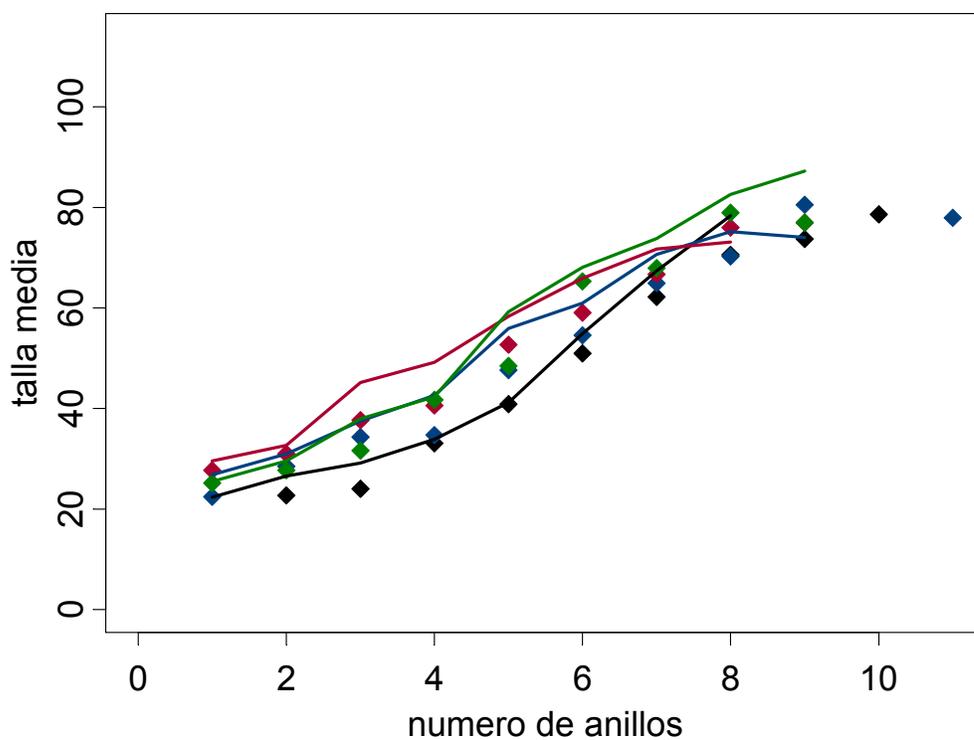


Figura 4.69. Tallas medias a la edad para muestras de erizos colectadas en Quellón (puntos) y Melinka (líneas) en los meses de febrero 2002 (negro), abril 2001 (azul), agosto 2001 (rojo) y noviembre 2001 (verde).

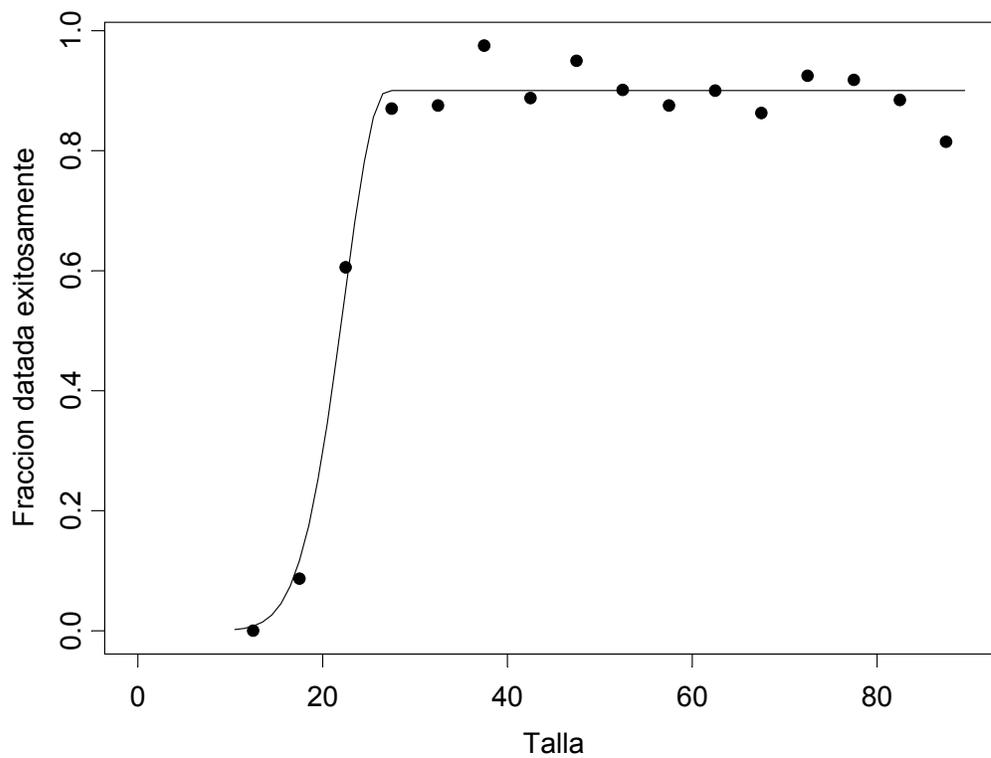


Figura 4.70 Fracción de erizos a los que se les pudo contar el número de anillos exitosamente en función de la talla. La línea corresponde a una función Gaussiana (mitad izquierda) ajustada a las fracciones observadas.

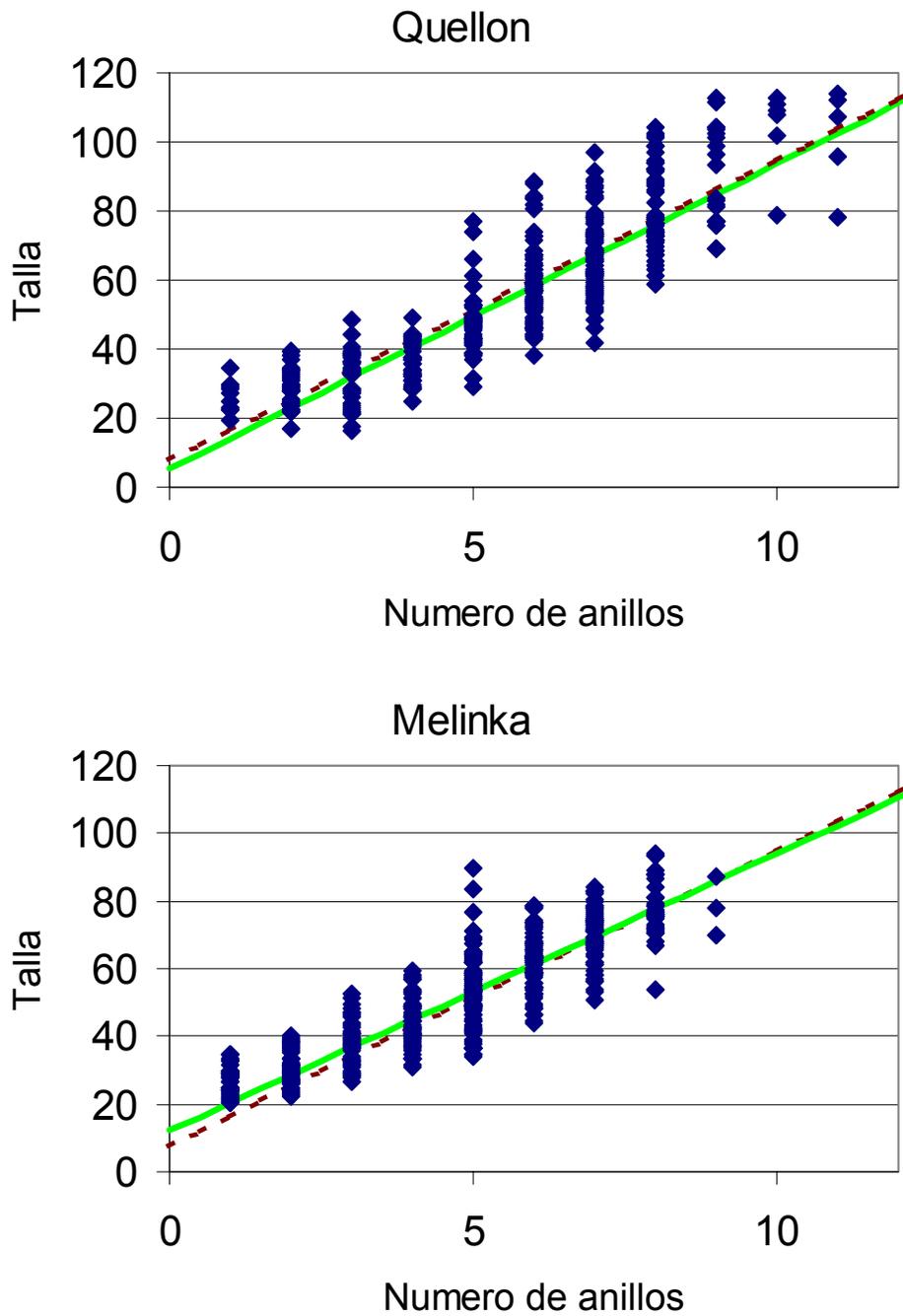


Figura 4.71 Relación entre la talla y el número de anillos para las muestras de erizo tomadas en Quellón y en Melinka (puntos) junto con los resultados de los ajustes del modelo de Von Bertalanffy. Líneas sólidas: ajustes realizados para los dos lugares por separado; líneas quebradas: ajuste realizado para el conjunto de datos.

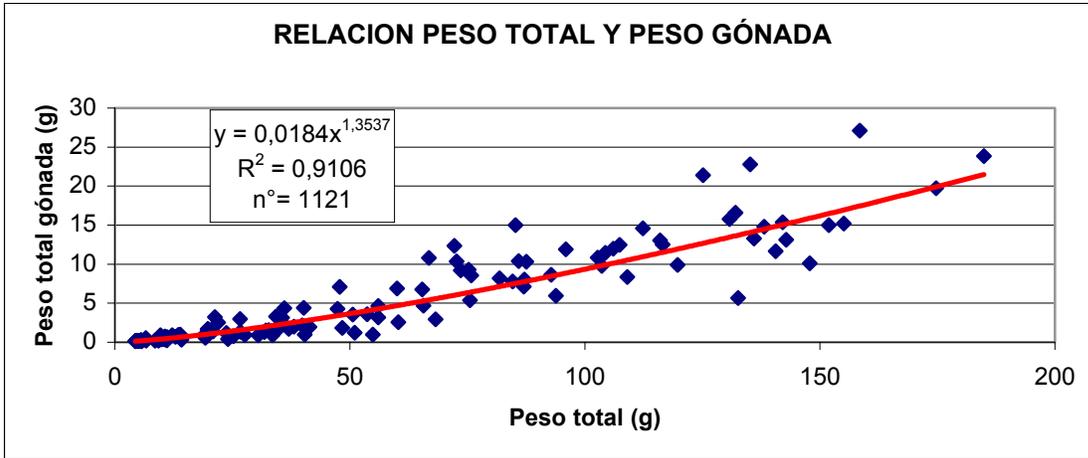


Figura 4.72 Relación Peso total(g) versus Peso total gónada (g). El peso total incluye el peso del cangrejo comensal

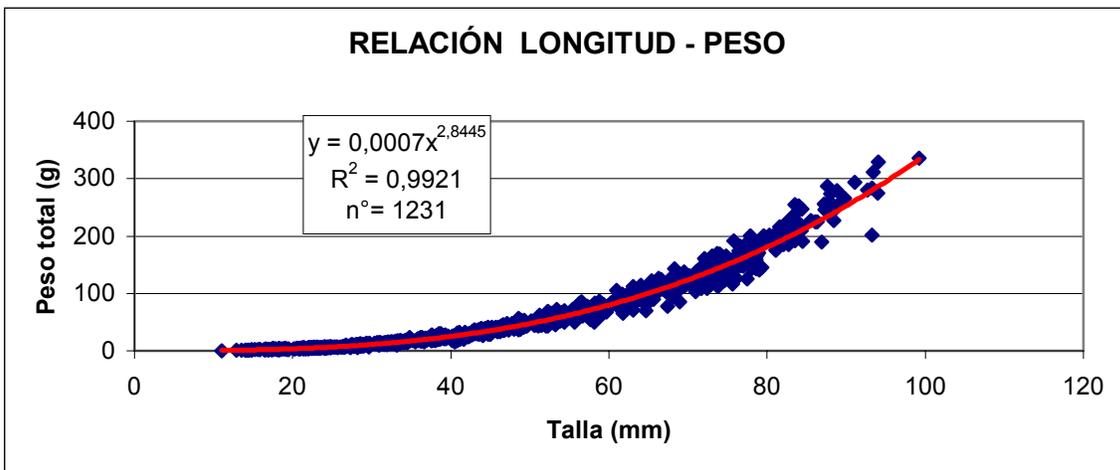


Figura 4.73 Relación longitud (diámetro de la testa en mm) versus peso total(g)

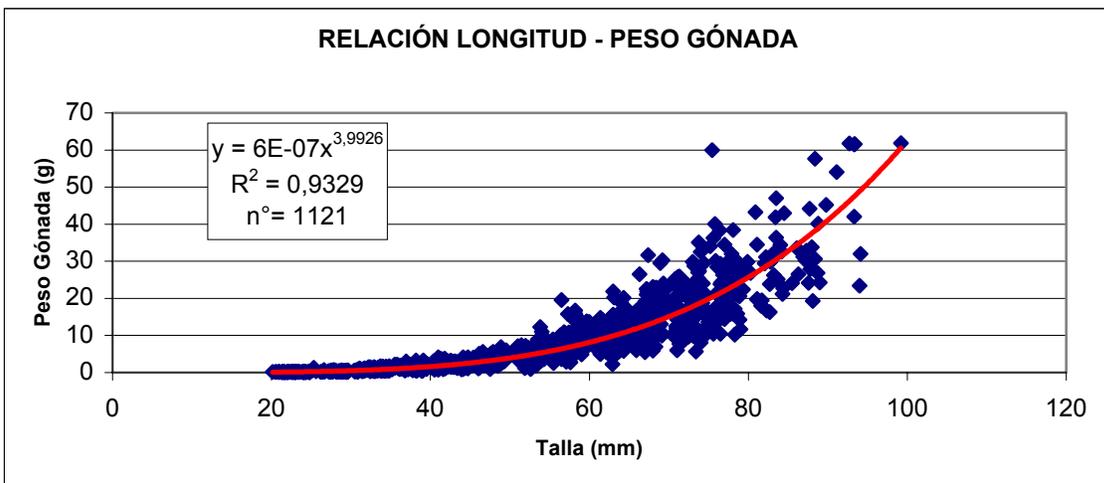


Figura 4.74 Relación longitud (diámetro de la testa en mm) versus peso gónada(g)

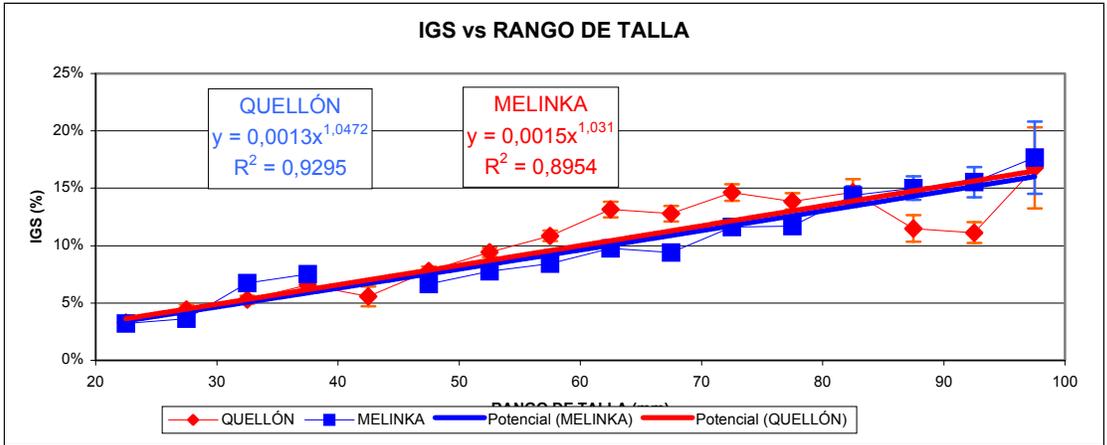


Figura 4.75 Índice gonadosomático del erizo en relación a la talla para Punta Lile (X región) y Canal Leucayec (XI región)

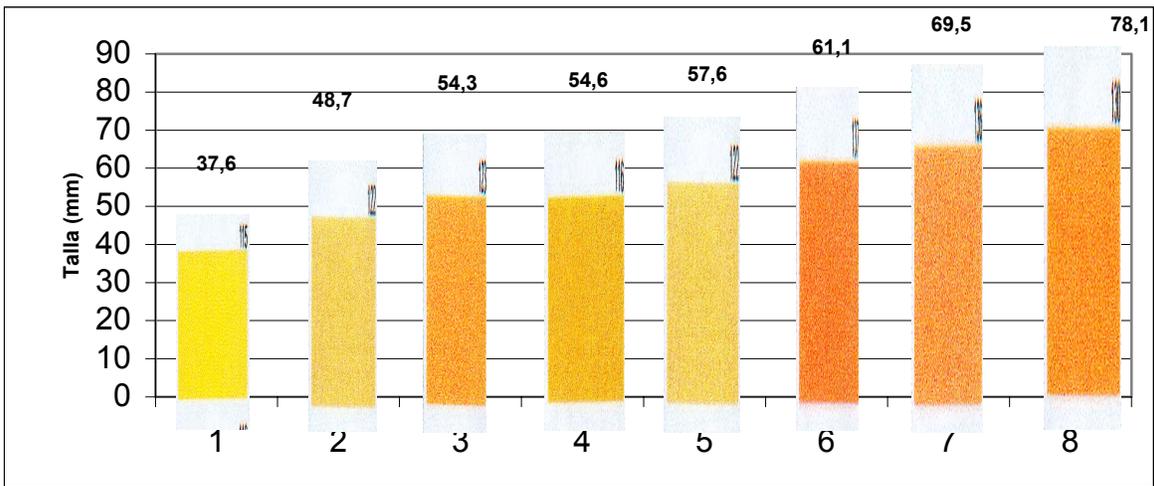


Figura 4.76 Gradiente de coloración de las gónadas del erizo en función del tamaño del ejemplar

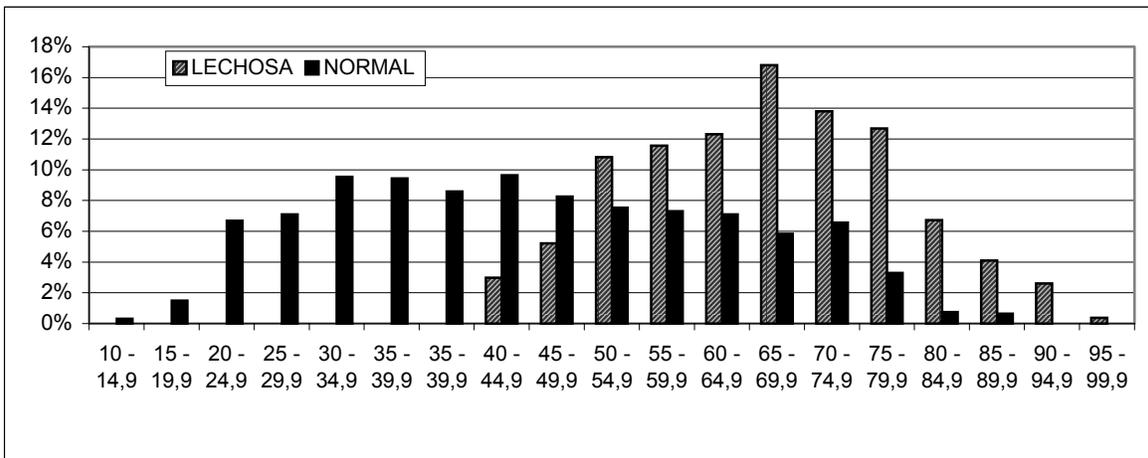


Figura 4.77 Estructuras de talla de erizo con presencia de gónadas normales y lechosas, en base a los cuatro muestreos realizados en Punta Lile y Canal Leucayec.

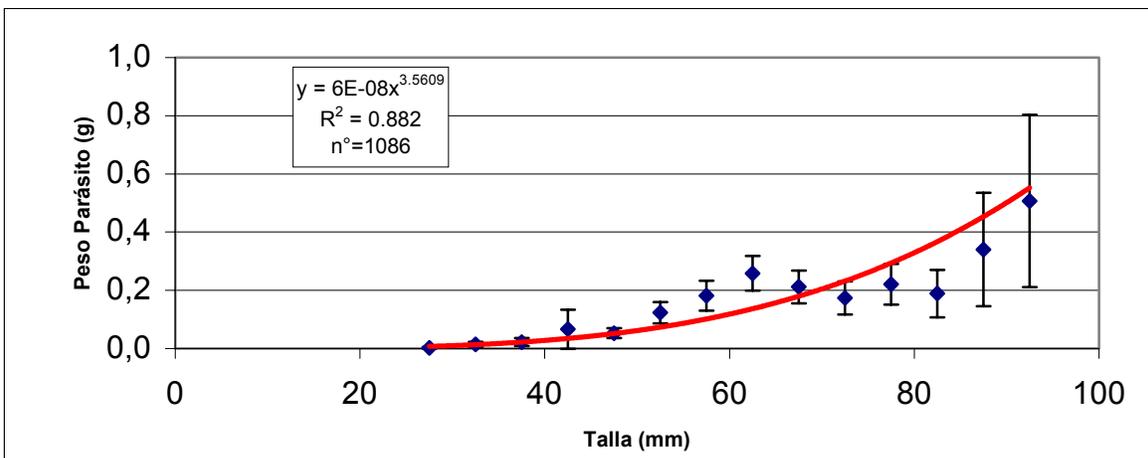


Figura 4.78 Relación entre el peso medio del comensal del erizo (*Pinnaxodes* sp) y la talla del ejemplar huésped

FOTOS

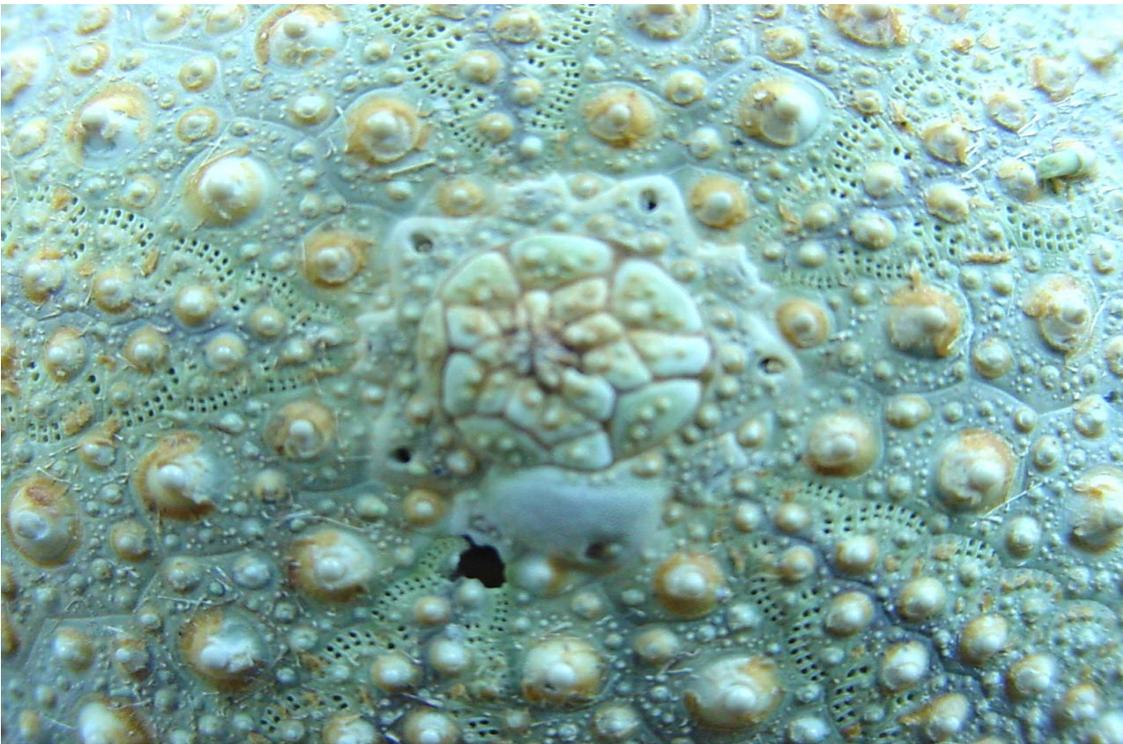


Foto 1. a) Testa de erizo; b) Un acercamiento de la Corona de placas aborales *Loxechinus albus*

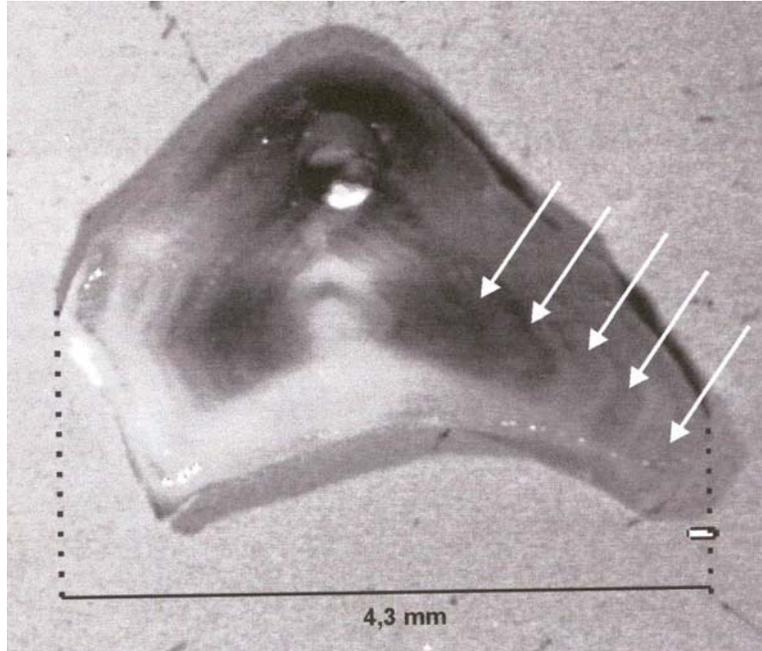
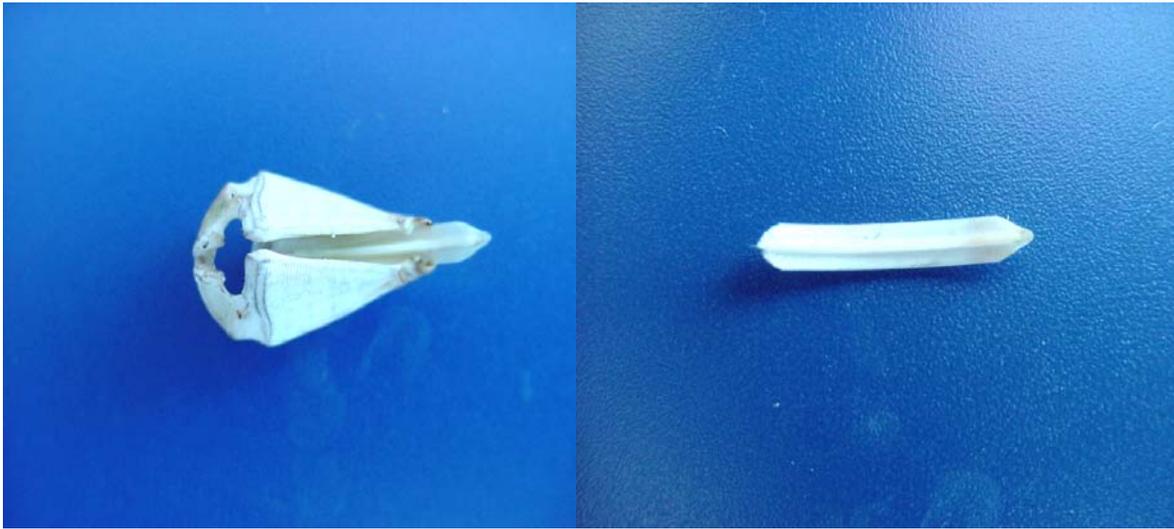


Foto 2 Placa gonádica de erizo *Loxechinus albus*, observada con luz reflejada, edad 5



a)

b)



c)

d)

Foto 3. *Loxechinus albus*. a) Mandíbula con diente; b) Diente; c y d) Linterna de aristóteles

ANEXOS

A N E X O 1

**Encuesta a pescadores artesanales e
industriales ericeros**

ANEXO 1

Encuestas

FORMA 1 : PESCADORES

Fecha :.....

Caleta :.....

Nombre del encuestador:.....

Información sobre los buzos

1. Nombres y Apellidos del encuestado:

.....

2. ¿Cuántos años de experiencia tiene en buceo?.....

3. Actualmente, ¿qué recursos extrae?

4. ¿Hace cuántos años se dedica a la pesca de este recurso?.....

5. ¿Desde donde vino a esta región? ¿En que año?.....

6. Su padre, ¿era pescador o buzo?.....

7. ¿De que manera trabaja?

Individualmente..... Como parte de faenas.....

En bote....., en lancha....., otro.....

8.- La embarcación en la cual Ud. trabaja es propiedad de:

Suya?.....¿De otro pescador?.....¿De una empresa?.....

En el último caso, ¿Cuál empresa?.....

9.- El equipo de buceo que Ud. usa ¿es de su propiedad?

Hooka: propia.....empresa.....armador.....

Traje de buceo: propio.....empresa.....armador.....

10.- ¿Qué parte del equipo de buceo repone con mayor frecuencia?.....

.....

11.- ¿Está Ud. asociado a alguna Organización?

Si:... No...

En caso afirmativo, nombre de la organización

.....

¿Qué tipo de Organización? (marcar)

Sindicato Cooperativa.....Asociación Gremial...

Otra (especificar)

Información sobre el esfuerzo: tendencias y distribución espacial

- 12.- Tendencias en el esfuerzo. En el tiempo que Ud. lleva trabajando en calidad de buzo, considera que:
- ¿Ha aumentado el número de embarcaciones que se dedican a la extracción del erizo? Si..... No.....
- ¿Ha aumentado el número de buzos por embarcación? Si No.....
- ¿Han aumentado las horas de buceo necesarias para extraer una cantidad determinada de erizos? SiNo.....
- 13.- ¿Se ha tenido que desplazar a zonas de pesca ubicadas en lugares más distantes con el propósito de mantener niveles de captura? Si No.....
14. ¿Que procedencias conoce?.....
15. ¿Ha aumentado la profundidad a la que pesca? ¿Cuánto? (preguntar años o período de referencia, si cabe).....
- 16.- ¿Por qué razones Ud. Abandona una zona de pesca?
- Por el rendimiento:.....
- Por el tamaño de las gónadas o lenguas.....
- Por la coloración de las lenguas.....
- Por la abundancia.....
- Por la ubicación del lugar.....
- Por el costo.....
- Otro
- 17.- ¿Cuántas cajas al día es el mínimo para permanecer en una procedencia?.....
18. ¿Cada cuánto tiempo visitan nuevamente una zona de pesca que previamente abandonaron?.....

Información biológica

- 19.- ¿ En que tipo de fondo habita el recurso y como se distribuye en términos de tamaño?.....
- 20.- A su juicio, ¿Con qué está asociada la calidad del recurso extraído en los lugares que ha explotado el año 2001?
- Tipo de fondo.....
- Alimento disponible.....
- Proximidad de los lugares de pesca.....
- Aguajes..

Corrientes.....
Mareas.....
Epoca del año.....
Otro

21.- Acerca de la condición “lechosa”, ¿Ocurre siempre al mismo tiempo en todas las procedencias?

22.- Zonas de “semilla” ¿Cuáles conoce y donde están ubicadas?
.....

23. – ¿Conoce Ud. procedencias con alta abundancia de erizos pero de mala calidad (lenguas café)? Podría identificarlas en este mapa?
.....

24. Puede indicar (si es posible sobre el mapa, aunque sea de forma aproximada) la distribución de erizo “pua fina” y de “pua gruesa”
.....
.....

Información sobre la Organización de la Actividad de Pesca.

25.- ¿Trabaja asociado a algún grupo de pescadores constituyendo una faena de pesca?
.....

26.- ¿Cuáles son las condiciones que determinan que Ud se asocie a una faena?
a) Facilidad de venta.....
b) Mejores precios.....
c) Abastecimiento de combustible.....
d) Abastecimiento de víveres.....
e) Otras razones.....

27.- En su opinión, cuáles son los principales problemas de la pesquería del recurso erizo?
.....
.....
.....
.....
.....

FORMA 2 : PROCEDENCIAS

Fecha :.....

Nombre del encuestador:.....

Procedencia:

Buzo:

1.- ¿En que años pescó en esta procedencia?

2.- Ubicación: en el mapa, referencias de costa, enfilaciones, etc.

.....
.....
.....
.....

3.- ¿A qué profundidad se pesca en este lugar?

4.- Tipo de fondo y batimetría: ¿Podría describirlos?

.....
.....
.....
.....

5.- ¿Existen allí maternidades?

6.- ¿Hay allí otros recursos? ¿Cuáles?

7.- ¿Cuáles son los rendimientos actuales, expresados en número de erizos capturados por hora de buceo?

8.- ¿Los actuales rendimientos son mayores o menores que en años anteriores?

.....
.....

9.- ¿Por qué razones Ud. trabajaría preferentemente en este lugar?

Rendimiento:.....

Tamaño de las gónadas o lenguas.....

Coloración de las lenguas.....

Abundancia.....

Cercanía de los lugares de pesca.....

Profundidad.....

Otro

FORMA 3 : OPERADORES DE FAENAS

Fecha :.....

Nombre del encuestador:.....

Nombres y Apellidos del encuestado:

.....

Organización de una faena

1.- ¿Cuántos años de experiencia tiene como operador de faenas?.....

2.- ¿Cómo se organiza una faena?

a) De mutuo propio los pescadores se agrupan y conforman una faena.....

b) Buscan por iniciativa propia el lugar donde instalarán la faena.....

c) Son buscados por un operador.....

d) Son instalados en una faena que el operador ha establecido.....

e) La pescadores junto con el operador determinan el lugar donde instalaran la faena.....

f) La venta de su pesca la hacen individualmente.....

g) Otros (menciónelos).....

3.- ¿Las faenas que Ud. Opera, abastecen a una o más plantas pesqueras?

.....

4.- ¿A cuáles industrias abastece?

.....

5.- ¿Cuánto tiempo permanece una faena en un lugar?

a) Mínimo:.....

b) Máximo.....

6.- Abastecimiento

¿Cómo se realiza el abastecimiento de combustible?.....

¿Cómo es cancelado el combustible?.....

¿Cómo se realiza el abastecimiento de víveres?

¿Cómo son cancelados los víveres?

Información sobre el esfuerzo: tendencias y distribución espacial

7.- ¿Cuántas embarcaciones, y de qué tipo, participan de las faenas que Ud organiza?

.....

8.- ¿Siendo una faena el centro de las operaciones de pesca, ¿Cuál es el radio de acción aproximado de los pescadores asociados?

.....

9.- ¿Tendencias en el esfuerzo. En el tiempo que Ud. lleva operando de faenas, considera que:

¿Ha aumentado el número de embarcaciones que se dedican a la extracción del erizo? Si..... No.....

¿Ha aumentado el número de buzos por embarcación? Si No.....

¿Han aumentado las horas de buceo necesarias para extraer una cantidad determinada de erizos? SiNo.....

10.- ¿Ha tenido que desplazar las faenas a zonas de pesca ubicadas en lugares más distantes con el propósito de mantener niveles de captura? Si No.....

11.- En que lugares (procedencias) ha operado faenas de erizo en los tres últimos años

1999.....

2000.....

2001.....

12.- ¿Por qué razones mueve una faena a otra zona?

Por el rendimiento:.....

Por el tamaño de las gónadas o lenguas.....

Por la coloración de las lenguas.....

Por la abundancia.....

Por la ubicación del lugar.....

Por el costo.....

Otro

13.- ¿Qué umbral de rendimiento inferior lleva a los pescadores a hacer abandono de una zona de pesca?

14.- ¿Conoce Ud. Procedencias con alta abundancia de erizos pero de mala calidad (lenguas café)? Podría identificarlas en este mapa?

Información sobre recuperación de procedencias explotadas

- 15.- ¿Cada cuánto tiempo visitan nuevamente una zona de pesca que previamente abandonaron?.....
- 16.- De los diferentes lugares donde Ud. trabajó ¿Cuáles de ellos tiene una mayor rapidez de recuperación?
- A.-.....
 - B.-.....
 - C.-.....
 - D.-.....
 - E.-.....

Aspectos sociales de las faenas

- 17.- ¿Se presentan problemas dentro de las faenas? ¿De qué tipo?
-
-
-
- 18.- ¿Cómo son resueltos estos problemas?
-
-
-
- 19.- ¿Se presenta algún tipo de problemas entre los pescadores de un misma faena de pesca?
-
-
- 20.- ¿Cuál o cuáles han sido los más delicados? ¿Cómo han sido resueltos?
-
-
-
- 21.- ¿ Existen familias radicadas en las faenas?
-
- 22.-En caso afirmativo de la pregunta anterior, ¿Cómo se resuelve el problema de educación de los niños?

FORMA 4 : EMPRESAS

Fecha :.....

Nombre del encuestador:.....

Nombres y Apellidos del encuestado:

Información sobre la empresa

1.- ¿Qué volúmenes de captura procesa la empresa por año?.....

2.- ¿Qué porcentaje de la captura proviene de faenas?.....

Organización de las faenas

3.- ¿Cuál es el papel que juega la empresa en la instalación y mantención de una faena?

.....
.....
.....

4.- ¿Cuál es la ventaja o desventaja para una empresa de mantener una faena?

.....
.....
.....

Información sobre el recurso

5.- ¿Cuál es la percepción de la empresa respecto del estado actual del recurso? Ha disminuido..... Ha aumentado..... Se ha mantenido.....

6.- La empresa califica la calidad de las capturas por:

Tamaño de las gónadas o lenguas.....

Tamaño de los ejemplares.....

Color.....

Sabor.....

Otro.....

7.- ¿Cuál es la percepción de la empresa respecto del estado actual del recurso? Se ha deteriorado.....Mejorado.....Mantenido.....

Manejo del recurso

8.- La Industria, ¿ha analizado estrategias alternativas para la recuperación del recurso en términos de lograr mayores niveles de producción? ¿Cuáles?

.....
.....

9.- ¿Han explorado la posibilidad de cuidar viveros naturales?

.....
.....

10.- ¿Han explorado la posibilidad de cierre de algunas zonas de pesca?

.....
.....

11.- Han analizado medidas de manejo basadas en:

- Cupos de captura
- Cerrar o abrir los registros de pescadores de este recurso.....
-
- Limitar el acceso a la pesca de este recurso.....
- Co- manejo con los pescadores artesanales y la SSP.....

12.- La Industria, ¿ha analizado estrategias alternativas para la recuperación del recurso en términos de lograr mejores niveles de calidad? ¿Cuáles?

.....
.....

13.- Las diferentes Industrias, ¿se han reunido con el propósito de analizar o intercambiar ideas conducentes a la conservación de este u otros recursos, o de aumentar su producción? ¿Cuáles han sido las conclusiones o acuerdos alcanzados?

.....
.....

14.- Los industriales, ¿Cómo ven la recepción o compromiso por parte de los pescadores ante alternativas como la descritas en las preguntas anteriores?

.....
.....

15.- ¿Qué otras ideas considera Ud. que sería de importancia manejar o explorar respecto de este recurso?

.....
.....
.....

Registros de información

16.- ¿Su empresa mantiene sistemas de información respecto de faenas, rendimientos, calidad, abundancia espacial, etc.?

.....
.....
.....
.....

17.- ¿Qué otras variables registran en su sistema de información?

.....
.....
.....
.....

18.- ¿Cómo ha usado esta información?

.....
.....
.....
.....

19.- ¿Esta información es compartida con otras Industrias?

.....
.....
.....
.....

20.- A su juicio, ¿de qué manera la industria podría aportar al aumento del acervo de conocimiento existente del recurso, zonas de pesca etc.?

.....
.....
.....
.....

A N E X O 2

**Tareas de Campo, entregado en la
Primera Fase del Proyecto**

ANEXO 2

Tareas de Campo, entregado en la Primera Fase del Proyecto

◆ Selección de sitios de estudio

La primer y principal tarea de campo de la primer fase del proyecto fue la identificación de los dos sitios de estudio (genéricamente denominados “A” y “B”)

Además de los sitios mencionados fue necesario identificar un sitio accesible, confinado, protegido, no explotado a fin de liberar individuos marcados con tetraciclina. Este experimento tuvo por objeto validar las lecturas de edades.

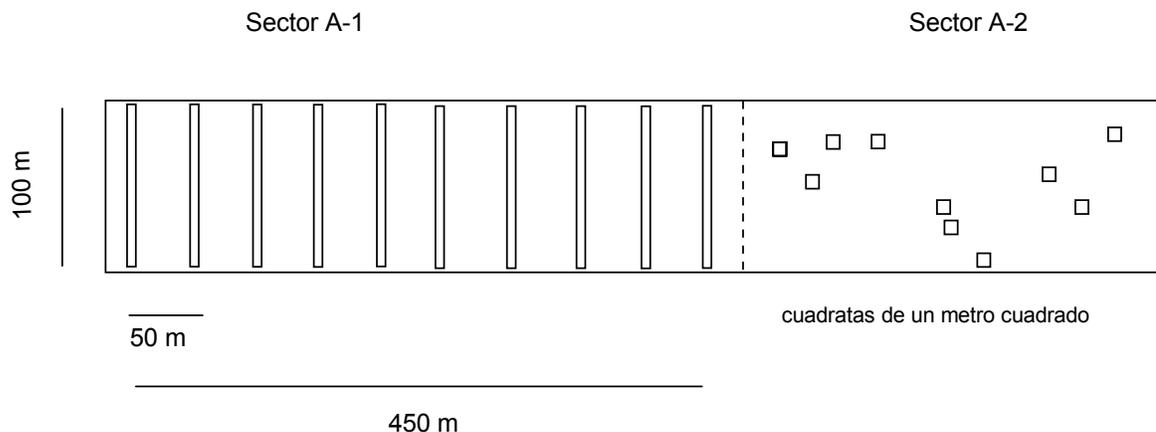
◆ Relevamiento inicial

El compromiso asumido requiere el mapeo (profundidad, tipo de fondo utilizando el equipo QTC) de los sitios de estudio (A, B). Esta tarea fue conducida (o iniciada) durante la primer visita (abril) y complementada durante visitas futuras. Cada sitio será dividido en dos sectores (particiones) contiguas como se muestra en el diagrama siguiente:

El “Sector 1” (por ejemplo A-1) será reservado para conteo de animales a lo largo de transectos

El “Sector 2” (por ejemplo A-2) será utilizado para la recolección de muestras de animales

Diagrama hipotético de un sitio de estudio (“A”):



◆ Protocolo preliminar de tareas de campo

Sector 1: En este sector se efectuarán sólo conteos a lo largo de transectos (no se coleccionarán muestras biológicas).

Una “transecta” se define como una franja, en lo posible perpendicular a la línea de costa, de ancho fijo (por ejemplo un metro). Una posibilidad es extender primero una cuerda (lastrada con pequeños plomos) con marcas a intervalos fijos (por ejemplo cada 10 m) entre marcas permanentes (por ejemplo estacas de hierro) que limiten el principio y fin de la transecta. Básicamente el buzo recorre la transecta (la cuerda) utilizando una barra del largo deseado (por ejemplo un metro) a fin de mantener fijo el ancho de la transecta. Las marcas de la cuerda permiten subdividir los conteos en segmentos (por ejemplo de 10 x 1 m) a lo largo de la transecta. El equipo se completa con una plaquita y lápiz para las anotaciones (en principio conteos por tramo de transecta, más observaciones).

En este componente del estudio interesa tanto la abundancia total dentro de cada sitio (por ejemplo A-1) como la distribución de esa abundancia. Debido a que estamos interesados en observar cambios en la distribución espacial de la abundancia a lo largo del tiempo, es importante fijar la posición de los transectos hasta donde sea posible. El posicionamiento de los transectos fijos se puede ver facilitado mediante el uso del GPS o marcas (naturales o artificiales) en el fondo. Al fijar la posición de los transectos es posible utilizar métodos modelo-basados para identificar y *modelar* cambios en la distribución de la abundancia. En términos sencillos, la intención es “mirar siempre por la misma ventana” (en este caso la ventana es la grilla).

La grilla de transectos será determinada conforme a las características topográficas y batimétricas de cada sitio de estudio. Un diseño ideal podría consistir de 10 transectas (cada una de un metro de ancho) perpendiculares a la línea de costa, de igual longitud (por ejemplo 100 m), igualmente espaciadas entre sí (por ejemplo cada 50 m), y cada una subdividida (al efecto de los conteos) en tramos de 10 m de largo.

Una ventaja adicional del grillado fijo es que cuando completemos nuestra red regional de estaciones de observación los conteos quedarán en buena medida a cargo de los propios pescadores. El grillado fijo remueve la subjetividad implícita en posiciones variables de las transectas.

El posicionamiento de las transectas conforme a criterios de muestreo diseño-basados (aleatorio, adaptativo, etc.) tiene méritos desde el punto de vista de la estimación de la abundancia total en el sitio, pero no facilita el modelado de los cambios temporales en la distribución de esa abundancia.

Sector 2: En este sector se obtendrán muestras para ser procesadas en el laboratorio. El muestreo consistirá de dos componentes:

Cuadratas: Se coleccionarán los erizos en una muestra quasi-aleatoria de cuadratas, conservándose los erizos de cada cuadrata en una bolsa separada. El objetivo de este componente es estimar (i) la distribución de frecuencias de densidades, (ii) la distribución de tallas y (iii) la distribución de edades a partir de una muestra representativa de la población. El número de cuadratas necesarios para obtener una muestra representativa dependerá de la variabilidad espacial en la densidad y distribuciones de tallas y edades. En principio, un número razonable está en el orden de 30 cuadratas, pero el mismo deberá ajustarse en base a los datos en las muestras iniciales y a las condiciones de operatividad. Dependiendo del número de animales por cuadrata, puede ser necesario aumentar el número de cuadratas para alcanzar un número total de ejemplares de alrededor de 300. Una posibilidad para agilizar el trabajo es usar “palangres” de cuadratas. Los “palangres” consisten de cuadratas (por ejemplo marcos metálicos de un metro cuadrado), amarradas serialmente una con otra con cabos de 10 metros. Es importante tratar de distribuir estas muestras al azar en toda la extensión del Sector 2, arrojando las cuadratas desde el bote.

Muestreo biológico por clases de tallas: A fin de asegurar la representación de todas las categorías de tallas en los muestreos biológicos, se procederá a obtener una muestra seleccionando un número fijo de ejemplares por clase de talla (muestreo estratificado por talla).

Observaciones cualitativas (ambos Sectores): En todas las visitas a los sitios de estudio es importante hacer anotaciones cualitativas sobre la fisionomía del fondo, principalmente el grado de cobertura algal, y tipo de algas. Estas observaciones podrían anotarse para cada transecta.

Protocolo preliminar de tareas de laboratorio (muestras de los sitios A-2 y B-2)

Los individuos coleccionados en el campo serán sometidos al siguiente proceso:

a. Individuos coleccionados en las cuadratas:

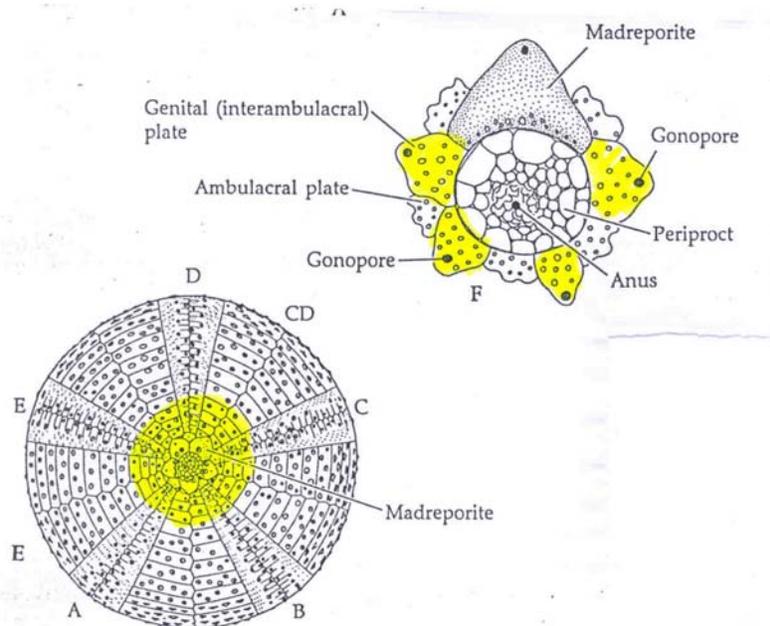
- ◆ Procesar todos los individuos, registrar la cuadrata de cada uno
- ◆ Asignar número de serie a cada individuo
- ◆ Medir diámetro máximo de la testa
- ◆ Extraer placas para lectura de edades, y guardar en recipiente o sobre numerado (con el número de serie), o en alguna plancha de poliuretano o similar con compartimentos individuales. Esto es todo lo que se conserva de cada animal¹

¹ En general se utilizan placas de la superficie aboral (superior) del arizo. Distintos autores han utilizado la primer placa interambulacral (placa genital, excluido el madreporito) o alguna de las placas de la serie interambulacral (por ejemplo la tercera contando desde la placa genital). Lo más práctico será conservar toda la “corona” de placas aborales (pintada de amarillo) en la figura de la Lámina 1).

b. Individuos de la muestra biológica por clases de talla:

- ◆ Medir diámetro máximo de la testa
- ◆ Obtener peso total
- ◆ Remover la parte superior de la testa, y observar las gónadas:
- ✓ Indicar color, utilizando la escala comercial (tableta) de colores
- ✓ Indicar condición (subjetiva) de la gónada (por ejemplo “lechosa”)
- ✓ Determinar sexo (si es necesario utilizando un microscopio de campaña)
- ✓ Remover y pesar las gónadas
- ◆ Vaciar la testa de partes blandas
- ◆ Remover la linterna
- ◆ Medir la longitud del diente (ver Lámina 1)
- ◆ Retener la “corona” de placas aborales (Lámina 1) a fin de leer edades; guardar en recipiente o sobre numerado. Esto es todo lo que se conserva del animal

Nota: el caso del peso total requiere un comentario especial. Los animales pierden peso, gradualmente, luego de ser coleccionados. Sería importante estandarizar el tiempo transcurrido entre la recolección y el pesaje. En el caso de Melinka, por ejemplo, la pérdida de peso podría ser muy substancial si la muestra fuera procesada en Quellón (lo cual será presumiblemente el caso). Una posibilidad es estimar un factor de corrección. A tal fin se podría medir el peso de un cierto número de animales a intervalos fijos de tiempo (digamos cada una hora) luego de su recolección. Sería suficiente hacer esto una sola vez, y con erizos de un solo lugar.



Continuación lámina 1

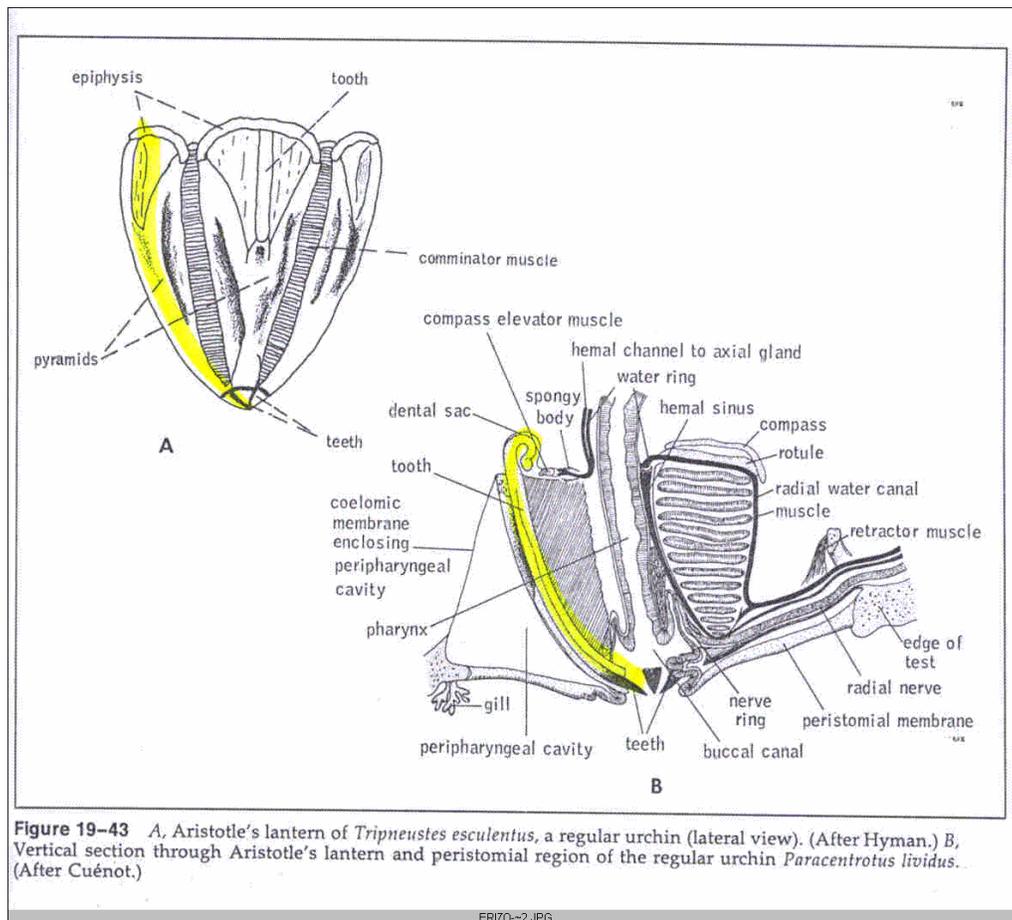


Lámina 1: detalle de algunas partes de interés del erizo: diente de la linterna (medir largo) y placas de la "corona" (remover, numerar y guardar), ambos marcados en amarillo.

A N E X O 3

**Tratamiento de los erizos
marcados con tetraciclina**

ANEXO 3

Tratamiento de los erizos marcados con tetraciclina

El marcado de erizos es una poderosa herramienta para obtener datos de alta calidad sobre crecimiento. A continuación se presentan indicaciones para el proceso de las muestras, que ha usado y nos ha enviado gentilmente el Doctor Tom Ebert¹. El método que se describe se esta aplicando con modificaciones a la especie en estudio *L. Albus*.

- Primero hay que obtener partes del esqueleto muy limpias, que no tengan remanentes de tejido. Para el caso de erizo rojo se ha usado hipoclorito de sodio como “blanqueador”, y el mejor ha sido el blanqueador usado en las piscinas. Cada animal es escurrido para librarlo de fluidos, y luego se lo introduce en una caja donde se ha agregado el blanqueador. Esto hay que hacerlo a la intemperie porque el vaho del cloro es corrosivo. El equipo de trabajo ha usado protección en la cara y respirador apto con cartuchos que absorben el cloro. Los especímenes se han dejado en cloro por un día y se han chequeado ocasionalmente, retornándolos al líquido limpiador luego de tantearlos. Dejarlos por varios días o más tiempo es mejor porque la tetraciclina es protegida adentro del esqueleto y no es tocada por el blanqueador.
- Se debe tener un poco de precaución ya que algunas especies de erizos tiene esqueletos que al caerse se separan muy fácilmente; en ese caso los animales tienen que ser medidos antes de blanquearlos. Sin embargo, si es posible blanquear primero se obtienen mejores mediciones del tamaño. En trabajos realizados con el Doctor Alex Bradbury, los erizos fueron medidos, la linterna de Aristóteles fue extraída y etiquetada, y el cuerpo desechado en el campo. Esto fue hecho porque el erizo rojo (*Strongylocentrotus franciscanus*) es muy grande y el procesamiento de un gran numero de grandes animales implica mucho tiempo. Sin embargo, si es posible, se debería procesar entero el animal porque hay otras piezas de información que pueden ser extraídas de la testa.
- Después que los erizos han sido blanqueados varios días pueden ser drenados y enjuagados con agua fresca. Algunas veces puede ser necesario blanquear de nuevo para librarse de algún remanente de tejido. El tejido bajo la luz fluorescente UV puede interferir en la visión de la marca con tetraciclina. Si el esqueleto esta limpio puede ser enjuagado varias veces, remojando en agua dulce toda la noche o mas tiempo, y finalmente drenados y secado al aire. Entonces está listos para ser examinados bajo la UV.

¹ El Doctor Tom Ebert trabaja en San Diego State University y tuvo la gentileza de apoyarnos en este trabajo.

- El Dr. Ebert ha usado las mandíbulas (media-pirámide) de la linterna de Aristóteles por años como osículo para obtener la mejor serie de medidas. Tiene una superficie plana y no requiere pulido para revelar las marcas con tetraciclina
- El Dr. Ebert utiliza con este propósito un equipo marca Wild con un epiluminador, el cual funciona muy bien. Si embargo, también funciona bien una lámpara barata de UV que venden en tiendas de hobbies para examinar rocas. Estas son llamadas “Luz para Minerales”, o algo parecido. Comparando medidas hechas con esta lámpara barata con técnicas más sofisticadas la única diferencia encontrada es que se pierden algunas marcas usando la luz mineral. Se debe medir los incrementos de crecimiento usando un ocular micrométrico.
- Las mandíbulas crecen en ambos extremos pero más hacia el punto más distante de la boca y menos cerca del extremo de la abertura de la boca. Inclinando la mandíbula en el borde usualmente se hacen medidas de incrementos de crecimiento más fácilmente. Si se mueve la mandíbula alrededor y se entenderá cual es la intención.
- Convertir los datos de crecimiento en mandíbulas a crecimiento de la testa usando ecuaciones estándar alométricas.

El método antes descrito lo hemos adaptado de acuerdo a las condiciones de trabajo que disponemos, el número de ejemplares a revisar y la especie de erizos con la cual estamos trabajando. A continuación se señala la metodología que estamos aplicando.

- Se ha efectuado un muestreo al barrer en el área donde se dejaron los erizos con tetraciclina, de tal manera de obtener ejemplares de todos los rangos de talla marcados inicialmente.
- A cada erizo capturado se le registró su diámetro lo más ajustado posible a la testa.
- Se han guardado las placas genitales y se ha extraído la linterna de Aristóteles.
- Cada muestra ha sido debidamente rotulada
- Para blanquear la linterna y eliminar el tejido orgánico se ha usado cloro, con una concentración de un 7%, luego cada mandíbula se ha enjuagado en agua dulce y secado al aire libre.
- Las mandíbulas crecen en ambos extremos pero más hacia el punto más distante de la boca y menos cerca del extremo de la abertura de la boca. Esto nos hace suponer que podríamos encontrar marcas en ambos extremos.
- Inclinando la mandíbula en el borde usualmente se hacen medidas de incrementos de crecimiento más fácilmente. Hay que mover la mandíbula alrededor y se entenderá la intención.
- La lectura hay que hacerla con un ocular micrométrico.
- Se está usando luz UV dirigida.

A N E X O 4

**Modelo estadístico desarrollado
para la estimación de parámetros**

ANEXO 4

Modelo estadístico desarrollado para la estimación de parámetros

I- Estimación a partir de lecturas de anillos

Los parámetros $\{\mu_1, \mu_n, \rho, \sigma_1^2, \sigma_n^2\}$ fueron estimados en base a las observaciones de talla a la edad usando el método de máxima verosimilitud. A fin de corregir el sesgo en las observaciones de talla a la edad para animales jóvenes, se ajustó primero una función de “selectividad” a los datos registrados, definida como la probabilidad de leer exitosamente los anillos en función de la talla. Esta función fue representada como

$$S(l) = \begin{cases} \exp\left(\frac{-(l-L_{100})^2}{2\sigma_{\text{sel}}^2}\right) & \text{para } l < L_{100} \\ 1 & \text{para } l \geq L_{100} \end{cases}$$

Los parámetros ajustados por cuadrados mínimos fueron $L_{100} = 27$ mm y $\sigma_{\text{sel}} = 4.7$.

Para corregir la función de verosimilitud se observó que la distribución de tallas a la edad para ejemplares datados exitosamente y asignados una edad a está dada por

$$P(l|a, \text{datos}) = \frac{S(l)P(l|a)}{\int_{-\infty}^{\infty} S(x)P(x|a)dx} \quad (1)$$

donde $P(l|a)$ corresponde a la distribución normal predicha por el modelo de crecimiento. La elección de la forma funcional Gaussiana para la función de selectividad permitió resolver analíticamente la integral en el denominador de la ecuación (1), correspondiente a la selectividad media para la clase de edad a , según

$$S(a) = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{sel}}^2}{\sigma_{\text{sel}}^2 + \sigma_a^2}} e^{\frac{(L_{100} - \mu_a)^2}{2(\sigma_{\text{sel}}^2 + \sigma_a^2)}} \Phi\left(\frac{L_{100} - \theta_a}{v_a}\right) + 1 - \Phi\left(\frac{L_{100} - \mu_a}{\sigma_a}\right)$$

donde $\theta_a = \frac{\sigma_{\text{sel}}^2 \mu_a + \sigma_a^2 L_{100}}{\sigma_{\text{sel}}^2 + \sigma_a^2}$ y $v_a^2 = \frac{\sigma_{\text{sel}}^2 \sigma_a^2}{\sigma_{\text{sel}}^2 + \sigma_a^2}$ y $\Phi(z)$ corresponde a la distribución normal acumulada.

La función de $-\log$ -verosimilitud para el conjunto de observaciones talla-edad está así definida por

$$-\ln V(L_n, \rho, L_1, \sigma_{L_n}^2, \sigma_1^2 | D_{\text{anillos}}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_{\text{anillos}}} \ln(\sigma_{a_i}^2) + \sum_{i=1}^{N_{\text{anillos}}} \frac{-(l^i - \mu_{a_i})^2}{2\sigma_{a_i}^2} + \sum_{i=1}^{N_{\text{anillos}}} \ln(S(a_i)) + \text{const}$$

donde D_{anillos} corresponde a los pares de observaciones $\{l_i, a_i\}$, para $i = 1, \dots, N_{\text{anillos}}$.

II- Estimación a partir de datos de Incrementos de talla

El incremento de talla luego de un intervalo Δt está dado por

$$l_{t+\Delta t} - l_t = (L_n - l_t) \left(\frac{1 - \rho^{\Delta t}}{1 - \rho^{n-t}} \right) = (L_n - l_t) g(\rho, t, \Delta t) \quad (2)$$

donde el denominador tiende a 1 cuando n tiende a ∞ , convergiendo a la forma convencional de esta ecuación

$$l_{t+\Delta t} - l_t = (L_\infty - l_t) (1 - \rho^{\Delta t}) \quad (3)$$

En esta aplicación forzamos los incrementos a ser mayores o iguales a zero, lo que equivale a restringir la distribución de L_∞ o L_n a valores $\geq l_t$. Así, la $-\log$ -verosimilitud para datos de incremento $I_{t+\Delta t}$ está dada por:

$$-\ln V(L_n, \rho, \sigma_{L_n}^2 | D_{\text{inc}}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_{\text{inc}}} \ln(\sigma_{L_n}^2 g(\rho, t_i, \Delta t_i)^2) + \sum_{i=1}^{N_{\text{inc}}} \left[\frac{I_{t+\Delta t}^i - (\mu_n - l_t^i) g(\rho, t_i, \Delta t_i)}{2\sigma_{L_n} g(\rho, t_i, \Delta t_i)} \right]^2 + \sum_{i=1}^{N_{\text{inc}}} \ln \left(1 - \Phi \left(\frac{l_t^i - \mu_n}{\sigma_{L_n}} \right) \right) + \text{const}$$

III- Estimación a partir de distribuciones de frecuencia de tallas

Bajos ciertos supuestos, es posible obtener información sobre parámetros de mortalidad y crecimiento a partir de distribuciones de frecuencias de tallas. Siguiendo a Smith y Botsford (1998), si suponemos que la población está sujeta a tasas de reclutamiento y mortalidad constantes y continuas, la distribución de edades en un momento dado corresponde a la distribución de abundancia de una cohorte a través del tiempo, dada por

$$N_t = R e^{-Zt}$$

donde R es el reclutamiento y Z la tasa instantánea de mortalidad. Definamos $D_{\text{tallas}} = \{O_1, \dots, O_{N_{\text{tallas}}}\}$ como la distribución de frecuencias relativas observadas para intervalos de talla delimitados por $l_1, \dots, l_{N_{\text{tallas}}}$. Dado que asumimos que el crecimiento individual es determinístico, el tiempo que demora un ejemplar en

alcanzar una talla $l_{\Delta t} = l_i$, partiendo de una talla inicial $l_0 = 0$ en el tiempo $t=0$, se calcula despejando Δt de la ecuación (3):

$$\Delta t = t_i - 0 = \frac{-1}{K} \ln\left(\frac{L_\infty - l_i}{L_\infty}\right)$$

o, en la parametrización alternativa,

$$\Delta t = t_i - 0 = \frac{\ln\left(1 - \frac{l_i}{L_n}(1 - \rho^{n-t_0})\right)}{\ln(\rho)}.$$

Nótese que en esta parametrización $n-t_0$ corresponde al tiempo que tarda un individuo en crecer desde cero a l_n .

A partir de esta expresión es posible calcular las frecuencias esperadas para cada intervalo i de tallas como

$$P_i = \frac{\int_{l_i}^{l_{i+1}} R e^{-Z\tau} d\tau}{\int_0^\infty R e^{-Z\tau} d\tau} = \left(e^{\frac{Z}{K} \ln\left(\frac{L_\infty - l_i}{L_\infty}\right)} - e^{\frac{Z}{K} \ln\left(\frac{L_\infty - l_{i+1}}{L_\infty}\right)} \right) = \left(\left(\frac{L_\infty - l_i}{L_\infty} \right)^{\frac{Z}{K}} - \left(\frac{L_\infty - l_{i+1}}{L_\infty} \right)^{\frac{Z}{K}} \right)$$

para $l_{i+1} \leq L_\infty$, o

$$P_i = \left(1 - \frac{l_i}{L_n}(1 - \rho^{n-t_0}) \right)^{\frac{Z}{-\ln(\rho)}} - \left(1 - \frac{l_{i+1}}{L_n}(1 - \rho^{n-t_0}) \right)^{\frac{Z}{-\ln(\rho)}}.$$

Suponiendo que los errores en las observaciones responden a una distribución multinomial, la $-\log$ -verosimilitud para los datos D_{tallas} es

$$-\ln V(L_n, \rho, Z, n-t_0 | D_{\text{tallas}}) = -N_{\text{muestra}} \sum_{i=1}^{N_{\text{tallas}}} O_i \ln\left(\frac{P_i}{O_i}\right),$$

donde N_{muestra} corresponde al tamaño de la muestra usada para estimar D_{tallas} . Dado que la variabilidad en los datos observados es generalmente mucho mayor que la correspondiente a una distribución multinomial, en la estimación se usa generalmente un número menor que el tamaño real de la muestra (Fournier y Archibald 1982).

A N E X O 5

**Taller Técnico:
Evaluación Crítica de Métodos de
Estimación y Modelado
(Valparaíso, Octubre 22-26, 2001)**

ANEXO 6

Desarrollo de un Modelo Operativo: METAPESCA

Modelo General de la Dinámica de una Metapoblación Explotada de Invertebrados Bentónicos

Juan Valero¹, Billy Ernst^{1,2}, Ana M. Parma³ y Lobo Orensanz^{1,3}

Introducción

El desarrollo de un modelo operativo para la evaluación de procedimientos de manejo alternativos es un objetivo central del proyecto plurianual propuesto. Este último contemplaba, para el primer año, la compilación de información utilizable en la substanciación de escenarios plausibles acerca de la dinámica del recurso y el proceso de pesca. Las tareas desarrolladas se adelantaron a lo previsto: la estructura básica de un modelo de simulación para una metapoblación bentónica explotada (previsto para el segundo año) fue ya diseñada durante el primer año. Estas tareas fueron conducidas con apoyo de una Pew Fellowship in Marine Conservation acordada a uno de los autores (Orensanz), pero fueron concebidas de manera que convergieran con los objetivos del proyecto. En este apéndice se presenta el estado actual de esta actividad.

El desarrollo de un procedimiento de manejo procede a lo largo de una secuencia de estadios:

- *Especificación de escenarios plausibles, en base a los resultados de otros componentes del proyecto*
- *Desarrollo de un modelo de simulación, a ser utilizado como “modelo operativo” para representar cada uno de los escenarios elegidos*
- *Evaluación mediante ejercicios de simulación de estrategias de explotación y manejo, con énfasis en opciones espacialmente explícitas*
- *Comparación de procedimientos de manejo alternativos con participación de administradores, pescadores e industriales*
- *Selección de un procedimiento e implementación*
- *Monitoreo, feedback y reevaluación del procedimiento de manejo*

En términos generales, un procedimiento de manejo (sensu Butterworth y Punt 1999, Deriso et al. 1998, pg. 54-55) debe especificar el programa de monitoreo a usar para el seguimiento del recurso, la estrategia de explotación y el tipo de controles para implementarla, y los algoritmos de decisión para traducir la información recabada en el

¹ School of Aquatic and Fishery Sciences, University of Washington, Seattle, WA 98195-5020, USA

² Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Casilla 160-C. Correo 3, Concepción, Chile

³ Centro Nacional Patagónico, (9120) Puerto Madryn, Argentina

programa de monitoreo en regulaciones (controles) de manejo. En el caso de una estrategia de rotación, existe una variedad de alternativas a evaluar, que involucran, por ejemplo,

- ✓ La fracción del área total abierta a la explotación cada año
- ✓ El formato e intensidad del monitoreo como base para regular la reapertura de áreas previamente explotadas
- ✓ Las densidades umbrales para regular el cierre y apertura de bancos.

La forma más expeditiva para evaluar los resultados esperados de las distintos procedimientos posibles es probar su efectividad en ejercicios de simulación. Un aspecto crítico de la evaluación de procedimientos de manejo es el diseño de modelos de simulación o “modelos operativos” (Butterworth y Punt 1999, Parma et al. 1998) que representen en forma realista los distintos escenarios posibles para la dinámica del recurso y la pesquería.

Es en este marco que la información disponible y a adquirir acerca de los procesos básicos de la dinámica cobra valor en términos del manejo. Es importante distinguir dos tipos de información necesaria sobre el sistema. Por un lado está la información básica que permite caracterizar los procesos poblacionales y pesqueros en términos formales para construir el modelo operativo. Por otro está la información acerca del *estado* del sistema a adquirir mediante un protocolo regular de monitoreo para ser usada directamente en las regulaciones de manejo.

Para que el modelo de simulación pueda ser utilizado como modelo operativo en la evaluación de políticas de manejo, es necesario simular también el programa de monitoreo y su traducción en medidas que afectan el proceso de pesca. Esto permite implementar en la simulación el proceso completo del manejo, incluyendo (i) la obtención de nuevos datos, (ii) la aplicación del algoritmo feedback de decisión para el cálculo de los controles o acciones de manejo, y (iii) el efecto de los controles regulatorios en la dinámica del proceso de explotación simulado.

Este proceso culmina con la elaboración de una tabla de decisión donde procedimientos de manejo alternativos son evaluados en términos de su potencial para alcanzar los objetivos de manejo, determinados en conjunto por los administradores de los recursos (en este caso la Subsecretaría de Pesca) y por los usuarios (pescadores e industriales). Dada la imposibilidad de especificar completamente los procesos dinámicos relevantes que determinarían el éxito de una u otra alternativa de manejo, distintas hipótesis o escenarios acerca del funcionamiento del sistema deben ser contemplados en la evaluación (i.e. varios modelos operativos). Por último, el desarrollo de procedimientos de manejo debe ser concebido en términos adaptativos (Walters 1986, Parma et al. 1998).

El modelo operativo será usado para la evaluación de procedimientos de manejo alternativos. Un set específico de procedimientos de manejo considerados plausibles a priori, definidos en forma conjunta con administradores y pescadores, serán los candidatos a ser evaluados como parte del proyecto. La selección se realizará atendiendo a consideraciones biológico-técnicas, así como a los aspectos prácticos relacionados a la

implementación, tanto en lo que hace a los programas de monitoreo requeridos como a los problemas de regulación y fiscalización asociados a cada alternativa de manejo. La evaluación seguirá los procedimientos usuales en este tipo de análisis (Butterworth y Punt 1999, Parma 2000). Se definirá una serie de indicadores de desempeño que reflejen los objetivos del manejo y los intereses de los distintos sectores involucrados. El objetivo del análisis es identificar alternativas que sean robustas, esto es, cuya performance en términos de los indicadores de desempeño sea adecuada frente a una serie de escenarios que representen el estado de conocimiento adquirido sobre el recurso y las incertidumbres consideradas centrales. Por ejemplo, aún cuando los procesos centrales de la dinámica que determinan las tasas de recuperación de poblaciones explotadas y la frecuencia media de revisita de un mismo banco estén incompletamente especificados y sean poco predecibles, es posible concebir procedimientos robustos de feedback que respondan directamente a los índices de abundancia para regular el cronograma de cierres y aperturas de los bancos. Por ejemplo, el sistema de rotación implementado en el estado de Washington para la pesquería del “geoduck” especifica que los bancos no pueden ser revisitados hasta tanto los indicadores de densidad no hayan recuperado el nivel estimado antes de la cosecha (Orensanz et al. 2001).

Implementación del Modelo Operativo

Software

El código del modelo está escrito en VBA (Visual Basic for Applications) utilizando EXCEL como plataforma. El modelo, que hemos denominado METAPESCA, está ahora en su versión 8. Entre los sistemas opcionales previstos para su exploración (ver *Instrucciones para el Usuario*) se incluyen uno con sólo dos y otro con cuatro subpoblaciones con distintos parámetros (“Simple” y “Simple4pops”), cuya utilidad principal es el debugging del código.

Estructura general

METAPESCA es un modelo general para la dinámica de una metapoblación de organismos bentónicos, compuesta por subpoblaciones conectadas entre ellas por dispersión larval. En su versión inicial, el modelo tenía algunos aspectos en común con un modelo de simulación utilizado por Botsford (1995) y Botsford et al. (1998) para explorar la dinámica de este tipo de recursos. Esos modelos fueron discutidos en detalle durante un taller conducido en octubre de 2001 en Valparaíso, del que participó el Prof. Botsford. El y su grupo los han aplicado específicamente a los stocks de erizo de California, así como en la exploración de estrategias rotativas y de los efectos de áreas marinas protegidas. Versiones ulteriores de METAPESCA incorporan explícitamente el proceso de pesca y el manejo.

El código tiene una estructura modular, consistiendo de los siguientes módulos principales que son llamados en cada iteración desde el módulo principal:

- ✓ Asignación del esfuerzo de pesca
- ✓ Producción de larvas (procesos pre-dispersión)
- ✓ Distribución de las larvas (dispersión, introducido mediante una matriz de conectividad)
- ✓ Recepción de nuevos “settlers” (procesos post-dispersión)
- ✓ Dinámica de cada subpoblación bentónica (crecimiento, mortalidad, etc.)

A ellos hay que agregarles un módulo de estrategias de manejo, que está en vías de implementación. Las estrategias previstas incluyen asignación del esfuerzo variable en el espacio (incluyendo rotación, clausuras temporarias y refugios reproductivos), tallas mínimas y cuotas de captura o esfuerzo. El código incluye, además, módulos que agrupan la generación del output, gráficos y menues.

Modelado de la dinámica de las metapoblaciones

Se consideran los siguientes componentes:

- ***Procesos locales pre-dispersión en cada celda emisora de larvas de la matriz espacial.*** Estos procesos incluyen tanto mecanismos compensatorios (denso-dependencia en el crecimiento, y por ende en el output reproductivo) como dependencias (denso-dependencia de las tasas de fertilización). En su forma inicial la producción de larvas asume la forma general de una función stock-reclutamiento tipo Beverton-Holt, aunque en este caso la relación no describe un proceso cerrado (como en la teoría clásica) sino la relación entre estadios sucesivos de un proceso abierto. Este tipo de relación es esperable cuando existe un balance entre compensación y dependencia pre-dispersivas; fenómenos de este tipo han sido bien documentados en el caso de los erizos.
- ***Dispersión***, descrita por una matriz de conectividad. Los elementos de la matriz pueden ser especificados por el usuario, pero se contemplan algunos prototipos básicos: subpoblaciones cerradas, pool larvario común entre subpoblaciones, y el caso en que la probabilidad de dispersión entre la celda emisora y la receptora es alguna función de la distancia entre las mismas.
- ***Procesos locales post-dispersión en cada celda receptora.*** Mecanismos compensatorios (inhibición del asentamiento por parte de los residentes) y dependencias (atracción de larvas competentes por parte de los residentes).
- ***Dinámica de las subpoblaciones***, incluyendo crecimiento y mortalidad. El crecimiento está modelado de forma recursiva, de manera de poder agregar denso-dependencia.

Modelado del proceso de pesca.

En la implementación de estrategias de manejo espacialmente explícitas es indispensable analizar el comportamiento de asignación espacial del esfuerzo por parte de los pescadores. El análisis básico utiliza como modelos de referencia (análogos a un modelo nulo) la bien conocida Ideal Free Distribution (IFD) y la asignación proporcional (modelo gravimétrico). Se ha explorado el rango de niveles de depleción en que ambas

son aproximadamente equivalentes, y se prevé en el futuro incluir otras variantes del modelo gravimétrico (Walters *et al.*, 1993).

Las complicaciones que se preve incorporar incluyen matrices de distancias entre subpoblaciones (o procedencias) y “puertos” (sitios de partida, desembarque, comercialización), así como los costos operativos asociados; relaciones entre calidad del recurso y precio; costos de cambiar de lugar (“switching”); “suitability” de las areas debida a factores distintos de las distancias (dependiente de las “utility functions” percibidas por los pescadores), etc.

Variables de estado

Las siguientes son las principales variables de estado de la dinámica poblacional

- ✓ Numero de individuos a la edad, tiempo, procedencia.
- ✓ Talla a la edad, tiempo, procedencia.
- ✓ Biomasa desovante, explotable y total corregidas por variación de talla a la edad.
- ✓ Numero de huevos producidos por población.
- ✓ Numero de larvas asentándose por población.

Literatura citada

Botsford, L.W. 1995. Population dynamics of spatially distributed, meroplanktonic, exploited marine invertebrates. En R.C.A. Bannister y G.Y. Conan, (ed): Shellfish Life Histories and Shellfishery Models. ICES.199:118-128.

Botsford, L. W., Moloney, C.L., Largier, J.L., and Hastings, A. 1998. Metapopulation dynamics of meroplanktonic invertebrates: the Dungeness crab as an example. En: G.S. Jamieson y A. Campbell, ed: Proceedings of the North Pacific Symp. on Invertebrate Stock Assessment and Management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.125:295-306.

Butterworth, D.S. and A.E. Punt. 1999. Experiences in the evaluation and implementation of management procedures. ICES J. Mar. Sc. 56:985-998.

Deriso, R., Quinn, T., Collie, J., Hilborn, R., Jones, C., Lindsay, B., Parma, A., Saila, S., Shapiro, L., Smith, S.J. y Walters, C. 1998. Improving Fish Stock Assessments. Nat. Res. Council, 177 pp. National Academy Press.

Orensanz, J.M., Hilborn, R. y Parma, A.M. 2001. Harvesting Methuselah's clams- Is the geoduck fishery sustainable, or just apparently so? Preparado para la Underwater Harvesters Association, BC, Canada. PSARC-2000, 38 pp.

Parma, A.M. y NCEAS working group on population management. 1998. What can adaptive management do for our fish, forests, food and biodiversity? Integrative Biology 1:16-26.

Parma, A.M. 2002. In search of robust harvest rules for Pacific halibut in the face of uncertain assessments and decadal changes in productivity. *Bulletin of Marine Science* (en prensa).

Walters, C.J. 1986. Adaptive management of renewable resources. MacMillan, 384 pp.

Walters, C.J., Hall, N., Brown, R. and Chubb, C. 1993. Spatial model for the population dynamics and exploitation of the Western Australian rock lobster, *Panulirus cygnus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1650-1662.

Metapesca 08- Instrucciones para el usuario

La versión 8 de METAPESCA (abril, 2002) se instala desde el archivo comprimido “**metapesca08.zip**”. En primer lugar es necesario crear una carpeta de archivos donde descomprimir los archivos **metapesca08.xls** (archivo de programa del modelo), los archivos con terminación “.dat” (archivos de datos sobre sistemas a usar en el modelo) y el archivo “help.doc” (ayuda y tutorial) El programa Winzip.exe generalmente descomprimirá automáticamente los archivos al ejecutar el archivo “metapesca8.zip”. Una vez descomprimidos los archivos seguir los siguientes pasos:

1. Abrir **metapesca08.xls** desde Excel para aprovechar todas las opciones de Metapesca. Si se abre **metapesca08.xls** de otra manera (Explorador de Windows o Archivos recientes) el programa correrá igual pero el archivo de ayuda no estará disponible (no se establece de manera correcta el path al no abrir desde Excel). Dependiendo de la configuración de Excel puede aparecer un mensaje preguntando si se quiere habilitar macros. De ser así **Aceptar macros**. La pantalla de inicio del programa puede verse en la Figura 1.
2. Pulsando "**Empezar**" se inicia el programa. "**Acerca de Metapesca**" provee información general acerca del programa (Figura 2). Se está trabajando en estos momentos en una ayuda automatizada y tutoriales de uso del programa. Por el momento el material disponible como ayuda y tutorial es el contenido en este documento.



Figura 1. Pantalla de bienvenida a Metapesca 8.0.



Figura 2. Pantalla de Información sobre programa.

3. Pulsando "**Empezar**" se llega a la hoja "System". Allí se describen los sistemas disponibles para usar en el programa. Cada una de ellas esta vinculada a un archivo .dat con informacion sobre dimensionamiento y parametros del sistema a usar en el modelo.

	A	B	C	D
1	Numero de Sistemas		5	
2				
3	# Sistema	Nombre Comun Especie	Area	Pais
4	1	Simple	Washington	USA
5	2	Simple4pops	Washington	USA
6	3	Geoduck	Washington	USA
7	4	Panopea	Pto Madryn	Argentina
8	5	Erizo	X y XI Region	Chile

Figura 3. Inicio de programa y sistemas disponibles.

4. Al desplegar el menu "**MetaPesca**" se ofrece el set de opciones que se muestra en la Figura 4. El menu original de Excel se recupera al cerrar el programa Metapesca, o se puede recuperar desde Metapesca al pulsar "**Restaurar Menu de Excel**".
5. Para elegir que sistema a usar en el programa hay que ir a la barra menu "**MetaPesca**" y pulsar "**Abrir Archivo**". Seleccionar sistema a usar y pulsar "**Aceptar**". La informacion disponible para el sistema elegido es incorporada desde el archivo ".dat" a la hoja Input (Figura 5). Allí se puede cambiar el valor de los parámetros, dimensionar el problema (años, numero de areas), o bien correrlo tal como viene del archivo ".dat".
6. Para correr el programa se va otra vez al menu "**Metapesca**" y se selecciona "**Correr el Modelo**". Allí corre el sistema elegido, se imprime el output y se genera un set de graficos (Figura 6).
7. Para seleccionar un sistema nuevo se puede usar una forma a tal efecto (ver Figura) al ir de nuevo a la barra menu "**MetaPesca**" y elegir "**Crear Archivo Nuevo**". Allí se completa la forma y el programa genera el nuevo archivo de datos.
8. Para editar el codigo o acceder al editor de Visual Basic hay que pulsar "Alt + F11" o ir a Tools, Macro, Visual Basic.

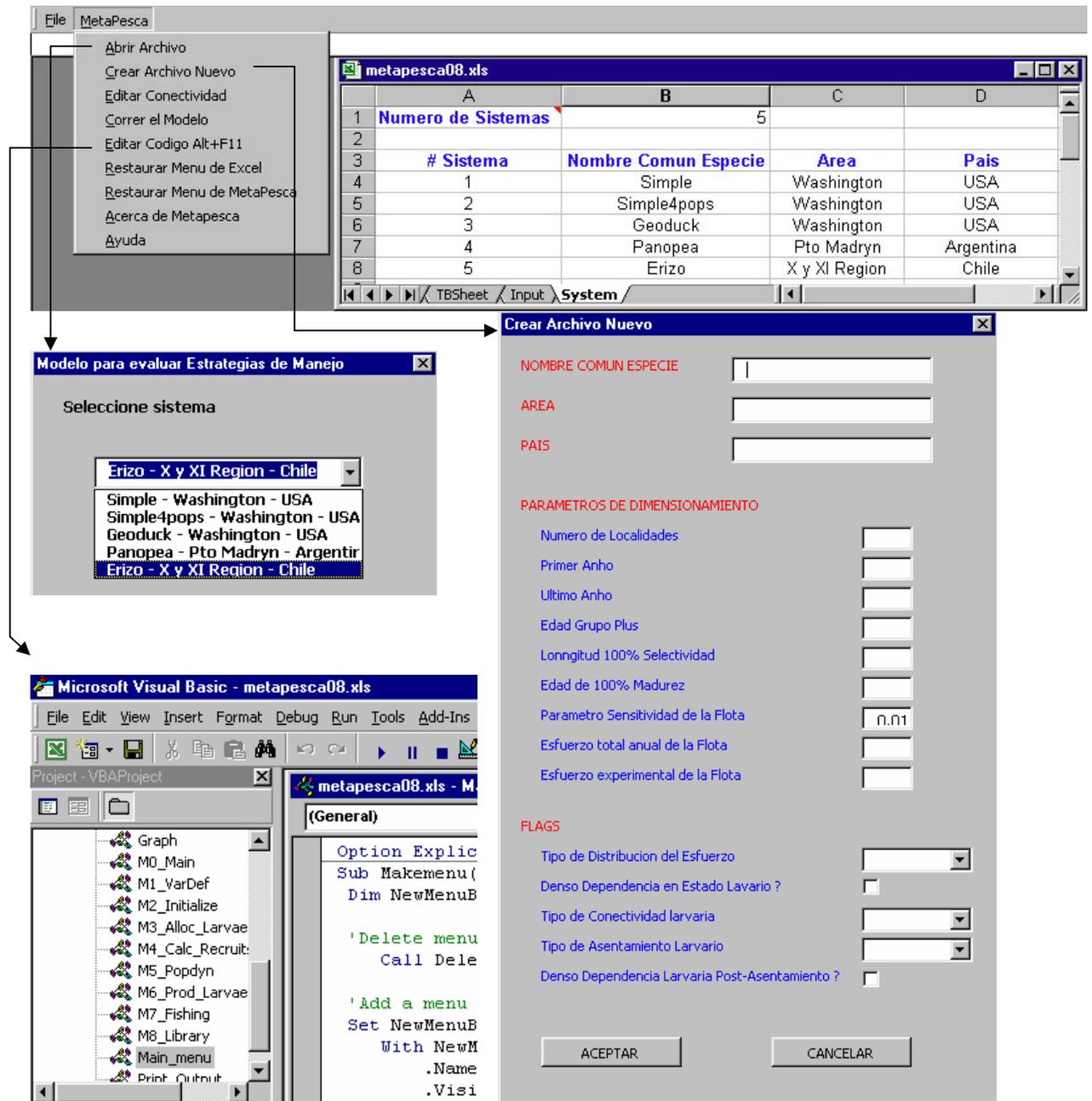


Figura 4. Opciones del menu Metapesca.

File MetaPesca					
N9 =					
	A	B	C	D	E
1	Nombre Comun Especie	Geoduck			
2	Area	Puget Sound			
3	Pais	USA			
4					
5	Parametros de Dimensionamiento				
6	Numero de Localidades	4			
7	Primer Anho	1990			
8	Ultimo Anho	2000			
9	Edad Grupo Plus	3			
10	Longitud 100% Selectividad	1			
11	Edad 100% de Madurez	1			
12	Parametro de Selectividad de la flota	0.01			
13	Esfuerzo Total Anual de la Flota	1			
14	Esfuerzo Experimental Anual de la Flota	0.001			
15					
16	Flags				
17	Fishing effort allocation	1			
18	Larvae density dependence	1			
19	Connectivity	1			
20	Settlement	1			
21	Post Settlement density dependence	1			
22					
23	Parametros area especificos	SSound	HCanal	NSound	CSound
24		1	2	3	4
25	Longitud asintotica (Bertalanfy)	15	20	25	30
26	Tasa de crecimiento (Bertalanfy)	0.1	0.15	0.2	0.25
27	Multiplicador relacion edad-peso	0.35	0.35	0.35	0.35
28	Exponente relacion edad-peso	3	3	3	3
29	Tasa de mortalidad natural	0.0226	0.0226	0.0226	0.0226
30	Reclutamiento inicial (equilibrio)	1000	1000	1000	1000
31	Capturabilidad	0.05	0.05	0.05	0
32	Superficie	300	300	300	100
33					
34	Conectividad Larvaria	Larvas producidas en			
35	Asentadas en	1	2	3	4
36		1	0.4	0.2	0.2
37		2	0.2	0.4	0.2
38		3	0.2	0.2	0.4
39		4	0.2	0.2	0.4

Figura 5. Hoja Input

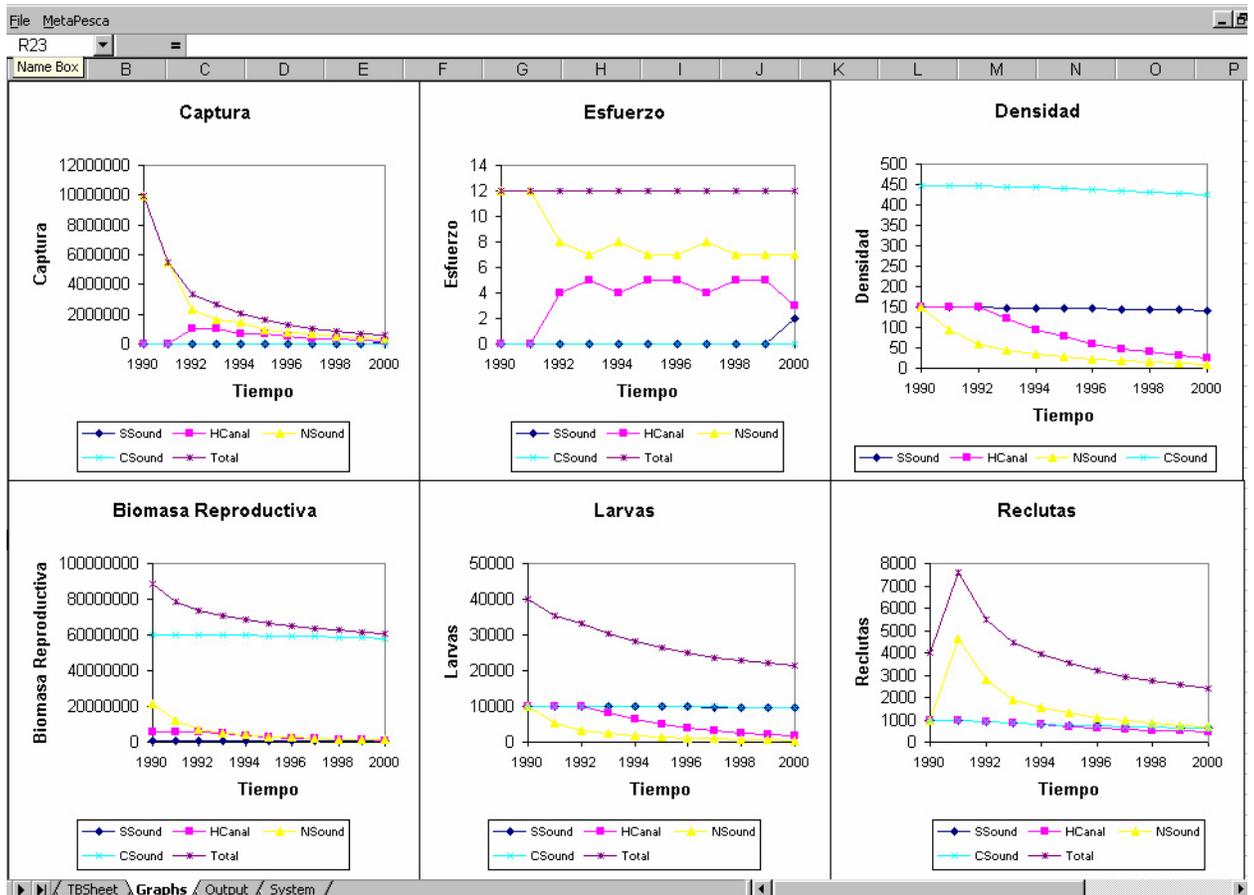


Figura 6. Ejemplo de gráficos de salida.

9. El tipo de conectividad larvaria puede modificarse manualmente desde la hoja “Input” o mediante el uso de una interfase grafica accesible seleccionando “Editar Conectividad” desde el menú “Metapesca” (Figura 7).

The screenshot shows the 'Metapesca' application window with the 'File' menu open and 'Editar Conectividad' selected. A dialog box titled 'Tipo de Conectividad Larvaria' is displayed over the spreadsheet. The dialog contains four radio button options: 'Poblaciones Cerradas', 'Conectividad Lineal', 'Interconexión' (which is selected), and 'Pool Larvario'. Each option is accompanied by a small diagram representing that connectivity type. To the right of the 'Interconexión' option, there is a text input field for 'Fraccion Retenida' with the value '0.6'. At the bottom of the dialog are two buttons: 'Calcular Conectividad' and 'Salir'.

Conectividad Larvaria	Larvas producidas en			
Asentadas en	1	2	3	4
1	0.6	0.133333	0.133333	0.133333
2	0.13333333	0.6	0.133333	0.133333
3	0.13333333	0.133333	0.6	0.133333
4	0.13333333	0.133333	0.133333	0.6

Figura 7. Interfase gráfica para la especificación de la matriz de conectividad larvaria.

A N E X O 6

**Desarrollo de un modelo operativo:
Metapesca Modelo General de la
Dinámica de una Metapoblación
Explotada de Invertebrados
Bentónicos**

ANEXO 6

Desarrollo de un Modelo Operativo: METAPESCA

Modelo General de la Dinámica de una Metapoblación Explotada de Invertebrados Bentónicos

Juan Valero¹, Billy Ernst^{1,2}, Ana M. Parma³ y Lobo Orensanz^{1,3}

Introducción

El desarrollo de un modelo operativo para la evaluación de procedimientos de manejo alternativos es un objetivo central del proyecto plurianual propuesto. Este último contemplaba, para el primer año, la compilación de información utilizable en la substanciación de escenarios plausibles acerca de la dinámica del recurso y el proceso de pesca. Las tareas desarrolladas se adelantaron a lo previsto: la estructura básica de un modelo de simulación para una metapoblación bentónica explotada (previsto para el segundo año) fue ya diseñada durante el primer año. Estas tareas fueron conducidas con apoyo de una Pew Fellowship in Marine Conservation acordada a uno de los autores (Orensanz), pero fueron concebidas de manera que convergieran con los objetivos del proyecto. En este apéndice se presenta el estado actual de esta actividad.

El desarrollo de un procedimiento de manejo procede a lo largo de una secuencia de estadios:

- *Especificación de escenarios plausibles, en base a los resultados de otros componentes del proyecto*
- *Desarrollo de un modelo de simulación, a ser utilizado como “modelo operativo” para representar cada uno de los escenarios elegidos*
- *Evaluación mediante ejercicios de simulación de estrategias de explotación y manejo, con énfasis en opciones espacialmente explícitas*
- *Comparación de procedimientos de manejo alternativos con participación de administradores, pescadores e industriales*
- *Selección de un procedimiento e implementación*
- *Monitoreo, feedback y reevaluación del procedimiento de manejo*

En términos generales, un procedimiento de manejo (sensu Butterworth y Punt 1999, Deriso et al. 1998, pg. 54-55) debe especificar el programa de monitoreo a usar para el seguimiento del recurso, la estrategia de explotación y el tipo de controles para implementarla, y los algoritmos de decisión para traducir la información recabada en el

¹ School of Aquatic and Fishery Sciences, University of Washington, Seattle, WA 98195-5020, USA

² Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Casilla 160-C. Correo 3, Concepción, Chile

³ Centro Nacional Patagónico, (9120) Puerto Madryn, Argentina

programa de monitoreo en regulaciones (controles) de manejo. En el caso de una estrategia de rotación, existe una variedad de alternativas a evaluar, que involucran, por ejemplo,

- ✓ La fracción del área total abierta a la explotación cada año
- ✓ El formato e intensidad del monitoreo como base para regular la reapertura de áreas previamente explotadas
- ✓ Las densidades umbrales para regular el cierre y apertura de bancos.

La forma más expeditiva para evaluar los resultados esperados de las distintos procedimientos posibles es probar su efectividad en ejercicios de simulación. Un aspecto crítico de la evaluación de procedimientos de manejo es el diseño de modelos de simulación o “modelos operativos” (Butterworth y Punt 1999, Parma et al. 1998) que representen en forma realista los distintos escenarios posibles para la dinámica del recurso y la pesquería.

Es en este marco que la información disponible y a adquirir acerca de los procesos básicos de la dinámica cobra valor en términos del manejo. Es importante distinguir dos tipos de información necesaria sobre el sistema. Por un lado está la información básica que permite caracterizar los procesos poblacionales y pesqueros en términos formales para construir el modelo operativo. Por otro está la información acerca del *estado* del sistema a adquirir mediante un protocolo regular de monitoreo para ser usada directamente en las regulaciones de manejo.

Para que el modelo de simulación pueda ser utilizado como modelo operativo en la evaluación de políticas de manejo, es necesario simular también el programa de monitoreo y su traducción en medidas que afectan el proceso de pesca. Esto permite implementar en la simulación el proceso completo del manejo, incluyendo (i) la obtención de nuevos datos, (ii) la aplicación del algoritmo feedback de decisión para el cálculo de los controles o acciones de manejo, y (iii) el efecto de los controles regulatorios en la dinámica del proceso de explotación simulado.

Este proceso culmina con la elaboración de una tabla de decisión donde procedimientos de manejo alternativos son evaluados en términos de su potencial para alcanzar los objetivos de manejo, determinados en conjunto por los administradores de los recursos (en este caso la Subsecretaría de Pesca) y por los usuarios (pescadores e industriales). Dada la imposibilidad de especificar completamente los procesos dinámicos relevantes que determinarían el éxito de una u otra alternativa de manejo, distintas hipótesis o escenarios acerca del funcionamiento del sistema deben ser contemplados en la evaluación (i.e. varios modelos operativos). Por último, el desarrollo de procedimientos de manejo debe ser concebido en términos adaptativos (Walters 1986, Parma et al. 1998).

El modelo operativo será usado para la evaluación de procedimientos de manejo alternativos. Un set específico de procedimientos de manejo considerados plausibles a priori, definidos en forma conjunta con administradores y pescadores, serán los candidatos a ser evaluados como parte del proyecto. La selección se realizará atendiendo a consideraciones biológico-técnicas, así como a los aspectos prácticos relacionados a la

implementación, tanto en lo que hace a los programas de monitoreo requeridos como a los problemas de regulación y fiscalización asociados a cada alternativa de manejo. La evaluación seguirá los procedimientos usuales en este tipo de análisis (Butterworth y Punt 1999, Parma 2000). Se definirá una serie de indicadores de desempeño que reflejen los objetivos del manejo y los intereses de los distintos sectores involucrados. El objetivo del análisis es identificar alternativas que sean robustas, esto es, cuya performance en términos de los indicadores de desempeño sea adecuada frente a una serie de escenarios que representen el estado de conocimiento adquirido sobre el recurso y las incertidumbres consideradas centrales. Por ejemplo, aún cuando los procesos centrales de la dinámica que determinan las tasas de recuperación de poblaciones explotadas y la frecuencia media de revisita de un mismo banco estén incompletamente especificados y sean poco predecibles, es posible concebir procedimientos robustos de feedback que respondan directamente a los índices de abundancia para regular el cronograma de cierres y aperturas de los bancos. Por ejemplo, el sistema de rotación implementado en el estado de Washington para la pesquería del “geoduck” especifica que los bancos no pueden ser revisitados hasta tanto los indicadores de densidad no hayan recuperado el nivel estimado antes de la cosecha (Orensanz et al. 2001).

Implementación del Modelo Operativo

Software

El código del modelo está escrito en VBA (Visual Basic for Applications) utilizando EXCEL como plataforma. El modelo, que hemos denominado METAPESCA, está ahora en su versión 8. Entre los sistemas opcionales previstos para su exploración (ver *Instrucciones para el Usuario*) se incluyen uno con sólo dos y otro con cuatro subpoblaciones con distintos parámetros (“Simple” y “Simple4pops”), cuya utilidad principal es el debugging del código.

Estructura general

METAPESCA es un modelo general para la dinámica de una metapoblación de organismos bentónicos, compuesta por subpoblaciones conectadas entre ellas por dispersión larval. En su versión inicial, el modelo tenía algunos aspectos en común con un modelo de simulación utilizado por Botsford (1995) y Botsford et al. (1998) para explorar la dinámica de este tipo de recursos. Esos modelos fueron discutidos en detalle durante un taller conducido en octubre de 2001 en Valparaíso, del que participó el Prof. Botsford. El y su grupo los han aplicado específicamente a los stocks de erizo de California, así como en la exploración de estrategias rotativas y de los efectos de áreas marinas protegidas. Versiones ulteriores de METAPESCA incorporan explícitamente el proceso de pesca y el manejo.

El código tiene una estructura modular, consistiendo de los siguientes módulos principales que son llamados en cada iteración desde el módulo principal:

- ✓ Asignación del esfuerzo de pesca
- ✓ Producción de larvas (procesos pre-dispersión)
- ✓ Distribución de las larvas (dispersión, introducido mediante una matriz de conectividad)
- ✓ Recepción de nuevos “settlers” (procesos post-dispersión)
- ✓ Dinámica de cada subpoblación bentónica (crecimiento, mortalidad, etc.)

A ellos hay que agregarles un módulo de estrategias de manejo, que está en vías de implementación. Las estrategias previstas incluyen asignación del esfuerzo variable en el espacio (incluyendo rotación, clausuras temporarias y refugios reproductivos), tallas mínimas y cuotas de captura o esfuerzo. El código incluye, además, módulos que agrupan la generación del output, gráficos y menues.

Modelado de la dinámica de las metapoblaciones

Se consideran los siguientes componentes:

- ***Procesos locales pre-dispersión en cada celda emisora de larvas de la matriz espacial.*** Estos procesos incluyen tanto mecanismos compensatorios (denso-dependencia en el crecimiento, y por ende en el output reproductivo) como dependencias (denso-dependencia de las tasas de fertilización). En su forma inicial la producción de larvas asume la forma general de una función stock-reclutamiento tipo Beverton-Holt, aunque en este caso la relación no describe un proceso cerrado (como en la teoría clásica) sino la relación entre estadios sucesivos de un proceso abierto. Este tipo de relación es esperable cuando existe un balance entre compensación y dependencia pre-dispersivas; fenómenos de este tipo han sido bien documentados en el caso de los erizos.
- ***Dispersión***, descrita por una matriz de conectividad. Los elementos de la matriz pueden ser especificados por el usuario, pero se contemplan algunos prototipos básicos: subpoblaciones cerradas, pool larvario común entre subpoblaciones, y el caso en que la probabilidad de dispersión entre la celda emisora y la receptora es alguna función de la distancia entre las mismas.
- ***Procesos locales post-dispersión en cada celda receptora.*** Mecanismos compensatorios (inhibición del asentamiento por parte de los residentes) y dependencias (atracción de larvas competentes por parte de los residentes).
- ***Dinámica de las subpoblaciones***, incluyendo crecimiento y mortalidad. El crecimiento está modelado de forma recursiva, de manera de poder agregar denso-dependencia.

Modelado del proceso de pesca.

En la implementación de estrategias de manejo espacialmente explícitas es indispensable analizar el comportamiento de asignación espacial del esfuerzo por parte de los pescadores. El análisis básico utiliza como modelos de referencia (análogos a un modelo nulo) la bien conocida Ideal Free Distribution (IFD) y la asignación proporcional (modelo gravimétrico). Se ha explorado el rango de niveles de depleción en que ambas

son aproximadamente equivalentes, y se prevé en el futuro incluir otras variantes del modelo gravimétrico (Walters *et al.*, 1993).

Las complicaciones que se preve incorporar incluyen matrices de distancias entre subpoblaciones (o procedencias) y “puertos” (sitios de partida, desembarque, comercialización), así como los costos operativos asociados; relaciones entre calidad del recurso y precio; costos de cambiar de lugar (“switching”); “suitability” de las areas debida a factores distintos de las distancias (dependiente de las “utility functions” percibidas por los pescadores), etc.

Variables de estado

Las siguientes son las principales variables de estado de la dinámica poblacional

- ✓ Numero de individuos a la edad, tiempo, procedencia.
- ✓ Talla a la edad, tiempo, procedencia.
- ✓ Biomasa desovante, explotable y total corregidas por variación de talla a la edad.
- ✓ Numero de huevos producidos por población.
- ✓ Numero de larvas asentándose por población.

Literatura citada

Botsford, L.W. 1995. Population dynamics of spatially distributed, meroplanktonic, exploited marine invertebrates. En R.C.A. Bannister y G.Y. Conan, (ed): Shellfish Life Histories and Shellfishery Models. ICES.199:118-128.

Botsford, L. W., Moloney, C.L., Largier, J.L., and Hastings, A. 1998. Metapopulation dynamics of meroplanktonic invertebrates: the Dungeness crab as an example. En: G.S. Jamieson y A. Campbell, ed: Proceedings of the North Pacific Symp. on Invertebrate Stock Assessment and Management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.125:295-306.

Butterworth, D.S. and A.E. Punt. 1999. Experiences in the evaluation and implementation of management procedures. ICES J. Mar. Sc. 56:985-998.

Deriso, R., Quinn, T., Collie, J., Hilborn, R., Jones, C., Lindsay, B., Parma, A., Saila, S., Shapiro, L., Smith, S.J. y Walters, C. 1998. Improving Fish Stock Assessments. Nat. Res. Council, 177 pp. National Academy Press.

Orensanz, J.M., Hilborn, R. y Parma, A.M. 2001. Harvesting Methuselah's clams- Is the geoduck fishery sustainable, or just apparently so? Preparado para la Underwater Harvesters Association, BC, Canada. PSARC-2000, 38 pp.

Parma, A.M. y NCEAS working group on population management. 1998. What can adaptive management do for our fish, forests, food and biodiversity? Integrative Biology 1:16-26.

Parma, A.M. 2002. In search of robust harvest rules for Pacific halibut in the face of uncertain assessments and decadal changes in productivity. *Bulletin of Marine Science* (en prensa).

Walters, C.J. 1986. Adaptive management of renewable resources. MacMillan, 384 pp.

Walters, C.J., Hall, N., Brown, R. and Chubb, C. 1993. Spatial model for the population dynamics and exploitation of the Western Australian rock lobster, *Panulirus cygnus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1650-1662.

Metapesca 08- Instrucciones para el usuario

La versión 8 de METAPESCA (abril, 2002) se instala desde el archivo comprimido “**metapesca08.zip**”. En primer lugar es necesario crear una carpeta de archivos donde descomprimir los archivos **metapesca08.xls** (archivo de programa del modelo), los archivos con terminación “.dat” (archivos de datos sobre sistemas a usar en el modelo) y el archivo “help.doc” (ayuda y tutorial) El programa Winzip.exe generalmente descomprimirá automáticamente los archivos al ejecutar el archivo “metapesca8.zip”. Una vez descomprimidos los archivos seguir los siguientes pasos:

1. Abrir **metapesca08.xls** desde Excel para aprovechar todas las opciones de Metapesca. Si se abre **metapesca08.xls** de otra manera (Explorador de Windows o Archivos recientes) el programa correrá igual pero el archivo de ayuda no estará disponible (no se establece de manera correcta el path al no abrir desde Excel). Dependiendo de la configuración de Excel puede aparecer un mensaje preguntando si se quiere habilitar macros. De ser así **Aceptar macros**. La pantalla de inicio del programa puede verse en la Figura 1.
2. Pulsando "**Empezar**" se inicia el programa. "**Acerca de Metapesca**" provee información general acerca del programa (Figura 2). Se está trabajando en estos momentos en una ayuda automatizada y tutoriales de uso del programa. Por el momento el material disponible como ayuda y tutorial es el contenido en este documento.



Figura 1. Pantalla de bienvenida a Metapesca 8.0.



Figura 2. Pantalla de Información sobre programa.

3. Pulsando "**Empezar**" se llega a la hoja "System". Allí se describen los sistemas disponibles para usar en el programa. Cada una de ellas esta vinculada a un archivo .dat con informacion sobre dimensionamiento y parametros del sistema a usar en el modelo.

	A	B	C	D
1	Numero de Sistemas		5	
2				
3	# Sistema	Nombre Comun Especie	Area	Pais
4	1	Simple	Washington	USA
5	2	Simple4pops	Washington	USA
6	3	Geoduck	Washington	USA
7	4	Panopea	Pto Madryn	Argentina
8	5	Erizo	X y XI Region	Chile

Figura 3. Inicio de programa y sistemas disponibles.

4. Al desplegar el menu "**MetaPesca**" se ofrece el set de opciones que se muestra en la Figura 4. El menu original de Excel se recupera al cerrar el programa Metapesca, o se puede recuperar desde Metapesca al pulsar "**Restaurar Menu de Excel**".
5. Para elegir que sistema a usar en el programa hay que ir a la barra menu "**MetaPesca**" y pulsar "**Abrir Archivo**". Seleccionar sistema a usar y pulsar "**Aceptar**". La informacion disponible para el sistema elegido es incorporada desde el archivo ".dat" a la hoja Input (Figura 5). Allí se puede cambiar el valor de los parámetros, dimensionar el problema (años, numero de areas), o bien correrlo tal como viene del archivo ".dat".
6. Para correr el programa se va otra vez al menu "**Metapesca**" y se selecciona "**Correr el Modelo**". Allí corre el sistema elegido, se imprime el output y se genera un set de graficos (Figura 6).
7. Para seleccionar un sistema nuevo se puede usar una forma a tal efecto (ver Figura) al ir de nuevo a la barra menu "**MetaPesca**" y elegir "**Crear Archivo Nuevo**". Allí se completa la forma y el programa genera el nuevo archivo de datos.
8. Para editar el codigo o acceder al editor de Visual Basic hay que pulsar "Alt + F11" o ir a Tools, Macro, Visual Basic.

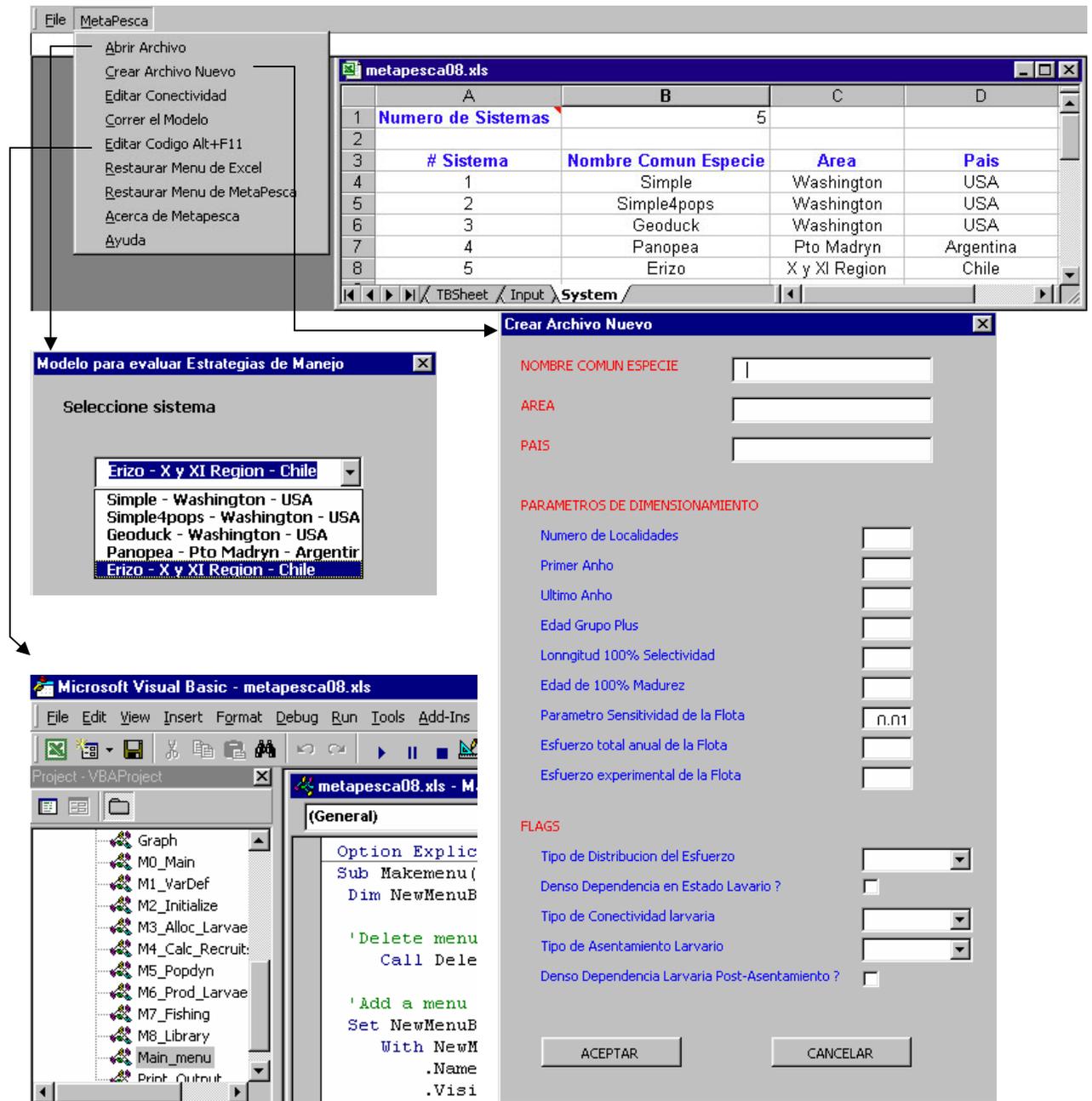


Figura 4. Opciones del menu Metapesca.

File MetaPesca					
N9 =					
	A	B	C	D	E
1	Nombre Comun Especie	Geoduck			
2	Area	Puget Sound			
3	Pais	USA			
4					
5	Parametros de Dimensionamiento				
6	Numero de Localidades	4			
7	Primer Anho	1990			
8	Ultimo Anho	2000			
9	Edad Grupo Plus	3			
10	Longitud 100% Selectividad	1			
11	Edad 100% de Madurez	1			
12	Parametro de Selectividad de la flota	0.01			
13	Esfuerzo Total Anual de la Flota	1			
14	Esfuerzo Experimental Anual de la Flota	0.001			
15					
16	Flags				
17	Fishing effort allocation	1			
18	Larvae density dependence	1			
19	Connectivity	1			
20	Settlement	1			
21	Post Settlement density dependence	1			
22					
23	Parametros area especificos	SSound	HCanal	NSound	CSound
24		1	2	3	4
25	Longitud asintotica (Bertalanfy)	15	20	25	30
26	Tasa de crecimiento (Bertalanfy)	0.1	0.15	0.2	0.25
27	Multiplicador relacion edad-peso	0.35	0.35	0.35	0.35
28	Exponente relacion edad-peso	3	3	3	3
29	Tasa de mortalidad natural	0.0226	0.0226	0.0226	0.0226
30	Reclutamiento inicial (equilibrio)	1000	1000	1000	1000
31	Capturabilidad	0.05	0.05	0.05	0
32	Superficie	300	300	300	100
33					
34	Conectividad Larvaria	Larvas producidas en			
35	Asentadas en	1	2	3	4
36		1	0.4	0.2	0.2
37		2	0.2	0.4	0.2
38		3	0.2	0.2	0.4
39		4	0.2	0.2	0.4

Figura 5. Hoja Input

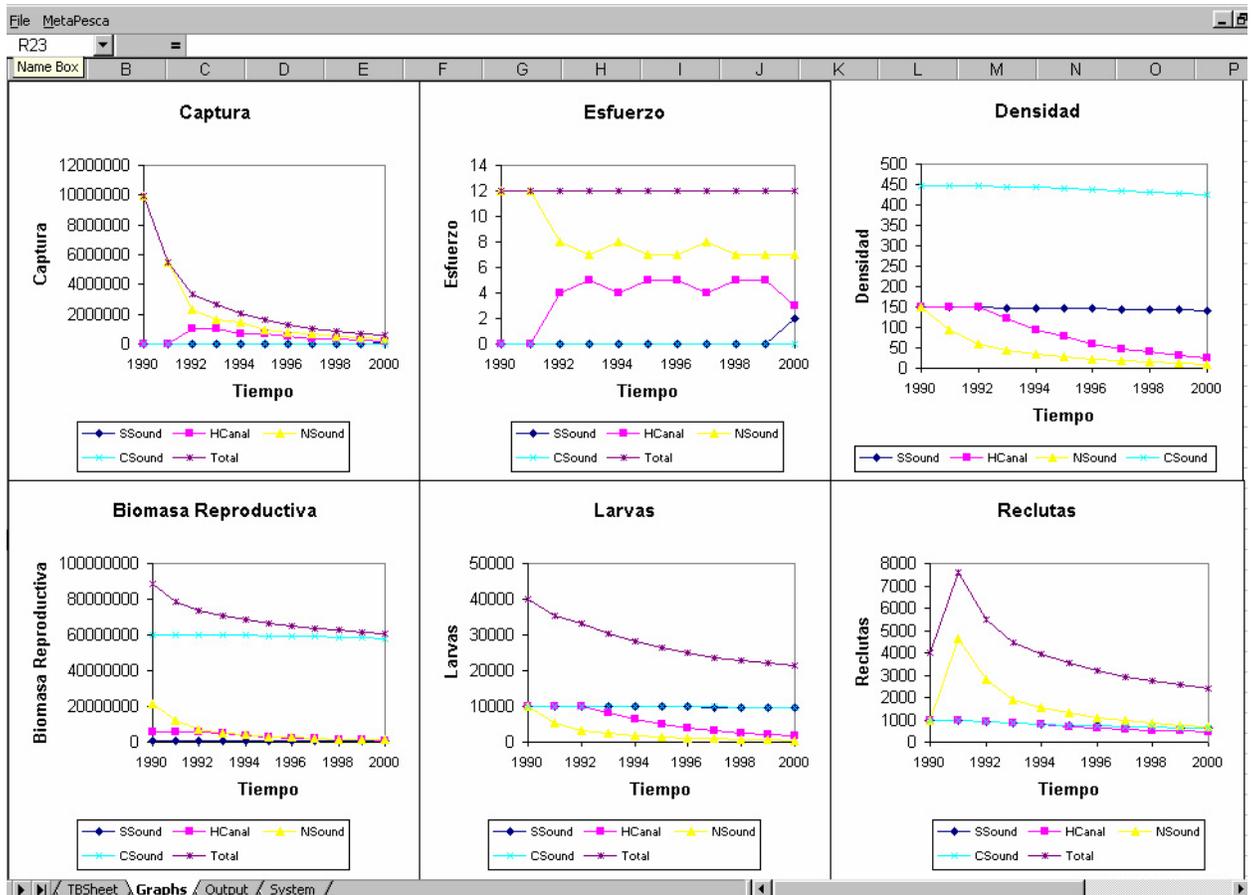


Figura 6. Ejemplo de gráficos de salida.

9. El tipo de conectividad larvaria puede modificarse manualmente desde la hoja “Input” o mediante el uso de una interfase grafica accesible seleccionando “Editar Conectividad” desde el menú “Metapesca” (Figura 7).

The screenshot shows the 'Metapesca' application window with the 'File' menu open and 'Editar Conectividad' selected. A dialog box titled 'Tipo de Conectividad Larvaria' is displayed over the spreadsheet. The dialog contains four radio button options: 'Poblaciones Cerradas', 'Conectividad Lineal', 'Interconexión' (which is selected), and 'Pool Larvario'. To the right of the 'Interconexión' option, there is a text input field for 'Fraccion Retenida' with the value '0.6'. At the bottom of the dialog are two buttons: 'Calcular Conectividad' and 'Salir'.

Conectividad Larvaria	Larvas producidas en			
Asentadas en	1	2	3	4
1	0.6	0.133333	0.133333	0.133333
2	0.13333333	0.6	0.133333	0.133333
3	0.13333333	0.133333	0.6	0.133333
4	0.13333333	0.133333	0.133333	0.6

Figura 7. Interfase gráfica para la especificación de la matriz de conectividad larvaria.

A N E X O 7

**Trabajo preparatorio para el
desarrollo de un Sistema de
Información Geográfica (SIG) durante
el segundo año del proyecto**

ANEXO 7

Trabajo preparatorio para el desarrollo de un Sistema de Información Geográfica (SIG) durante el segundo año del proyecto

a. Localización y georeferenciación de las áreas de pesca

Para la localización y georeferenciación de las áreas de pesca, se utilizó como plataforma de trabajo el sistema de información geográfica (SIG) TNTmips (Microimages, 1997), para plataforma PC bajo sistema operativo Windows NT. El SIG es un conjunto de algoritmos que permiten ingresar, almacenar, analizar, y desplegar datos geográficos. La diferencia con otros softwares radica en que los SIG manejan variables en las cuales la localización geográfica es fundamental, asimismo los SIG brindan facilidades para mezclar información provenientes de fuentes diversas (datum, proyecciones, sistemas de referencia) y distintas escalas. El objetivo principal de la utilización del SIG fue de georeferenciar la costa y las procedencias asociadas a cada recurso. Para ello se consideraron dos enfoques 1) localización directa de las áreas a través de GPS y 2) identificación de la procedencia sobre cartas SHOA.

a.1. Localización directa de las áreas a través de GPS

Para una adecuada georeferenciación de las procedencias se hizo un posicionamiento en terreno mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) cuando fue factible. En este punto es importante señalar que se tomaron en cuenta ciertas condiciones como el tiempo de medición y precisión adecuados. Asimismo, se consideró la existencia de elementos de referencia en terreno y puntos geográficos relevantes (ríos, accidentes topográficos, etc), los cuales son de gran ayuda para una adecuada georeferenciación. La gran ventaja del uso de GPS es que permiten medir- y repetir las mediciones- sobre un sistema de referencia mundial, ya que con la puesta en órbita de diferentes satélites se pudo definir un elipsoide general conocido como " World Geodetic System" (WGS84) y que es utilizado por los sistemas vía satélite (GPS y GLONAS) (Dikinson, 1985).

En relación a lo anterior, el uso de tecnología y metodología GPS para trabajos geodésicos, hidrográficos, de georeferenciación de localidades, de concesiones de acuicultura y determinación de líneas de playa requiere el cumplimiento de ciertas especificaciones técnicas. En este sentido, se emplearon las Instrucciones Hidrográficas SHOA ("Especificaciones Técnicas para el Empleo y Aplicación de Tecnología GPS, en Trabajos Geodésicos, Hidrográficos y Topográficos"). Cabe señalar que la amplia utilización del GPS ha hecho que el SHOA haya visto la necesidad de establecer las normas y procedimientos de estandarización que permitan a los usuarios del sistema efectuar sus trabajos de la forma más ágil y efectiva posible.

Materiales y equipamiento requerido. El procedimiento de medición de coordenadas geográficas con GPS requiere de la utilización de equipos georeceptores. Para la presente experiencia se utilizaron equipos GPS marca MAGELLAN, modelo 315, que cuenta con una buena capacidad de memoria. Asimismo, se utilizaron cartas geográficas para plotear las coordenadas medidas. Dichas cartografías corresponden a

cartas del SHOA, por cuanto es la carta de referencia legal para la tramitación de concesiones y levantamientos en la zona.

Diseño de una estrategia para la medición en terreno. La medición en terreno de las coordenadas geográficas mediante el uso de receptores GPS requirió de la preparación de equipos y recopilación de antecedentes, de acuerdo a los lineamientos especificados por Naranjo (1997):

En primer lugar, se configuraron los equipos utilizando como referencia el elipsoide geocéntrico WGS-84 (World Geodetic System 1984), también llamado elipsoide GPS (Naranjo, 1997; Herrera, 1995). Una configuración adecuada permite obtener una data que puede ser usada en procesos posteriores. Por esta razón, previo a cada jornada, se constataron los parámetros ingresados, aún cuando muchos de ellos sólo se configuran una sola vez.

Posteriormente, se procedió a la determinación de puntos geográficos, uno de los aspectos fundamentales del proceso de medición. Para ello se determinaron puntos con coordenadas geográficas conocidas y se tomaron las posiciones con el equipo GPS, durante 1 hora a lo menos (teniendo presente las condiciones del mar). Este set de datos fue sometido a un tratamiento estadístico para estimar las coordenadas promedio del punto base. Este procedimiento es más impreciso que el de obtener un vértice previamente conocido de la Red Geodésica Nacional. No obstante, experiencias de terreno indican que se obtienen precisiones inferiores menores a los 10-20 metros (GEOCOM, 1995). En esta experiencia, se optó por determinar estadísticamente las coordenadas del lugar geográfico seleccionado debido a la imposibilidad de obtener un vértice de coordenadas geográficas.

a.2. Identificación de la procedencia sobre cartas SHOA

En este punto se deben realizar algunas correcciones para que la línea de costa y las áreas de pesca sean comparables con las cartas náuticas de Chile (del SHOA o IGM). Como vector base se utilizó el obtenido desde las Cartas Náuticas Electrónicas (CNE) del SHOA. La CNE contiene toda la información cartográfica necesaria para georeferenciar las áreas de pesca, localidades y líneas de costa, ofreciendo además información suplementaria a la ya incluida en una carta de papel (por ejemplo; ríos, localidades, listas de faros, derroteros, etc.).

Posteriormente, la costa y las áreas de procedencia se referenciaron en el sistema de coordenadas latitud/longitud. Para ello se utilizó la técnica de GCP (Ground Control Point) (Butler *et al.*, 1990), que consiste en seleccionar puntos relevantes de la imagen (las cartas hidrográficas normalmente son utilizadas como planos de referencia) y obtener las coordenadas geográficas exactas del mapa. Para ello se utilizaron dos módulos del TNTmips:

- a) El módulo GEOREFERENCE, que permite georeferenciar las áreas de pesca, tomando como "vector base" las cartas náuticas electrónicas. El proceso transforma y construye una serie de ecuaciones polinómicas. Las opciones incluyen, entre otras, la del vecino más cercano, en la que el nuevo valor de la grilla es igual al de la célula más cercana en la grilla antigua, y una opción de interpolación bilinear, en la que el nuevo valor es un ponderado por la distancia promedio de los cuatro vecinos más cercanos.

b) El módulo PROJECT, que permite proyectar los vectores georeferenciados desde un sistema de coordenadas a otro. Cambiar un sistema de coordenadas usualmente involucra una transformación entre datums; debido a que los datums se basan en elipsoides, una transformación de datum también cambiará el alineamiento del elipsoide. Existen muchas técnicas, entre las que se optó por el método de Molodensky. Dicho método convierte directamente dos sistemas de coordenadas geográficas sin realizar, necesariamente, la conversión a un sistema de coordenadas X,Y,Z. Este método requiere deltas de valores X,Y,Z, y las diferencias entre los semi-ejes mayores (a) y el achatamiento (f) de los dos elipsoides. La precisión de este método es usualmente definida en términos de la medición estadística del error. Un punto geográfico se puede entender como una unidad bidimensional referenciada en un sistema de coordenadas que representa la superficie de la tierra. Cuando se quiere determinar el error de un punto geográfico, el origen de este sistema de coordenadas estará donde se corten el eje X (este-oeste) con el eje Y (norte-sur), correspondientes a las dimensiones del mencionado punto. El software calcula el error, cuando los datos son comparados con una posición geográfica conocida, como es el error medio cuadrado o error RMS (root mean square). La desviación es calculada cuando los datos son comparados al promedio del set de datos; por ejemplo, desviación media de la latitud o desviación RMS.

b. Resultados

b.1. Georeferenciación de las líneas de costa base en la zona de estudio

Considerando que el conocimiento geográfico es vital para apoyar toda iniciativa de administración de una zona tan compleja como lo es el borde costero chileno resulta imperioso contar con planos digitales adecuados y estandarizados. Al respecto el SHOA, en su calidad de servicio oficial, técnico y permanente del Estado en todo lo que se refiere a Levantamiento Hidrográfico Marino, Cartografía y Geografía Náutica, ha emitido nuevas especificaciones técnicas que deberán cumplirse en la elaboración de los planos marítimos, los cuales constituirán la "cartografía base" para todo aquello que tiene relación con el borde costero.

Debido a lo anterior, se utilizó la CNE que contiene toda la información cartográfica necesaria, ofreciendo además información suplementaria a la ya incluida en una carta de papel (por ejemplo: antecedentes complementarios propios de listas de faros, derroteros, etc.). La incorporación de esta nueva tecnología significó un gran avance al permitir utilizar toda la información disponible en pantalla.

En primer lugar, se digitalizaron las líneas de costa de la zona de estudio a partir de las cartas náuticas. Luego, los vectores fueron unidos para dejar todo en un solo archivo, el que fue finalmente enlazado mediante los puntos de control de las CNE y de los vértices medidos mediante GPS. Con esto se completó la vectorización digital de la línea de costa de las regiones. Luego, se eligieron alrededor de 20 puntos de control para "re-muestrear" el vector digitalizado y proyectarlo a las coordenadas requeridas. En general, un datum tiene asociado uno y sólo un elipsoide y por ello los SIG requieren especificar solamente el datum.

Para pasar de un sistema de coordenadas a otro, se asociaron a dichos datos los parámetros de proyección que se consideran. Para ello se creó un archivo ASCII de georeferencia, el que incluye los delta X,Y,Z con respecto al elipsoide WGS84, y los semi-ejes mayores y menores que definen un elipsoide.

El paso seguido para cambiar de proyección o de datum fue:

MAPA DATUM (A) a Geográfica en WGS84 a MAPA DATUM (B)

En general, el resultado consistió en que toda la línea de costa del área de estudio quedó unida en un solo archivo y en una misma proyección. Este vector (línea de costa) será utilizado como vector base para posteriores cartografías.

b.2. Resultados de medición de coordenadas de procedencias en terreno

La medición en terreno se realizó en diferentes períodos. Durante el primero de ellos, en el mes de abril del 2001, se hizo el reconocimiento del área y la selección de los lugares relevantes. El segundo, tercer y cuarto período corresponden a los meses de agosto y noviembre del mismo año y febrero del 2002, en los cuales se realizó fundamentalmente la medición de los puntos para determinar sus coordenadas.

Las coordenadas geográficas de los puntos se determinaron a través de la medición de la posición por aproximadamente 30 minutos. Esto se logró en diferentes jornadas de trabajo, considerando sólo aquellas configuraciones de satélites que proporcionaran un PDOP (Dilución de la precisión en posición) inferior a 2. Dicha información se almacenó en archivos separados para cada vértice; posteriormente, las bases de datos se analizaron estadísticamente para obtener las coordenadas exactas. Por cada jornada de medición se calculó la posición promedio a fin de estimar la coordenada del punto. Este trabajo se realizó en esta etapa del proyecto sólo para las áreas donde se hicieron los estudios biológicos. Las procedencias que fueron explotadas por la flota y que se encontraban en la base de datos analizada se georeferenciaron mediante el uso de cartas SHOA. A continuación en tabla adjunta se entregan las coordenadas geográficas resultantes.

Una vez que se calcularon las coordenadas geográficas de las distintas procedencias y lugares relevantes, se les asignó un código único (tributar) de identificación para crear las bases de datos compatibles con los SIG. De esta manera, cada procedencia contiene un código único que permite vincularlo con las bases de datos alfanuméricas y enlazarlo con la grilla de referencia.

Tabla 1: Código, nombre y coordenadas geográficas de las procedencias.

Código	Procedencia	Latitud	Longitud	Código	Procedencia	Latitud	Longitud	Código	Procedencia	Latitud	Longitud
8002	Chonos	-44.1500	-73.2667	9237	Isla Tellez	-44.2167	-74.1833	9608	Isla Viel	-45.2000	-73.5833
8007	Isla Figueroa	-45.7833	-73.6333	9238	Punta Inio	-43.3833	-74.1000	9610	Punta Lapa	-43.1333	-73.6333
8898	Islas Gusano	-44.1333	-73.8333	9240	Isla Clotilde	-43.9167	-73.8000	9612	Isla Bolados	-44.3667	-74.1667
8900	Isla Garrao Chico	-44.3000	-73.7333	9241	Isla Ester	-45.1000	-73.4167	9615	Tres Hermanas	-43.7667	-73.0167
8904	Isla Amita	-44.0667	-73.8333	9242	Isla El Llano	-44.0667	-74.1000	9618	Estero Añihue	-43.7833	-72.9500
8910	Península Sisquelan	-46.1667	-73.9167	9243	Isla May	-44.1833	-74.2833	9620	Estero Butan	-45.2833	-74.3000
8954	Tordo	-43.8833	-74.1500	9244	Isla Rhone	-44.0333	-74.1333	9623	Isla Valverde	-44.3167	-73.9167
8955	Tauculon	-42.3000	-73.2000	9246	Isla Midhurst	-44.1667	-74.3667	9624	Isla Jorge	-44.8333	-74.0000
8956	Aucho	-42.0417	-73.4750	9247	Isla Johnson	-44.3167	-74.2667	9626	Los Quincheles	-44.2500	-73.4500
8958	Isla Lieniheunu	-44.0667	-74.2667	9248	Isla Mauchil	-43.2500	-73.6667	9627	Isla James	-44.8833	-74.1667
8959	Isla Olga	-55.0500	-70.0333	9251	Isla Escorpio	-44.4833	-73.7667	9628	Canal Lencayec	-45.0333	-73.6833
8970	Faro Falso	-43.8833	-73.7333	9252	Palena	-43.7500	-72.9667	9629	Isla Yack	-44.0833	-73.7833
9008	Carbonero	-41.7833	-73.6667	9253	Isla Yates	-43.8667	-73.6500	9631	Grupo Smith	-45.4833	-74.0833
9022	Punta Corona	-41.7833	-72.8833	9254	Canal Manzano	-43.9667	-73.6667	9634	Islas Francisco	-44.5167	-73.6500
9030	Playa Chauman	-41.7667	-74.0000	9255	Punta Paula	-43.1833	-73.6333	9635	Isla Sanchez	-44.1333	-73.5833
9038	Farallones	-41.6667	-73.9333	9257	Puerto Ballena	-44.1333	-73.4667	9636	Isla Rojas	-44.3500	-74.0167
9040	Guabun	-41.8000	-74.0500	9258	Puerto Barrientos	-43.8833	-74.1167	9637	Canal Darwin	-45.4167	-74.5833
9050	La Horca	-41.7833	-73.9500	9259	Puerto Low	-43.8000	-74.0833	9643	Isla Gala	-44.2333	-73.2333
9055	Las Negras	-41.8833	-74.0333	9260	Puerto Toro	-55.0833	-67.0833	9644	Isla Garrido	-45.5000	-74.4500
9065	Mutrico	-41.8500	-73.7500	9262	Quellon	-43.1167	-73.6167	9648	Puerto Americano	-45.0333	-73.6667
9067	Canal Rodriguez	-45.3167	-73.5333	9263	Isla Riquelme	-44.0500	-74.1667	9651	Isla Cuptana	-44.6167	-73.6000
9070	Pirihuil	-41.9333	-74.0667	9264	Isla San Pedro	-43.3833	-73.7500	9652	Isla Jesus	-44.7333	-73.8667
9072	Puerto Elvira	-41.8000	-74.5667	9265	Ensenada Quilanlar	-43.3500	-74.0833	9653	Isla Rivero	-45.5833	-74.3333
9074	Canal Alejandro	-45.7833	-74.3333	9266	Isla Renaico	-45.4333	-73.6333	9655	Islotes Elvrita	-44.6167	-73.8167
9103	Amortajado	-41.6500	-73.7000	9267	Isla Queitao	-43.7167	-73.5000	9661	Canal Unicornio	-45.3833	-74.2833
9105	Canal Chacao	-41.7833	-73.5833	9269	Isla Verdugo	-44.2000	-73.6833	9663	Islote El Bajo (Melinka)	-44.2833	-73.6167
9110	Punta Chocoi	-41.7500	-73.7667	9270	Canal Yelcho	-43.2167	-73.5667	9666	Canal Skorpio	-44.4333	-73.9000
9121	Punta Quillahua	-41.5833	-73.8000	9271	Canal Puquitin	-43.8500	-73.8667	9667	Isla Goicolea	-44.1167	-74.0500
9122	Isla Sebastiana	-41.7333	-73.7833	9274	Puerto Bahia	-43.8000	-74.0000	9669	Isla Castillo	-44.2833	-73.7333
9125	Acui	-54.9167	-73.4333	9275	Yerba Buena	-44.6667	-73.4500	9671	Isla Meninea	-45.3000	-73.5833
9126	Encolma	-43.4000	-74.0833	9276	Isla Sierra	-44.0333	-73.9667	9672	Canal Vicuña	-45.5667	-73.9000
9130	Aitui	-42.8167	-73.4833	9279	Punta Tique	-43.3500	-74.2000	9676	Paso Chacao	-44.1333	-73.6667
9132	Auchac	-43.0167	-73.5333	9292	Punta Nigue	-52.0000	-74.6000	9677	Puerto Bonito	-43.9167	-73.6833
9141	Punta Centinela	-43.0167	-73.3167	9389	Isla Cornejo	-52.3000	-74.5833	9679	Ballena Chica	-44.0500	-73.7000
9142	Corcovado	-43.2167	-72.8833	9394	Isla Churrecue	-45.3333	-73.5000	9680	Isla Julia	-43.8667	-73.6667
9144	Isla Tuamapa	-44.0167	-74.2000	9395	Cabo Mac Pherson	-45.7833	-73.8000	9681	Isla Tolqui	-45.0333	-73.5333
9146	Melinka	-43.9000	-73.7500	9397	Isla Vergara	-45.1833	-73.5333	9685	Canal Ninualac	-45.0167	-74.0333
9148	Isla Nayahue	-42.7167	-73.0667	9398	Canal Rengifo	-45.8667	-73.9167	9689	Isla Chalacayec	-44.9833	-73.7833
9151	Islote Conejos	-42.9000	-73.5833	9399	Canal Errazuriz	-45.5333	-73.8000	9751	San Antonio	-41.8667	-73.8333
9152	Estero Paildad	-42.9000	-73.5667	9406	Isla Oma	-46.0500	-73.6500	9850	Raul Marin Balmaceda	-43.8000	-72.9667
9153	Llingua	-42.4333	-73.4500	9408	Chiculay	-45.2333	-73.5167	9857	Bahia Stokes	-54.2500	-74.2500
9158	Queilen	-42.9000	-73.4833	9431	Rada el Manzano	-40.5500	-73.7333	9864	Tuamapu	-44.0000	-74.1667
9160	San Juan de Chadmo	-42.9667	-73.5833	9456	Chonchi	-42.6167	-73.7667	9870	Paso Labbe	-52.0833	-73.7500
9162	San Jose de Tranqui	-42.9167	-73.5500	9474	Punta Faro Quedal	-41.0000	-73.9667	9875	Fusil	-43.9833	-73.7833
9165	Puerto San Juan (Dalcah)	-73.5000	-42.3500	9545	Faro Felix	-52.9167	-74.1833	9876	Isla Garcia	-44.2667	-73.7000
9167	Islas Chauques	-42.2500	-73.2500	9551	Isla Garrao	-44.3500	-73.7000	9877	Isla Laurel	-44.0167	-73.7500
9173	Isla Añihue	-42.3333	-73.2500	9552	Arrayan	-44.4667	-73.6500	9885	Islotes Tizne	-44.9333	-73.4500
9175	Apiao	-42.5861	-73.1778	9555	Isla Matilde	-44.4833	-73.7167	9887	Isla Yañez (Pto.Aguirre)	-45.1167	-73.5167
9177	Islas Butachauques	-42.2667	-73.0667	9556	Canal Predregoso	-44.0000	-73.2333	9918	Millabu	-45.7000	-74.5667
9178	Isla Caguache o Cahuach	-42.5000	-73.2667	9558	Isla Elena	-45.3000	-73.3833	9919	Grupo Peligroso	-43.9167	-73.6500
9184	Chayahue	-41.8000	-73.3667	9560	Puerto Lampaza	-44.9000	-73.7833	9921	Isla Toto	-44.2667	-73.1667
9185	Isla Chulin	-42.6167	-73.5833	9562	Isla Elvira	-44.0333	-73.5167	9931	Isla Viola (Pto.Aguirre)	-44.9667	-73.5000
9190	Canal Dalcahue	-42.3833	-73.6500	9563	Estero Mena	-43.9667	-73.2833	9936	Isla Costas	-45.2333	-73.5667
9200	Bahia Pumalin	-42.7000	-72.8333	9564	Isla Kent	-45.1167	-74.4333	9937	Isla Ascencion	-43.8333	-73.7833
9201	Puerto Lagunas	-45.2333	-73.7167	9566	Isla Melchor	-45.0167	-74.0000	9938	Canal Gofii	-44.8500	-74.0000
9202	Isla Quehui	-42.6333	-73.5000	9567	Isla Teresa	-44.9167	-73.8333	9939	Pilcomayo	-45.2333	-73.5500
9203	Islas Bajas	-43.9167	-74.1333	9568	Seno Gala	-44.2000	-73.1667	9940	Punta Pescadores	-45.9833	-73.6333
9205	Isla Quenac	-42.4250	-73.3333	9569	Candelaria	-43.1000	-73.4500	9941	Gaviota	-43.7667	-73.9000
9208	Isla Talcan	-42.7167	-72.9833	9571	Isla Stokes	-44.6667	-74.5000	9945	Isla Canave	-44.1167	-74.1667
9209	Bahia Tic-Toc	-43.6167	-72.9500	9573	Isla Tres Dedos	-45.2833	-74.5667	9946	Estero Cañal	-44.8667	-73.7167
9210	Isla Teuquelin	-42.4500	-73.2500	9574	Puerto Concha	-45.0333	-74.3167	9947	Isla Morel	-44.0667	-74.0500
9212	Ayentema	-43.4000	-73.8167	9577	Puerto Chacabuco	-45.4667	-72.8167	9950	Islotes Gemelos	-44.0333	-73.8833
9213	Curamue	-43.1333	-73.9333	9578	Estero Castro	-42.4667	-73.7500	9951	Estero Plaza	-43.8167	-73.8000
9215	Isla Concoto	-44.1500	-73.8667	9580	Repollal	-43.8667	-73.9333	9952	Isla Betecoi	-43.9667	-73.9333
9216	Islote Canelo	-43.8500	-73.7333	9581	Canal Lagreze	-43.9000	-73.8333	9953	Isla Cuervo	-43.9833	-73.9000
9217	Canal Alambre	-44.0500	-73.5833	9582	Isla Ipun	-44.5333	-74.7667	9954	Isla Redonda	-43.6667	-73.0500
9218	Isla Cañin	-43.1833	-73.5500	9583	Isla Desertores	-42.7667	-73.0167	9955	Islote Sin Nombre	-44.0333	-73.8167
9220	Caleta Momia	-43.9500	-73.7833	9584	Quellon Viejo	-43.1333	-73.6667	9956	Paso Tres Cruces	-45.8000	-73.7000
9222	Isla Coldita	-43.2000	-73.6667	9585	Isla Level	-44.4833	-74.4167	9959	Isla Simpson	-45.8833	-73.7167
9224	Asasao	-43.3500	-73.9333	9587	Estero Yaldad	-43.1167	-73.7167	9980	Isla Traiguén	-45.6667	-73.6667
9225	Barra Chiguao	-43.1500	-73.4833	9591	Playas Largas	-45.2500	-73.6833	9982	Chayalime	-43.7667	-73.8667
9227	Isla Refugio	-43.9167	-73.0667	9594	Isla Yalac	-44.0333	-73.2667	9985	Isla Westhoff	-43.9000	-73.7333
9228	Bajos Chochoy	-43.4167	-73.8500	9595	Isla Lemu	-45.2000	-73.5000	9987	Isla Falsa	-43.8667	-73.7333
9231	Isla Guafu	-43.5333	-74.7167	9599	Isla Gatos	-45.0000	-74.0167	9988	Canal Carbanco	-43.9167	-73.7500
9232	Isla Guapiquilan	-43.4333	-74.2833	9600	Isla Williams	-44.9167	-74.3667	9989	Caleta Granizo	-43.8667	-73.7833
9233	Isla Anita	-43.9500	-73.7500	9602	Isla Benjamin	-44.7167	-74.3333	9991	Isla Piuco	-45.7500	-74.1500
9234	Isla Emita	-44.0667	-73.9167	9603	Isla Rowlett	-44.8333	-74.4333	9992	Islote Loquitos	-43.9167	-73.5833
9235	Isla Guaitecas	-43.8500	-74.0000	9606	Estero Compu	-42.8667	-73.7333	9995	Isla Mulchey	-44.1500	-73.5333

Fuente : IFOP

A N E X O 8

**Antecedentes sobre la
industria**

ANEXO 8

ANTECEDENTES SOBRE LA INDUSTRIA

Se ha considerado pertinente entregar en este proyecto antecedentes asociados a la industria y al mercado (no previsto en los TTR), con el fin de complementar la visión general de los procesos asociados al recurso.

3.1 Situación de la industria

Durante el año 2001 la industria dedicada a la elaboración de productos para consumo humano directo, cuya materia prima procede de los recursos asociados a la pesquería bentónica, alcanzó una producción cercana de 32.370 toneladas, cifra que corresponde al 5% de la producción nacional de la industria pesquera para consumo humano.

El erizo, uno de los principales recursos de la pesquería bentónica, registró una producción de productos manufacturados del orden de 4.280 toneladas, contribuyendo con un 14% al total de productos elaborados a partir de recursos bentónicos. La tendencia de este indicador durante los últimos 7 años, ha sido positiva, con una tasa de crecimiento medio anual de un 5%.

La expansión señalada anteriormente, se sostiene en la elaboración de productos congelados y fresco-refrigerados, con tasas medias de 2% y 9%, respectivamente. Durante el año recién pasado ambas líneas absorbieron prácticamente el 100% de la producción, siendo la más importante en términos de volumen la producción de fresco-refrigerado que aportó con un 51% al total de productos elaborados a partir de erizos.

A nivel de país, los establecimientos manufactureros de este recurso, se localizan en las Regiones I, II, III, X, XI y XII, siendo la zona comprendida entre la X y XII Regiones las más importantes en términos de número de establecimientos y volumen de producción (89% de la producción total del país (**Tabla 1**)).

Durante los últimos tres años, la distribución de la producción por línea de elaboración se ha mantenido casi constante, observándose una pequeña disminución de los volúmenes de productos frescos refrigerados durante el año 2001 (**Fig. 1**).

Como se señala en párrafos anteriores, el rubro fresco-refrigerado ha sido el de mayor importancia en el destino de la materia prima en los últimos 4 años, con un promedio de producción anual de 2.250 toneladas. El mayor esfuerzo productivo se localiza en la X y XII Regiones, zonas donde históricamente se ha asentado la industria elaboradora de erizos.

Durante el año 2001, 86 establecimientos registraron la elaboración de erizo fresco refrigerado; 11 de ellos localizados entre la X y XII Regiones, aportaron el 45% de la producción (**Tabla 2**). El rendimiento promedio de las materias primas destinadas a productos fresco-refrigerados fue de un 8%.

En la línea congelados, la producción superó levemente las 2.000 toneladas. En relación a las plantas que participaron en la elaboración de estos productos, la producción estuvo distribuida en 53 establecimientos, donde 9 aportaron el 64% del volumen total (**Tabla 3**).

En general se aprecia una optimización de los procesos de esta industria. El cuidado de la materia prima desde su captura, la aplicación de técnicas de control de puntos críticos (HACCP) y de estrategias de pesca coordinadas y la coordinación de la oferta (estrategias de ventas conjuntas) han permitido a estas empresas mantener su posición en el mercado.

En el caso de esta pesquería en particular, la eficiencia productiva medida en términos de control de los rechazos de los productos elaborados es clave para mejorar los rendimientos a producto final. Más aún las plantas líderes están condicionadas para responder a las fuertes exigencias del mercado japonés, cliente que suele someter a un control propio los procesos de las plantas, con cierta periodicidad.

3.2 Empleo¹

El factor trabajo es uno de los elementos relevantes a considerar en cualquier actividad productiva. En el caso del sector pesquero, adquiere mayor relevancia dada su especialización y la importancia relativa de la industria manufacturera de productos para consumo humano. Durante el año 2001 los establecimientos que procesaron los recursos provenientes de la pesquería en estudio han mostrado una clara tendencia a optimizar el factor trabajo, en un escenario de disponibilidad de oferta de materias primas que ha tendido a estabilizarse en sus ritmos de crecimiento.

Parte de esta optimización responde a la capacidad de los agentes de integrarse “hacia atrás”, esto es, la relación que las plantas tienen con los proveedores artesanales, quienes sustentan la extracción del erizo. El levantamiento de la información de terreno, permite establecer que en el año 2001 escaseó la mano de obra especializada para la elaboración de erizos, en cualquiera de sus líneas, existiendo movilidad de la mano de obra entre Regiones.

Este aspecto genera una mayor preocupación de las empresas por sus operarios, en términos de capacitación, así como algún grado de competencia entre empresas en el pago de la mano de obra. De hecho, la gran mayoría de las empresas reconocen abiertamente que el factor trabajo es fundamental para generar ventajas competitivas en la elaboración de distintos productos. Especial énfasis se aprecia en la manipulación de las lenguas de erizo fresco, las que son cuidadas y trabajadas con absoluta prolijidad.

La ocupación en las plantas que insumen como materia prima el erizo no refleja la tendencia general de los últimos 5 años que, en general, indica una disminución del factor trabajo en el sector pesquero. En el caso del procesamiento ericero, existen claras señales de un crecimiento moderado del empleo de alrededor de un 5%.

Las Regiones más relevantes a nivel nacional, correspondiente a la pesquería en estudio, son la X, XI y XII, las que concentran la mayoría de las plazas de trabajo generadas por

¹ La información del año 2001, corresponde al levantamiento de datos en terreno realizado por IFOP en las regiones X, XI y XII

la actividad industrial asociada. Se estima que durante el año 2001 la pesquería de erizo generó en estas Regiones 6.900 puestos de trabajo directo en el proceso productivo de las plantas y 500 plazas en el área administrativa de las mismas, representando el 15% del empleo nacional asociado a consumo humano directo, porcentaje que ha sido similar en años anteriores. A su vez, se estima la generación de al menos el doble de empleos indirectos (**Fig. 2**)², los que responden a tareas externas a los establecimientos productivos propiamente tales.

Es necesario, además, notar que la mayoría de las plantas, particularmente aquellas localizadas en la XII Región procesan además otros recursos, especialmente centolla. En atención a esto existe temporalidad de la ocupación (dependiendo de la veda de erizo o centolla) asociado a cierto porcentaje de movilidad de la mano de obra de acuerdo a su especialización.

3.3 Exportaciones pesquería bentónica

El volumen total de productos manufacturados durante el año 2001 a partir de materias primas provenientes del sector pesquero fue cercano a 1,6 millones de toneladas. Aproximadamente el 70% de esta producción (1,2 millones de toneladas) fue exportado, con un retorno de 1.861 millones de dólares, participando la Pesquería Bentónica con un 14,3 % (265,8 millones de dólares), correspondiente a la comercialización de 67,3 miles de toneladas.

Los retornos aportados por las exportaciones de productos provenientes de la Pesquería Bentónica mostraron una disminución del 3,6% respecto al año anterior. Ello se debió al menor precio promedio FOB (6,9%) obtenido, ya que las cantidades transadas presentaron un aumento del 3,5%.

Las líneas de elaboración correspondientes a los productos bentónicos exportados fueron 11. En relación a las divisas aportadas destacan principalmente los productos congelados, las conservas y el agar-agar, concentrando en conjunto el 74,5%, del total de los ingresos generados por las exportaciones de productos provenientes de la pesquería bentónica. El porcentaje restante correspondió a exportaciones de los siguientes productos: algas secas, carragenina, fresco-refrigerado, alginatos, deshidratados, colagar, vivos y salados (**Figura 2**)

En general todos los productos exportados experimentaron una disminución en los precios promedios, destacando la baja en el precio obtenido por las transacciones de productos fresco refrigerados (42,9%). Sin embargo, las cantidades comercializadas de productos bentónicos fresco refrigerados aumentaron en un 27,8%, en relación al año 2000. Las exportaciones de productos vivos, deshidratados, algas secas y alginatos obtuvieron en los mercados externos precios promedios superiores a los logrados el año anterior.

Las exportaciones de moluscos se ubican en el primer lugar del ranking de los ingresos generados por las pesquerías bentónicas (37,3%). Le siguen las algas (30,9%), los equinodermos (20,6%), los crustáceos (11,2%) y los tunicados (3,2%).

² Fuente: Industria pesquera X, XI y XII Regiones

3.3.1 Pesquería del erizo

En el año 2001 las exportaciones de erizo fueron las principales generadoras de divisas en la pesquería bentónica, con 54,7 millones de dólares. Se exportó bajo las formas de congelado, fresco-refrigerado, conservas y deshidratado, concentrando el congelado y fresco refrigerado el 96,6% del volumen exportado y el 92,1% de los ingresos obtenidos por esa transacción. Los precios promedio FOB presentaron una baja cercana al 25%, pero, el alza presentada en las cantidades comercializadas(11,8%) permitió que los ingresos obtenidos sólo decrecieran en un 16%, en relación al año 2000.

a. Líneas de elaboración

- **Congelado**

En el total de erizos exportados, el erizo congelado se ubica como el principal generador de divisas. Durante el año 2001 los retornos obtenidos por estas exportaciones alcanzaron a 33,8 millones de dólares, equivalentes a la transacción de 2,1 miles de toneladas. Los ingresos generados aportaron el 61,8% de las divisas totales recibidas por las exportaciones de erizo.

En el año 2001 se transó un 5,7% de toneladas menos que las comercializadas el año anterior. Ello fue acompañado por una baja cercana al 12% en los precios promedio FOB. El 98,4% de las toneladas exportadas de erizos congelados correspondió a lenguas. El resto de los productos se comercializó en forma de pulpa o molido, pasta-paté y entero. Las lenguas de erizos congeladas alcanzaron un precio promedio (FOB) de U\$S 16.200/tonelada, mostrando una disminución del 11,7% respecto al precio obtenido el año anterior.

El erizo congelado fue demandado en un 99,5% por Japón, país que mostró una baja cercana al 5% en la cantidad importada. El precio promedio FOB obtenido en este mercado fue de U\$S 15,900/tonelada, cifra inferior en un 11,9% a la lograda en el año 2000. Los ingresos aportados por esta venta al mercado nipón participaron con un porcentaje prácticamente igual al que presentaron las cantidades transadas. Otros ocho países importaron erizo congelado desde Chile, incluyendo Francia, Estados Unidos, Italia y España, mercados que mostraron participaciones ínfimas, todas inferiores al 1%.

De un total de 37 empresas exportadoras de este recurso congelado durante el año 2001, sólo 3 concentran en conjunto el 50,9% de las toneladas transadas y el 52,2% de los ingresos percibidos por esa transacción. Las tres empresas señaladas anteriormente son, de acuerdo a su participación en los ingresos, .Nippon Meat Packers Inc. Chile y Cía (26,6%), Soc. Comercial e Ind. Agromar Ltda. (13,3%) y Comercial y Pesquera Hanamar Ltda. (12,3%).

- **Fresco-refrigerado**

En el año 2001 se exportaron aproximadamente 2.100 toneladas de erizos fresco refrigerados, transacción que reportó 16,6 millones de dólares. Estos productos se exportaron como entero y lenguas. Los productos enteros se ubicaron en el primer lugar con una participación del 65,7% en el total de erizo fresco refrigerado exportado, debido a que mostraron un alza importante en la demanda (123,8%). Sin embargo, por el hecho de que las lenguas de erizos tienen un precio muy superior al erizo entero, aportaron el 95,1% de los ingreso totales.

Japón, Estados Unidos y Perú fueron los principales compradores de erizos fresco-refrigerados, con una participación conjunta del 99,7%.

En el año 2001 las empresas exportadoras de erizos fresco refrigerados alcanzaron a 40, contribuyendo seis de ellas el 71% de los ingresos totales generados por las exportaciones de este rubro. De acuerdo a su contribución se ubican entre las principales: R.V.S.G. Seafood S.A (20,1%), Nippon Meat Packers Inc. Chile y Cía. (19,7%), Soc. Pesquera Quehui Ltda. (12,7%) y Comercial Productora y Exportadora Ltda.(8,1%).

- **Conservas**

Durante el año 2001 se comercializaron en los mercados externos 108,2 toneladas de erizos en conservas, lo que significó un aumento del 74% de la demanda respecto al año anterior. Las divisas obtenidas por esta transacción alcanzaron a 3,2 millones de dólares, cifra superior en un 65% a la lograda en el año 2000. El aumento en los ingresos no fue tan alto como el obtenido por las cantidades comercializadas debido a que los precios promedio cayeron en un 5%. El 100% de los erizos en conservas se exportan como lenguas.

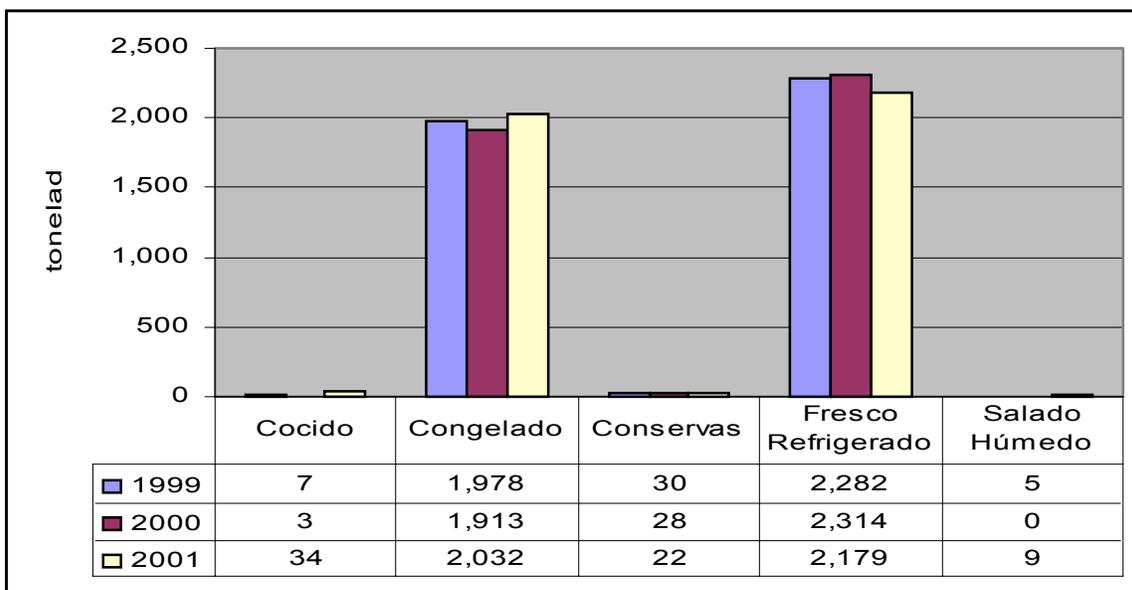
Japón lidera las importaciones de conservas chilenas de erizo, con una participación del 76,4% en las cantidades comercializadas y del 87,3% en los ingresos. El segundo país más importante en la demanda de estos productos fue Italia, con un 11,2%. Los demás mercados compradores fueron: Estados Unidos, Francia, Canadá y México, con participaciones muy bajas. Todos los mercados que tuvieron como destino este producto, mostraron importantes aumentos en las toneladas comercializadas. Sin embargo, los precios promedio FOB obtenidos, fueron menores en un 9,4% en el mercado japonés y en un 16% inferiores en el mercado italiano, todo esto en relación al año 2000.

De un total de 11 empresas exportadoras de conservas de erizos durante el año 2001, Nippon Meat Packers Inc. Chile y Cía. concentró el 87,5% de los ingresos percibidos. Le sigue según orden de importancia de acuerdo a la generación de ingresos, la empresa Industria Marisquera de Magallanes, con un 3,6 % de participación.

- **Deshidratado**

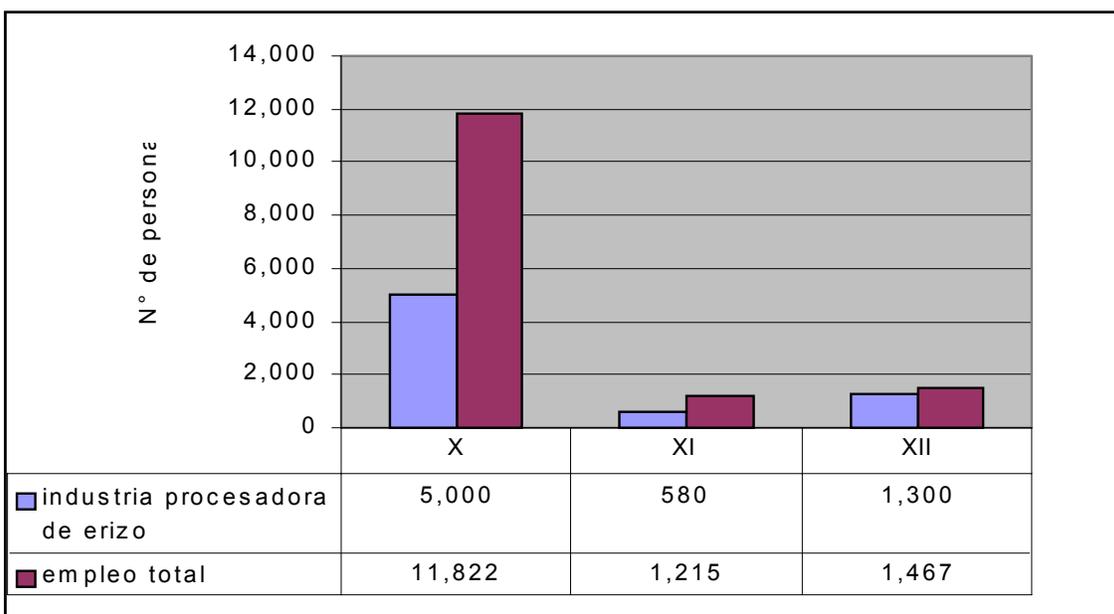
En el año 2001 se exportaron 42,4 toneladas de erizos deshidratados equivalente a un ingreso de 1,2 millones de dólares. El precio promedio FOB obtenido por la exportación de este producto fue de US\$ 27,700/tonelada. Durante el año 2000 no se efectuaron exportaciones de erizos deshidratados. Este mercado corresponde casi exclusivamente a Japón, con una fracción marginal absorbida por Corea del Sur. Las empresas exportadoras fueron 3, destacando la Soc. Comercial e Industrial Agromar con una contribución del 98,8%.

Fig. 1: Principales productos de la industria ericera, 1999-2001



Fuente: Elaborado por IFOP, a partir de información de SERNAPESCA

Fig. 2: Evolución del empleo industrial orientado a consumo humano directo, X, XI y XII Regiones - (1997-2001).



Fuente: Elaborado por IFOP, a partir de información levantada por el proyecto y por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

Tabla 1: Distribución regional de los establecimientos productivos asociados a la pesquería bentónica de erizo, 2001

Regiones	I	II	III	X	XI	XII	RM	Total
Número de establecimientos	4	7	5	56	6	24	3	105
Producción (t)	49	107	33	2.267	188	1.349	294	4.287
Concentración (% de establecimientos por región)	1	2	1	53	4	31	7	100

Fuente: Elaborado por IFOP, a partir de información de SERNAPESCA y datos recopilados por el proyecto Investigación Situación Pesquerías Bentónicas, 2001.

Tabla 2: Caracterización de la industria de fresco refrigerado asociada a la pesquería de erizos, según tamaño productivo, año 2001

Ranking	% de participación en la producción	Localización regional	Producción (ton)
Planta n° 1	6%	R.M	131
Planta n° 2	6%	X	130
Planta n° 3	6%	XIII	128
Planta n° 4	5%	X	115
Planta n° 5	4%	X	80
Planta n° 6	3%	XI	72
Planta n° 7	3%	X	62
Planta n° 8	3%	X	62
Planta n° 9	3%	X	61
Planta n° 10	3%	X	61
Planta n° 11	3%	XII	57
Plantas restantes (75)	56%	II a XII y RM	1.220
Total	100%		2.179

Fuente: Elaborado por IFOP, a partir de información de SERNAPESCA

Tabla 3: Caracterización de la industria de congelado asociada a la pesquería de erizo, según su producción durante el año 2001

Ranking	% de participación en la producción	Localización regional	Producción (t)
Planta n° 1	20%	XII	407
Planta n° 2	11%	XII	226
Planta n° 3	9%	X	184
Planta n° 4	6%	X	113
Planta n° 5	5%	X	95
Planta n° 6	4%	X	90
Planta n° 7	3%	X	62
Planta n° 8	3%	X	60
Planta n° 9	3%	XII	51
Plantas restantes (44)	36%	II a XII y RM	743
Total	100%		2032

Fuente: Elaborado por IFOP, a partir de información de SERNAPESCA

A N E X O 9

**Nómina de dirigentes de
pescadores artesanales y
participantes en reuniones
de coordinación del proyecto**

ANEXO 9

Nómina participantes de coordinación del proyecto

Nómina de dirigentes de pescadores artesanales participantes en primera reunión de coordinación de proyecto. Ancud, 13/03/01

NOMBRE	CARGO
Marco Salas	Presidente Sindicato N° 1 de Quellón
Manuel Carvajal	Secretario General FEREPALos Lagos
Sergio Mayorga	Sindicato Dalcahue
Pedro Riffo	Tesorero Sindicato N°2 Dalcahue
Luis Infante	Tesorero FEREPALy Unión de Federaciones Los Lagos
Miryam Cárdenas	Secretaria Sindicato Pescadores Parga
Claudio Díaz	Secretario Sindicato Muelle Ancud
Pedro Ojeda	Federación Pescadores de Chiloé
Custodio Serón	Consejo Regional de Pescadores Artesanales A.G.
Rolando Toledo	Vice-Presidente Sindicato Pescadores Merluceros (Golfo Ancud)
Juan Garrido	Presidente Sindicato Fátima
Guillermo Vargas	Presidente Sindicato Muelle Ancud
Juan Barría	Sindicato Muelle Artesanal Dalcahue

Nómina de dirigentes de pescadores artesanales participantes en segunda reunión de coordinación de proyecto. Ancud, 29/10/01

NOMBRE	CARGO
Miryam Cárdenas	Secretaria Sindicato Pescadores Parga
Anselmo Soriano	Sindicato Pescadores Parga
Pedro Ojeda	Federación Pescadores de Chiloé
Claudio Díaz	Secretario Sindicato Muelle Ancud
Francisco Astorga	Federación FAMA
Hugo Ojeda	Cooperativa de Pescadores Ancud Ltda.
Juan Barría	Sindicato Muelle Artesanal Dalcahue
Carolina Rojas	Sernapesca Ancud

**Nómina de representantes de empresas ericeras y autoridades locales
participantes en primera reunión de coordinación de proyecto. Quellón,
14/03/01**

NOMBRE	CARGO
Guillermo Roa	Pesquera Maroa S.I.C. - Quellón
Hugo Cabrera	Campomar Alimentos Ltda - Castro
Alejandro Alvarez	Pesquera Palacios S.A. – Quellón y Pto.Chacabuco
Alvaro Bórquez	Pesquera Borques Soc. Ltda. – Planta 1 y 2 - Quellón
Edgardo Salazar	Pesquera Isla Magna Ltda. – Quellón
César González	Pesquera Candelaria Ltda – Quellón
Eric González	Secretario Municipal – Quellón
Erika Carreño	Administradora Muelle Quellón
Alejandro Cárdenas	Encargado Oficina Sernapesca – Quellón
Claudio Díaz	Muestreador IFOP – Quellón

**Nómina de representantes de empresas ericeras y autoridades locales
participantes en segunda reunión de coordinación de proyecto. Quellón,
30/10/01**

NOMBRE	CARGO
Guillermo Roa	Pesquera Maroa S.I.C. - Quellón
Cristian Dávila	Pesquera Palacios S.A. – Quellón y Pto.Chacabuco
Alvaro Bórquez	Pesquera Bórquez Soc. Ltda. – Planta 1 y 2 – Quellón
Iván Oyarzún	Encargado Oficina Sernapesca – Quellón
Carlos Vera	Pesquera Agromar
Claudio Díaz	Muestreador IFOP – Quellón

**Nómina de participantes en reunión de la mesa de trabajo de erizo, donde se
realizó la entrega de resultados finales del proyecto. Puerto Montt 25/09/02**

1) Asistencia en orden alfabético

Albarado, Esteban.	Pdte. Sindicato Puerto Melinka
Angulo, Honorino.	Pdte. Federación de Puerto Aguirre, XI Región
Azócar, Rodrigo.	Representante legal Aycon Consultores Ltda.
Barahona, Nancy.	Investigador Instituto de Fomento Pesquero
Barría, José.	Sec. Sindicato Puerto Melinka
Bezanilla, Gustavo	Representante industria de plantas bentónicas
Brunetti, Pedro.	Director Zonal de Pesca X y XI regiones
Bustos, Jorge.	Consejero COZOPE, Pdte. COREPA X Región.
Concha, Ricardo	Capitán de Puerto de Quellón
Cárcamo, Luis.	Representante de intermediarios
Carvajal, Marco	Investigador Aysén Consultores
Covarrubias, Gonzalo	Representante industria de plantas bentónicas
Cubillos, Braulio	Director Regional de Pesca XI Región
Díaz, Ruben	Representante de intermediarios
Flores, Renato	Pdte. Federación Litoral Norte XI Región
Molinet, Carlos	Consejero COZOPE, investigador U. Austral de Chile
Morales, Héctor	Pdte. Federación Quellón X Región
Moreno, Carlos	Investigador Universidad Austral de Chile
Orensanz, Lobo	Investigador Centro Nacional Patagónico (CONICET), Argentina
Osses, Tulio	Asesor pescadores artesanales de la XI Región.
Pineda, Pablo	Representante industria de plantas bentónicas
Rivas, Dario	Sectorialista, Dpto. Pesquerías, Subsecretaría de Pesca
Roa, Guillermo	Representante industria de plantas bentónicas
Ruiz, Misael	Pdte. Sindicato de Puerto Aguirre, XI Región
Ruiz Clavijo, Mauricio	Representante industria de plantas bentónicas
Salas, Marco	Pdte. Sindicato Pescadores de Quellón, X Región
Velásquez, Toribio	COREPA, Pdte. Comisión Bentónica X Región.

A N E X O 10

**Plan detallado de asignación
de personal profesional y
técnico en horas/hombre
por actividad**

ANEXO 10

PLAN DETALLADO DE ASIGNACIÓN DE PERSONAL PROFESIONAL Y TÉCNICO EN HORAS HOMBRE POR ACTIVIDAD

ACTIVIDADES	PERSONAL																		
	CR	GJ	NB	AZ	HM	MH	VC	VP	NS	DS	CB	PG	FC	PG	JO	AP	LB	TP	AB
1. TAREAS DE CAMPO																			
1.1 Inspección base de datos				32															
1.2 Selección de estaciones	8								24						8	8			
1.3 Exp. protocolo ind. abundancia	10					40			24	10					16	8			
1.4 Obtención muestras marcas de edad	35					40			24	10					8				
1.5 Aplicación técnica marcaje	35					40			24	170					48	8			
1.6 Obtener distrib. de frec. de tallas	35					40			24	30	10								
1.7 Obtención muestras peso gónadas	35					40				40	10								
1.8 Colocación y remoción colectores									32	32			30						
2. Recopilación antecedentes y análisis		30																	
2.1 Identificación y revisión de literatura	48	32													40				
2.2 Revisión bases de datos	10	48	48												16	48			
2.3 Revisión modelos estimación parámetros															40	40	16		
2.4 Revisión modelos dinámica metapoblacional															40	48	16		
2.5 Revisión modelos comportamiento de la flota															10	10	8		
2.6 Diseños Sistemas de información geográfica	30	10					30				30								
2.7 Definición opciones de manejo	16	10													48	48			16
2.8 Diseño actividades año 2	24				8										48	24			
3. Reuniones																			
3.1 Reunión de coordinación		8	24	8	8			8							48	48			
3.2 Entrevistas pescadores e industriales	18	18						48	24						18	18			
3.3 Taller de modelado	40	40	40												40	40	40	20	40
3.4 Reunión de trabajo	32	32	32					25	24						32	32			32
3.5 Taller discusión de resultados	8	8	18						8						8	8			
4. Informes																			
4.1 Primer informe de avance	16	8	32												16				
4.2 Segundo informe de avance	16	8	32												16				
4.3 Pre-informe final	16	16	48	10	8		8			8	16				48	48			
4.4 Informe final	8	8	8												8	8			
	244	284	364	156	24	200	38	81	208	272	48	46	30	48	516	436	80	20	88

Definición de siglas

CR - C. Romero
 GJ - G. Jerez
 NB - N. Barahona
 AZ - A. Zuleta
 HM - H. Miranda
 MH - M. Herrera
 VC - V. Catasti
 VP - V. Pezo
 NS - N. Saldivia
 DS - D. Subiabre
 CB - C. Barraza
 PG - P. Galvez
 FC - F. Cárcamo
 PG - P. Gebauer
 JO - J. Orensanz
 AP - A. Parma
 LB - L. Botsford
 AB - A. Bradbury

JUSTIFICACIÓN AJUSTES EQUIPO DE TRABAJO

FIP 2000-18

En la Propuesta Técnica del Proyecto FIP 2000-18, se contempló la participación de los profesionales Sres. : Cristian Canales, Pedro Rubilar y Víctor Espejo.

Al iniciar el proyecto se solicitó el cambio de la jefatura de proyecto, del Ingeniero Pesquero Sr. Cristian Canales por la Ingeniero E. en Pesca, Srta. Nancy Barahona, lo cual fue aceptado por el Consejo de Investigación Pesquera.

En el desarrollo del estudio se requirió hacer algunos ajustes y cambios en el equipo de trabajo, en relación a lo asignado inicialmente. Lo anterior, con el fin de dar un exacto cumplimiento de todas las actividades comprometidas en el proyecto. Es así que se hicieron las siguientes reasignaciones:

- ◆ Se sumó al equipo de terreno el Ingeniero Pesquero señor Claudio Romero y el Técnico, Sr. Mauricio Herrera. En actividades de terreno también apoyó el Técnico Pesquero, Sr. Cristian Barraza.
- ◆ Se contrató la asesoría técnica especializada de la postulante al doctorado, Biólogo Marino Señora Paulina Gebauer, especialista en el área de crecimiento y lectura de anillos en placas gonádicas de erizo.
- ◆ Se agregó al equipo de trabajo, previa capacitación, al asistente que tiene IFOP en la Base de Ancud, Sr. Dagoberto Subiabre, quien tuvo como función desarrollar el trabajo de laboratorio biológico-pesquero (peso y talla de cada ejemplar, peso y estado gónadas, peso de parásito, observación del estado de coloración y condición de las gónadas, preparación y lectura de estructuras para crecimiento), además de la confección de colectores.
- ◆ Se incorporó al equipo de trabajo con el fin de realizar la identificación y cuantificación de erizos fijados en los colectores al Biólogo Marino, Sr. Francisco Cárcamo, quien trabaja en el Laboratorio que IFOP posee en Putemún, Chiloé.
- ◆ Se invitó a participar al taller de modelado al Doctor Tom Polacheck, quien contribuyó con importantes aportes a la discusión, dada su experiencia y trayectoria en el tema bentónico.
- ◆ Así también, se agregaron los profesionales: Ing. Pesquero, Sr. Víctor Catasti y Lic. En Biología Sr. Patricio Gálvez, ya que se estimó oportuno iniciar el trabajo asociado a los SIG, durante este año de ejecución de proyecto, resultando indispensable este trabajo para el análisis de la data existente.

El trabajo previsto por los profesionales Biólogo Marino Sr. Pedro Rubilar e Ing. Pesquero Sr. Víctor Espejo, fue desarrollado por los nuevos integrantes que se sumaron al trabajo de terreno, además de los Dres. Orensanz y Parma.



**Sección Documentación,
Difusión y Biblioteca**

**IFOP
Valparaíso
Chile**