



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS FIP

FIP - IT / 97 - 30

INFORME : ELABORACION DE CLAVES TALLA-EDAD
FINAL PARA EL RECURSO ERIZO

UNIDAD : UNIVERSIDAD DE VALPARAISO
EJECUTORA

JEFE DE PROYECTO

CARLOS MELO URRUTIA

INVESTIGADORES

LUIS DURAN FIGUEROA
CARLA FALCON SIMONELLI
MAURICIO GALVEZ LARACH
CECILIA GODOY AMPUERO
CARLOS MELO URRUTIA
DORIS OLIVA EKELUND

COLABORADORES

JAVIER ARATA SOTO
FRANCISCO CONCHA TORO
SANDRA CONTRERAS HIDALGO
VANIA GOMEZ GONZALEZ
CARLOS RAVEST PRESA
PATRICIO RIVERA DONOSO
MARITZA SEPULVEDA MARTINEZ

RESUMEN EJECUTIVO

Antecedentes

El erizo comestible, *Loxechinus albus*, es un equinoídeo regular que habita en fondos duros formando agregaciones en la zona ínter y submareal hasta los 340 m de profundidad. Es un herbívoro de sexos separados sin dimorfismo sexual. La madurez sexual se alcanza alrededor de los 35-40 mm.

La actividad extractiva se realiza exclusivamente por pescadores artesanales con buceo semiautónomo. La flota artesanal está compuesta por botes y lanchas; el régimen de operación varía entre salidas diarias y la instalación de faenas o campamentos en los lugares de extracción.

La actividad extractiva del erizo se encuentra concentrada en las Regiones X, XI y XII. En 1997 el desembarque total de erizo fue de 45.560 t de las cuales 44.416 t provinieron de las Regiones ya señaladas, en 1998 esta situación se mantuvo ya que del desembarque total (44.843 t) 43.509 t se obtuvieron de las Regiones X, XI y XII.

Debido a la relevancia económica del recurso erizo es importante administrar adecuadamente sus stocks pesqueros; para lo cual se requiere contar con información biológico-pesquera actualizada.

Objetivo general

Elaborar una clave talla-edad a través de un estudio de edad y crecimiento, para el recurso erizo en las Regiones X a XII.

Objetivos específicos

Elaborar las claves talla-edad para el recurso erizo en las Regiones X, XI y XII.

Asignar edad a la estructura de tallas de los desembarques obtenidos en las Regiones X, XI y XII.

Identificar un modelo de crecimiento para el recurso erizo.

Estimar los parámetros de crecimiento en el recurso erizo en la X, XI y XII Regiones.

Metodología

El crecimiento del erizo se estudió a través del análisis de progresión modal poblacional, marcaje y recaptura y lectura de bandas de crecimiento en placas genitales en las Regiones X (Hueihue), XI (Melinka) y XII (Punta Arenas). El muestreo poblacional mensual se realizó mediante buceo semiautónomo y el tamaño de muestra fue de 900 erizos para determinación de la estructura de tallas y 300 para la relación talla/peso.

El experimento de marcaje y recaptura se realizó en el mes de febrero de 1998 en la localidad de Hueihue donde se marcaron 1000 ejemplares con una marca plástica sujeta con un elástico a la zona ecuatorial de los erizos.

La lectura de bandas de crecimiento se efectuó mensualmente en un grupo de 30 erizos que representaron todo el rango de tallas presentes en Hueihue (X Región), Melinka (XI Región), Punta Arenas (XII Región) y El Quisco (V Región), para este fin se utilizó un muestreo estratificado bietápico.

Para la construcción de la clave talla edad y la asignación de la edad a los desembarques de la temporada de pesca 1998 se utilizó la metodología de Sparre y Venema (1995). Durante el primer año (edad 1) se depositan en promedio dos bandas de crecimiento y en los años consecutivos la depositación de bandas sigue, según Zabala (1987), un régimen anual. Para la asignación de edad al desembarque se siguieron los criterios anteriormente descritos.

Se describe el procedimiento metodológico detallado (MULTIFAN) con el cual se determinó la ecuación y los parámetros de crecimiento de *Loxechinus albus* para las Regiones antes mencionadas a partir de datos de desembarque. En este sentido, se analizaron 8 modelos de crecimiento efectivos (growth performance index) para el recurso erizo en las 3 Regiones. Por otro lado, se especifican las ecuaciones que se evaluaron para determinar la relación somatométrica y se aplicó la prueba t-Student para evaluar la isometría del crecimiento del recurso.

Resultados

La ejecución del muestreo poblacional comprometido se cumplió prácticamente en un 100% en las Regiones X y XI no así en la XII y V Regiones debido en parte a factores climáticos y a ausencia del recurso en la localidad originalmente escogida (V Región) para llevar a cabo esta actividad. En la XII Región los muestreos se extendieron hasta marzo de 1999 y en la V Región hasta junio de 1999.

Los resultados de los experimentos de marcaje y recaptura aunque tuvieron una alta recaptura (10%) fueron descartados desde el punto de vista del crecimiento ya que (1) la marca produjo daño en los animales y (2) afectó el crecimiento individual. En futuros programas de marcaje y recaptura se sugiere la utilización de la marca T-Bar.

Se perfeccionó la técnica para la lectura de bandas de crecimiento en placas genitales de *L. albus* propuesta por Gebauer y Moreno (1995) y Zabala (1987) y se elaboró un protocolo de trabajo para estos fines.

La clave talla edad construida a partir de las bandas de crecimiento en placas genitales presentó índices de separación < 2 debido a la alta desviación estándar de las tallas a la edad. El número máximo de bandas observadas fue de nueve, esto ocurrió en un ejemplar de Punta Arenas.

Los parámetros calculados a través del análisis de progresión modal poblacional son los siguientes:

	L_{∞}	K	ϕ'
X Región			
Hueihue	132,8	0,08	3,15
XI Región			
Melinka	133,6	0,08	3,15
XII Región			
Punta Arenas	161,6	0,067	3,23
V Región			
El Quisco	164,5	0,09	3,39

La estimación de los parámetros de von Bertalanffy a partir de la información de bandas de crecimiento es la siguiente:

	L_{∞}	K	ϕ'
X Región			
Hueihue	119,85	0,139	3,300
XI Región			
Melinka	80,05	0,412	3,422
XII Región			
Punta Arenas	89,81	0,323	3,416

Los resultados para la temporada 1994-1995 y 1996-1997 indican que los mejores modelos ajustados para describir el crecimiento del erizo son aquellos que consideran la ecuación de von Bertalanffy y las siguientes hipótesis estructurales:

X Región: Desviación estándar dependiente de la longitud media de los grupos modales y toma en cuenta el sesgo por selección del primer grupo de edad.

XI Región: Crecimiento estacional con desviación estándar dependiente de la longitud.

XII Región: Crecimiento estacional solamente.

Siendo los parámetros de crecimiento de estos modelos:

	Clases edad	L_{∞}	K	1° Edad	b_1	ϕ_1	ϕ_2
X Región:	11	180.1	0.046	8.88	0.602	-	-
XI Región:	13	162.2	0.051	8.78	0	0.948	0.139
XII Región:	12	142.7	0.072	6.64	0	0.950	0.079

En tanto que los parámetros que caracterizan la relación potencial talla-peso son:

X Región: $a = 0,000758$ y $b = 2,812135$

XI Región: $a = 0,001409$ y $b = 2,659848$

XII Región: $a = 0,003132$ y $b = 2,512921$

Finalmente se determinó que el índice de crecimiento efectivo (ϕ) para el recurso es 3,17; 3,13 y 3,17 para la X, XI y XII Región, respectivamente.

Los resultados para la temporada de pesca 1998 indican que los mejores modelos ajustados para describir el crecimiento del erizo son aquellos que consideran la ecuación de von Bertalanffy y las siguientes hipótesis estructurales

X Región: Desviación estándar dependiente de la longitud media de los grupos de edad.

XI Región: Crecimiento estacional e hipótesis estructurales.

XII Región: Crecimiento estacional con desviación estándar dependiente de la edad.

Siendo los parámetros de crecimiento de estos modelos:

	Clases edad	L_{∞}	K	1° Edad	b_1	ϕ_1	ϕ_2
X Región:	11	180.0	0.041	10.660	0	-	-
XI Región:	8	175.2	0.053	9.832	0.132	0.916	0.692
XII Región:	11	179.8	0.045	8.610	-	0.931	-0.404

En tanto que los parámetros que caracterizan la relación potencial talla-peso son:

X Región: $a = 0,000932$ y $b = 2,775359$

XI Región: $a = 0,001056$ y $b = 2,752598$

XII Región: $a = 0,030692$ y $b = 1,978424$

La asignación de edad al desembarque de las temporadas de pesca 1994-1995 (X y XI Regiones), 1996-1997 (XII Región) y 1998-1999 (X, XI y XII Regiones) indica que las edades de los erizos explotados van de los 2 a los 6 años en la X y XI Regiones y desde los 3 a los 7 años en la XII Región.

INDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	i
Antecedentes	i
Objetivo general	i
Objetivos específicos	ii
Metodología	ii
Resultados	iii
INDICE GENERAL	vii
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE ANEXOS	xviii
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVO GENERAL	2
2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
3. ANTECEDENTES	3
4. ELABORACION DE CLAVES TALLA - EDAD	12
4.1 DETERMINACIÓN DE EDAD UTILIZANDO PROGRESIÓN MODAL	12
4.1.1 Metodología	12
4.1.2 Análisis del muestreo poblacional mensual	14
4.2 DETERMINACION DE EDAD POR MARCAJE Y RECAPTURA	35
4.2.1 Experimentos de pruebas de marcas	35
4.2.2 Experimentos de marcaje y recaptura	42
4.3 DETERMINACIÓN DE EDAD POR LECTURA DE ANILLOS DE CRECIMIENTO	50
4.3.1 Metodología	50
4.3.2. Resultados	59
4.4 Elaboración clave talla-edad	69
4.4.1 Metodología	69
4.4.2 Resultados	71
5. ASIGNACIÓN EDAD AL DESEMBARQUE DE LAS REGIONES X, XI Y XII	79
5.1 Metodología	79
5.2 Resultados	80
6. MODELO DE CRECIMIENTO Y ESTIMACION DE PARAMETROS	98
6.1. METODOLOGIA	98
6.1.1. Análisis de crecimiento con MULTIFAN	98
6.1.1.1. El modelo	99
6.1.1.2. Estimación robusta	101
6.1.1.3. Principales supuestos del modelo	104
6.1.1.4. Inclusión de variación estacional en el crecimiento	107
6.1.1.5. Estimación de la selectividad a la talla para la primera clase de edad	107
6.1.1.6. La secuencia analítica	108
6.1.2. Relación somatométrica	110
6.1.3. Índice de crecimiento efectivo (Φ')	111
6.2. RESULTADOS	113
6.2.1. Temporada de pesca 1994-1995 y 1996-1997	113
6.2.1.1. Distribuciones de frecuencias de tallas	113
6.2.1.2. Análisis de crecimiento con MULTIFAN	115
6.2.1.3. Determinación de los mejores ajustes y selección de modelos	117
6.2.1.4. Determinación de los parámetros y del modelo matemático de crecimiento	126
6.2.1.5. Determinación de la relación somatométrica	129
6.2.2. Temporada de pesca 1998-1999	133
6.2.2.1. Distribuciones de frecuencia de tallas	133

6.2.2.2. Análisis de crecimiento con MULTIFAN	135
6.2.2.3. Determinación de los mejores ajustes y selección de modelos	136
6.2.2.4. Determinación de parámetros y modelo matemático de crecimiento	144
6.2.2.5. Índice de crecimiento efectivo (ϕ')	146
6.2.2.6. Determinación de la relación somatométrica	148
7. CONCLUSIONES	151
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	154
9. AGRADECIMIENTOS	164
10. ANEXOS	165

INDICE DE TABLAS

- N°
- 1 Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas poblacionales de *Loxechinus albus* de Hueihue (X Región), 1998-1999.
 - 2 Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas poblacionales de *Loxechinus albus* de Melinka (XI Región), 1998-1999.
 - 3 Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas poblacionales de *Loxechinus albus* de Punta Arenas (XII Región), 1998-1999.
 - 4 Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas poblacionales de *Loxechinus albus* de El Quisco (V Región), 1998-1999.
 - 5 Parámetros estimados desde el mejor ajuste sobre todos los efectuados, para los datos de la X, XI, XII y V Región.
 - 6 Tabla ANOVA para evaluar la mortalidad y el efecto de la pérdida de marcas en los tres grupos de tallas de erizos.
 - 7 Análisis de varianza factorial para 3 grupos de tallas de erizos, 3 tratamientos de marcas (T-Bar, elástico y control), 3 réplicas y dos observaciones de diámetro de testa en el tiempo.
 - 8 Valores de la prueba T entre muestras de tallas de erizos marcados en febrero de 1998 y recapturados en marzo, abril, mayo, julio y septiembre de 1998, en la bahía de Hueihue.
 - 9 Muestreo para lectura de anillos en las Regiones X, XI, XII y V.
 - 10 Número de placas genitales de *Loxechinus albus* leídas por localidad y mes.
 - 11 Parámetros de posición y dispersión del diámetro de la testa y el número de bandas de crecimiento en una cohorte de *Loxechinus albus* de edad conocida.
 - 12 Clave talla-edad para el recurso erizo, *Loxechinus albus* de las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región), Punta Arenas (XII Región) y El Quisco (V Región) construida a partir de la lectura de bandas de crecimiento en placas genitales.
 - 13 Índice de separación de la clave talla-edad para *Loxechinus albus* de las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región), Punta Arenas (XII Región) y El Quisco (V Región).

- 14 Parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, estimados a partir de la lectura de bandas de crecimiento y diámetro de la testa de *Loxechinus albus*, de las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región) y Punta Arenas (XII Región).
- 15 Clave talla-edad expresada en años para el recurso erizo, *Loxechinus albus* de las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región), Punta Arenas (XII Región) y El Quisco (V Región) construida a partir de la lectura de bandas de crecimiento en placas genitales.
- 16 Número de ejemplares de *Loxechinus albus* muestreados por puerto de desembarque durante la temporada de pesca 1998-1999.
- 17 Resumen de los parámetros estimados en cada modelo. Un signo + indica que el parámetro fue estimado por el modelo.
- 18 Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas de la captura de *Loxechinus albus* en la X Región (1994-1995).
- 19 Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas de la captura de *Loxechinus albus* en la XI Región (1994-1995).
- 20 Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas de la captura de *Loxechinus albus* en la XII Región (1996-1997).
- 21 Años, meses y Regiones de los cuales se dispuso de información de distribuciones de frecuencia de tallas para analizar el crecimiento de *Loxechinus albus* (1994-1995; 1996-1997).
- 22 Resultados de la búsqueda sistemática para el modelo 1 aplicado a los datos de la XII Región. Se muestra dos veces el valor de la log-verosimilitud para cada modelo con el número de parámetros estimados en paréntesis. El registro máximo para cada número de clases de edad está subrayado.
- 23 Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencias de tallas de *Loxechinus albus* provenientes de las capturas de la XII Región (entre junio 1996 y mayo 1997). En paréntesis el número de parámetros estimados. Los valores subrayados corresponden a los mejores ajustes para cada modelo y el valor encerrado en un cuadrado al mejor modelo.
- 24 Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencias de tallas de *Loxechinus albus* provenientes de las capturas de la XI Región (entre agosto 1994 y abril 1995). En paréntesis el número de parámetros estimados. Los valores subrayados corresponden a los mejores ajustes para cada modelo y el valor encerrado en un cuadrado al mejor modelo.

- 25 Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencias de tallas de *Loxechinus albus* provenientes de las capturas de la X Región (entre septiembre 1994 y abril 1995). En paréntesis el número de parámetros estimados. Los valores subrayados corresponden a los mejores ajustes para cada modelo y el valor encerrado en un cuadrado al mejor modelo.
- 26 Parámetros estimados desde el mejor ajuste sobre todos los efectuados, para los datos de la X, XI y XII Región.
- 27 Resultados del ajuste de la relación somatométrica y del análisis de varianza de *Loxechinus albus* en la X Región (1994-1995).
- 28 Resultados del ajuste de la relación somatométrica y del análisis de varianza de *Loxechinus albus* en la XI Región (1994-1995).
- 29 Resultados del ajuste de la relación somatométrica y del análisis de varianza de *Loxechinus albus* en la XII (1996-1997).
- 30 Resultados de la ecuación propuesta por Beyer (1991) en *Loxechinus albus* por Región (X y XI, 1994-1995; XII, 1996-1997).
- 31 Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas de la captura de *Loxechinus albus* en la X Región (1998).
- 32 Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas de la captura de *Loxechinus albus* en la XI Región (1998).
- 33 Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas de la captura de *Loxechinus albus* en la XII Región (1998-1999).
- 34 Meses (1998) y Regiones en los cuales se dispuso de información de distribuciones de frecuencia de tallas de los desembarques para analizar el crecimiento de *Loxechinus albus* (++). Meses (--) en los que se dispuso de información pero no se pudo amplificar al desembarque muestreado y no fue utilizada en el análisis de crecimiento (1998-1999).
- 35 Restricciones efectuadas a las DFT de las capturas por Región, para inicializar los procesos de MULTIFAN.
- 36 Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencias de tallas de *Loxechinus albus* provenientes de las capturas de la X Región (entre febrero y octubre de 1998). Entre paréntesis el número de parámetros estimados. Los valores subrayados corresponden a los mejores ajustes para cada modelo y el valor encerrado en un rectángulo al mejor modelo.

- 37 Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencias de tallas de *Loxechinus albus* provenientes de las capturas de la XI Región (entre marzo y octubre de 1998). Entre paréntesis el número de parámetros estimados. Los valores subrayados corresponden a los mejores ajustes para cada modelo y el valor encerrado en un rectángulo al mejor modelo.
- 38 Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencias de tallas de *Loxechinus albus* provenientes de las capturas de la XII Región (entre febrero y diciembre de 1998). Entre paréntesis el número de parámetros estimados. Los valores subrayados corresponden a los mejores ajustes para cada modelo y el valor encerrado en un rectángulo al mejor modelo.
- 39 Parámetros estimados desde el mejor ajuste sobre todos los efectuados, para los datos de la X, XI y XII Región (1998).
- 40 Parámetros de crecimiento de *Loxechinus albus* y de otras especies de erizos.
- 41 Resultados del ajuste de la relación somatométrica y del análisis de varianza de *Loxechinus albus* en la X Región (1998).
- 42 Resultados del ajuste de la relación somatométrica y del análisis de varianza de *Loxechinus albus* en la XI Región (1998).
- 43 Resultados del ajuste de la relación somatométrica y del análisis de varianza de *Loxechinus albus* en la XII Región (1998).
- 44 Resultados de la ecuación propuesta por Beyer (1991), en *Loxechinus albus* por Región.

INDICE DE FIGURAS

- Nº
- 1 Distribución de frecuencias de tallas poblacionales mensuales de *Loxechinus albus* de la localidad de Hueihue (X Región).
 - 2 Distribución de frecuencias de tallas poblacionales mensuales de *Loxechinus albus* de la localidad de Melinka (XI Región).
 - 3 Distribución de frecuencias de tallas poblacionales mensuales de *Loxechinus albus* de la localidad de Punta Arenas (XII Región).
 - 4 Distribución de frecuencias de tallas poblacionales mensuales de *Loxechinus albus* de la localidad de El Quisco (V Región).
 - 5 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en Hueihue (X Región), entre febrero de 1998 y febrero de 1999. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimadas y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.
 - 6 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en Melinka (XI Región), entre marzo de 1998 y febrero de 1999. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimadas y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.
 - 7 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en Punta Arenas (XII Región), para los meses de junio, julio, agosto y diciembre de 1998 y enero a marzo de 1999. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimadas y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.
 - 8 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en El Quisco (V Región), para los meses de agosto, septiembre, noviembre de 1998 y enero, abril y junio de 1999. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimadas y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.
 - 9 Representación gráfica de los modelos de crecimiento de *Loxechinus albus* para la X Región (a), XI Región (b), XII Región (c) y V Región (d).

- 10 Marcas utilizadas en los experimentos de marcaje y recaptura de febrero de 1998 (a) y octubre (a) y (b); a: banda elástica con clave numérica, b: T-Bar.
- 11 Valores medios de mortalidad y pérdida de marcas para cada uno de los tratamientos y grupos de tamaño de *Loxechinus albus*.
- 12 Valor medio de la talla inicial y final (diámetro de testa en mm) de *Loxechinus albus* para cada uno de los tratamientos; (A) erizos grandes, (B) erizos medianos y (C) erizos chicos.
- 13 Daños provocados por la marca “elástico” en testas de *Loxechinus albus* recolectadas en bahía Hueihue, correspondientes al experimento de marcaje y recaptura iniciado en febrero de 1998.
- 14 a) Curva talla-peso de los erizos marcados en Hueihue en febrero de 1998
b) Valores predichos *versus* residuales de la regresión talla-peso de los erizos marcados en Hueihue en febrero de 1998.
- 15 Número de ejemplares de *Loxechinus albus* recapturados y porcentaje acumulativo de marcas recuperadas entre marzo y diciembre de 1998.
- 16 Tallas medias, desviación y error estándar de los ejemplares de *Loxechinus albus* marcados en Hueihue en febrero de 1998 y recapturados entre marzo y septiembre del mismo año.
- 17 Estructura de tallas de los ejemplares de *Loxechinus albus* marcados en febrero de 1998 y recapturados en los controles de marzo a julio del mismo año.
- 18 Morfología externa de un equinoídeo (Tomado de Larraín, 1975).
- 19 Sistema apical dicíclico de *L. albus* (Tomado de Larraín, 1975).
- 20 Placas genitales de un erizo regular (Tomado de Larraín, 1975).
- 21 Diagrama de flujo de la metodología para la lectura de anillos en *Loxechinus albus*.
- 22 Esquema obtenido de la observación con luz transmitida de una placa genital de *Loxechinus albus* procesada.
- 23 Estructura de tallas de los ejemplares de *Loxechinus albus* de las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región), Punta Arenas (XII Región) y El Quisco (V Región) utilizados en la determinación de edad mediante lectura de bandas.
- 24 Relación entre diámetro de testa (DT) y diámetro de testa sin espinas (DTSE) de *Loxechinus albus* para las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región) y Punta Arenas (XII Región).

- 25 Ajuste de la relación diámetro de la testa y número de bandas de crecimiento en ejemplares de *Loxechinus albus* recolectados en la localidad de Hueihue (X Región).
- 26 Ajuste de la relación diámetro de la testa y número de bandas de crecimiento en ejemplares de *Loxechinus albus* recolectados en la localidad de Melinka (XI Región).
- 27 Ajuste de la relación diámetro de la testa y número de bandas de crecimiento en ejemplares de *Loxechinus albus* recolectados en la localidad de Punta Arenas (XII Región).
- 28 Ajuste de la relación diámetro de la testa y número de bandas de crecimiento en ejemplares de *Loxechinus albus* recolectados en la localidad de El Quisco (V Región).
- 29 Distribución mensual del borde oscuro y claro en placas genitales de *Loxechinus albus* en las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región), Punta Arenas (XII Región) y El Quisco (V Región).
- 30 Ajuste de la relación diámetro de la testa y número de bandas de crecimiento en ejemplares de *Loxechinus albus* de edad conocida provenientes de la localidad de Putemún (X Región).
- 30' Curvas de crecimiento de *Loxechinus albus* obtenidas a partir de las lecturas de bandas de crecimiento (-●-) y por progresión modal (-■-) para las Regiones X, XI, XII y V Regiones.
- 31 Estructura de tallas del desembarque de *Loxechinus albus* para la temporada de pesca 1998 en el puerto de Carelmapu (X Región).
- 32 Estructura de tallas del desembarque de *Loxechinus albus* para la temporada de pesca 1998 en el puerto de Quellón (X Región).
- 33 Estructura de tallas del desembarque de *Loxechinus albus* para la temporada de pesca 1998 en el puerto de Melinka (XI Región).
- 34 Estructura de tallas del desembarque de *Loxechinus albus* para la temporada de pesca 1998 en el puerto de Puerto Chacabuco (XI Región).
- 35 Estructura de tallas del desembarque de *Loxechinus albus* para la temporada de pesca 1998-1999 en el puerto de Puerto Natales (XII Región).
- 36 Estructura de tallas del desembarque de *Loxechinus albus* para la temporada de pesca 1998-1999 en el puerto de Punta Arenas (XII Región).

- 37 Estructura de tallas y edades del desembarque de *Loxechinus albus* en la X Región durante la temporada de pesca de 1998 (de acuerdo a la clave talla-edad de lectura de bandas).
- 38 Estructura de tallas y edades del desembarque de *Loxechinus albus* en la XI Región durante la temporada de pesca de 1998 (de acuerdo a la clave talla-edad de lectura de bandas).
- 39 Estructura de tallas y edades del desembarque de *Loxechinus albus* en la XII Región para la temporada de pesca de 1998.
- 40 Estructura de tallas y edades del desembarque de *Loxechinus albus* en la X Región para la temporada de pesca de 1994 - 1995.
- 41 Estructura de tallas y edades del desembarque de *Loxechinus albus* en la XI Región para la temporada de pesca de 1994 - 1995.
- 42 Estructura de tallas y edades del desembarque de *Loxechinus albus* en la XII Región para la temporada de pesca de 1996 - 1997.
- 43 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en la XII Región, entre junio 1996 y mayo 1997. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes la distribución estimada y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.
- 44 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en la XI Región, entre agosto 1994 y abril 1995. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes la distribución estimada y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.
- 45 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en la X Región, entre septiembre 1994 y abril 1995. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes la distribución estimada y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.
- 46 Representación gráfica de los modelos de crecimiento de *Loxechinus albus* para la (a) Décima Región, (b) Undécima Región y (c) Duodécima Región (1994-1995; 1996-1997).
- 47 Relación diámetro de la testa (DT, mm) y peso corporal (Peso, g) de *Loxechinus albus* en la X Región, para registros recolectados entre septiembre de 1994 y abril de 1995. Los puntos rojos indican los valores superiores a ± 4 desviaciones estándar.

- 48 Relación diámetro de la testa (DT, mm) y peso corporal (Peso, g) de *Loxechinus albus* en la XI Región, para registros recolectados entre agosto de 1994 y abril de 1995. Los puntos rojos indican los valores superiores a ± 4 desviaciones estándar.
- 49 Relación diámetro de la testa (DT, mm) y peso corporal (Peso, g) de *Loxechinus albus* en la XII Región, para registros recolectados entre junio de 1996 y mayo de 1997. Los puntos rojos indican los valores superiores a ± 4 desviaciones estándar.
- 50 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en la X Región, entre febrero y octubre de 1998. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimadas y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.
- 51 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en la XI Región, entre marzo y octubre de 1998. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimadas y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.
- 52 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en la XII Región, entre febrero y diciembre de 1998. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimada y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.
- 53 Representación gráfica de los modelos de crecimiento de *Loxechinus albus* para la X, XI y XII Región respectivamente.
- 54 Relación diámetro de la testa (mm) y peso corporal (g) de *Loxechinus albus* en la X Región, para registros recolectados entre febrero y octubre de 1998.
- 55 Relación diámetro de la testa (mm) y peso corporal (g) de *Loxechinus albus* en la XI Región, para registros recolectados entre febrero y octubre de 1998.
- 56 Relación diámetro de la testa (mm) y peso corporal (g) de *Loxechinus albus* en la XII Región, para registros recolectados entre febrero y diciembre de 1998.

INDICE DE ANEXOS

- N°
- 1 Formulario de muestreo poblacional. Ficha P 1-4: Información general.
 - 2 Formulario de muestreo poblacional. Ficha P 2-4: Datos de longitudes (diámetro de testa) de *Loxechinus albus*.
 - 3 Formulario de muestreo poblacional. Ficha P 3-4: Datos de longitud (diámetro de testa) y peso de *Loxechinus albus*.
 - 4 Formulario de muestreo poblacional. Ficha P 4-4: Datos de longitud (diámetro de testa) y peso de *Loxechinus albus* para lectura de bandas de crecimiento.
 - 5 Formulario de marcaje y recaptura de erizos. Ficha M 1-2.
 - 6 Formulario de recaptura de erizos. Ficha M 2-2.
 - 7 Formulario de muestreo de desembarque. Ficha D 1-1: Datos de longitud (diámetro de testa) de *Loxechinus albus*.
 - 8 Distribuciones de frecuencias de tallas (en número) de *Loxechinus albus* amplificadas al desembarque muestreado, considerando el mes, la Región y el puerto de desembarque.

1. INTRODUCCION

La pesquería del erizo es una pesquería artesanal que se desarrolla en todas las Regiones del país. En la sección erizo del Registro Artesanal de buzos mariscadores se encuentran inscritos aproximadamente 10.000 pescadores, quienes operan con 6.700 embarcaciones artesanales en el territorio nacional (Subsecretaría de Pesca, 1996).

Loxechinus (Molina, 1782) es un género monoespecífico (Larraín, 1995) y *L. albus*, la única especie de erizo que se explota comercialmente en el país, es de gran importancia económica en la pesquería artesanal chilena y en la pesquería mundial de equinodermos. Los erizos se consideran como especies de alto valor en el mercado internacional, siendo Japón, Chile y Estados Unidos los principales productores de lenguas de erizo (FAO, 1994).

A pesar de que esta especie se captura en toda la costa, en los últimos años el esfuerzo se ha concentrado principalmente en la zona sur y sur-austral de Chile (42° S), lo que ha motivado un notorio incremento en los desembarques de esa zona. Esta situación ha originado preocupación, a fin de asegurar la sustentabilidad del recurso en aquellas zonas en que se está extrayendo en forma intensiva (Palma y Arana, 1996), especialmente en la XII Región del país (Arana, 1995). En 1997 la extracción anual alcanzó a las 45.560 t, de las cuales 15.272 t (33.5 %) se extrajeron de la X Región, 1.134 t (2.5 %) de la XI Región y 28.010 (61.5%) de la XII Región. En conjunto estas tres regiones representaron el 97.5 % del desembarque total de erizos de 1997. En 1998 esta tendencia se mantuvo ya que del desembarque total (44.843 t) el 97% provino de estas tres Regiones; 12.258 t (27.3%) de la X Región, 1.136 t (2.5%) de la XI y 30.115 t (67.1%) de la XII. Por otra parte en los años 1997 y 1998 esta sola especie contribuyó al 36% y al 33% respectivamente del desembarque total artesanal de mariscos en Chile (SERNAPESCA, 1997 y 1998). Consciente de esta tendencia, la autoridad pesquera ha manifestado interés en realizar estudios tendientes a describir y evaluar la pesquería, desarrollando proyectos con relación a edad y crecimiento, que avalen las evaluaciones de stock, con el objetivo de aplicar nuevas medidas de administración pesquera, tales como cuotas individuales de captura, en el marco del Régimen Bentónico de Extracción. En este sentido el proyecto "Elaboración de claves talla-edad para el recurso erizo" representa un avance en el conocimiento de este recurso contribuyendo de esta manera a la generación de estas nuevas medidas.

2. OBJETIVO GENERAL

Elaborar una clave talla-edad a través de un estudio de edad y crecimiento, para el recurso erizo en las Regiones X a XII.

2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1. Elaborar las claves talla-edad para el recurso erizo en las Regiones X, XI y XII.**
- 2. Asignar edad a la estructura de tallas de los desembarques obtenidos en las Regiones X, XI y XII.**
- 3. Identificar un modelo de crecimiento para el recurso erizo.**
- 4. Estimar los parámetros de crecimiento en el recurso erizo en la X, XI y XII Regiones.**

3. ANTECEDENTES

El erizo *Loxechinus albus* es un equinoídeo regular que se distribuye desde Ecuador (6° L.S.) hasta el Estrecho de Magallanes, alcanzando, hacia el Este, hasta la Isla de los Estados (Larraín, 1975). Esta especie habita fondos duros, conformando agregaciones o "bancos", su distribución batimétrica es amplia e incluye desde la zona intermareal hasta los 340 m de profundidad (Larraín, *op.cit.*; Vásquez *et al.*, 1984). El erizo presenta sexos separados, sin embargo, no es posible discriminar externamente el sexo ya que no existe dimorfismo sexual (Bückle, 1973). El principal período reproductivo para la zona de Chiloé e Islas Guaitecas es en noviembre y diciembre y para el extremo sur (Punta Arenas) septiembre-octubre. Las poblaciones de erizo entre Antofagasta e Islas Guaitecas presentan una segunda época de madurez gonádica en verano-otoño, a diferencia de lo que ocurre en Punta Arenas, que presenta sólo un período de madurez (Bay-Schmith *et al.*, 1981; Bay-Schmith, 1982; Zamora y Stotz, 1992). En las poblaciones de erizo de la X y XI Regiones, los individuos de tallas superiores a 3,5 - 4,0 centímetros de diámetro, presentan una activa participación en la reproducción poblacional (Bay-Schmith *et al.*, 1981). *L. albus* es un herbívoro y, en sus estados juvenil y adulto, se alimenta principalmente de algas a la deriva (Contreras y Castilla, 1987).

Régimen operacional de la flota

La actividad extractiva la realizan exclusivamente pescadores artesanales, utilizando buceo semiautónomo. La flota que opera sobre este recurso está constituida por embarcaciones de tipo artesanal (botes y lanchas), con motor interior o exterior, permitiéndole la autonomía de navegación necesaria para alcanzar las áreas de extracción que, en muchos casos, están alejadas de los centros de desembarque.

El régimen operacional de la flota varía dependiendo de la lejanía de las áreas de extracción y del grado de exposición al viento y oleaje. Así, por ejemplo, la flota de Carelmapu tiene un régimen de operación diario y en el cual la actividad extractiva está

determinada por el régimen de mareas, en cambio la de Quellón presenta un régimen de operación diario operando en lugares próximos al puerto, un régimen de salidas de dos o más días de operación en lugares alejados del puerto y un régimen basado en la instalación de faenas o campamentos que se levantan en los lugares de extracción. Allí permanecen los pescadores por largos períodos de tiempo, minimizando la dificultad y el costo que representa el retorno a puerto base. Para transportar la materia prima, las empresas pesqueras utilizan embarcaciones recolectoras de mayor tamaño que las extractoras, las que periódicamente viajan a los lugares de faena. El puerto de Melinka opera bajo los dos primeros regímenes señalados para Quellón y en el caso de Puerto Chacabuco la actividad está dada por el transporte del recurso desde las áreas de extracción hasta el puerto (Arias *et al.*, 1995). A diferencia de la situación de los puertos señalados de la X y XI Regiones los puertos de la XII Región sólo presentan un régimen de extracción basado en la instalación de faenas de pesca en lugares distantes del centro de desembarque y desde los cuales lanchas de transporte acarrear el recurso a puerto y de ahí en camiones hasta la planta procesadora (Jerez *et al.*, 1997).

Explotación y desembarques

El recurso erizo se ha explotado en nuestras costas desde tiempos pretéritos. Es común observar grandes concentraciones de placas de testas de erizos en conchales indígenas a lo largo de toda la costa. Los desembarques experimentaron un fuerte incremento a partir de 1975, principalmente por el aporte de las Regiones X y XI. Un segundo aumento en los desembarques se inició el año 1989, y luego hubo otro posterior en 1993 con el incremento de la pesquería en la XII Región. En 1997 se desembarcaron 45.560 t a nivel nacional (SERNAP 1975-1994; SERNAPESCA, 1997).

Ya en 1978, Bückle y colaboradores indican que la explotación comercial de la pesquería ha producido un significativo decremento de las poblaciones naturales a lo largo de la costa norte (Deppe y Viviani, 1977) y centro de Chile, y por esta razón el esfuerzo pesquero se trasladaría hacia los bancos de *L. albus* en el sur de Chile. Palma y Arana (1996) indican la

preocupación de los agentes involucrados en la pesquería de la XII Región debido a los altísimos niveles de explotación alcanzados en los últimos años en la zona.

Mercado

Japón ha sido históricamente el mayor consumidor, productor e importador de erizos en el mundo. A partir de 1988, Estados Unidos toma el liderazgo en la producción, siendo superado, sólo desde 1994, por Chile (FAO, 1994).

Entre 1975 y 1992, los desembarques totales mundiales se incrementaron un 169%, de 31.000 t a 83.000 t. Desde 1986, cinco países han alcanzado desembarques anuales de más de 2.000 t, en 1992, estos fueron: Estados Unidos (36%), Chile (35%), Japón (17%), Rusia (7%) y la República de Corea (3%). El crecimiento global en los desembarques de equinodermos del último tiempo, se ha debido al aumento de la producción de Estados Unidos (*Strongylocentrotus franciscanus*) y Chile (*Loxechinus albus*). Combinados los desembarques de estos dos países, se obtienen cifras desde las 23.000 t en 1984 a 59.000 t en 1992. El principal factor en este aumento es la creciente demanda japonesa debido a una insuficiente producción doméstica; Japón fue hasta 1984 el mayor productor mundial de erizos.

Strongylocentrotus spp. y *Loxechinus albus* son los equinodermos más abundantes en los desembarques. Por otra parte, la mayoría de los desembarques mundiales de erizos entre 1985 y 1992, corresponden al Océano Pacífico (85 a 99 %), seguido por el Atlántico (1 a 15 %). Japón es el mayor importador de erizos y lenguas de erizo del mundo. En 1994, las importaciones japonesas de erizos y lenguas frescos, congelados y preparados fueron de 6.130 t, evaluadas en 251 millones de dólares, mientras que en el año 1995 sólo en fresco y congelado se importaron 6.130 t, con un valor cercano a 267 millones de dólares. Una alta demanda, una producción japonesa declinante y la solidez del yen contribuyen al aumento de las importaciones.

En 1997, Chile desembarcó 45.560 t de erizos y la XII región registró los mayores desembarques (28.010 t) seguida de la X (15.272 t) y la XI (1.134 t) Regiones. El 51% de la producción se exportó como producto congelado y el 44% como fresco-enfriado, consumiéndose el restante 5% en el mercado nacional (PROCHILE, 1996).

Administración de la pesquería

La pesquería del erizo comercial *Loxechinus albus* se encuentra declarada en estado de plena explotación y, de acuerdo a ello, los registros artesanales están temporalmente cerrados en todo el territorio nacional. Este cierre transitorio se ha declarado separadamente para tres zonas que corresponden a diferentes unidades de pesquería: I a IX Regiones, X y XI Regiones y XII Región. La pesquería se administra, además, a través de otras dos regulaciones: (1) talla mínima de extracción y (2) vedas biológicas.

El Decreto Supremo N° 1584 de 1934 fijó una talla mínima legal en 10 cm de diámetro de testa para el erizo, en todo el país, con excepción del litoral de Tarapacá y Antofagasta donde la talla mínima era de 8 cm. Luego, en 1987, a través del Decreto Supremo 291 se fijó una nueva talla mínima legal en 7 cm (sin incluir las púas) para todo el territorio nacional. La veda biológica para el recurso erizo se estableció en 1987 entre la I y XI Regiones (Decreto Supremo N° 291 de 1987) y rige entre el 15 de octubre y el 15 de enero del año siguiente. En la XII Región la veda se decretó sólo en 1994 (Decreto Supremo N° 141 de 1994) y rige entre el 15 de agosto y el 30 de noviembre de cada año.

Además, con el objeto de fiscalizar los desembarques, la Resolución N° 1.202 de 1995 establece puntos y horarios para el desembarque del recurso en la XII Región, señalando obligaciones para éste y su posterior procesamiento.

Áreas de manejo y repoblación

La disminución de los desembarques de erizo en la zona centro-norte del país y también en la zona de Chiloé, unido al desarrollo de las metodologías de cultivo (Bückle *et al.*, 1977 b; González *et al.*, 1987; Guisado y Castilla, 1987; Guisado y Castilla, 1988; Castilla *et al.*, 1988; González *et al.*, 1990) orientaron la investigación de este importante recurso pesquero hacia los estudios de repoblación artificial (Bustos *et al.*, 1990; Godoy y Troncoso, 1990; Bustos *et al.*, 1991a; Bustos *et al.*, 1991b; Bustos *et al.*, 1992; Vásquez y Guisado, 1992; Stotz *et al.*, 1992; Olave *et al.*, 1993) y natural (Castilla, 1988; Castilla, 1990; Castilla y Pino, 1996). Estas investigaciones tienen estrecha relación con una nueva modalidad de administración de recursos bentónicos en áreas de manejo a cargo de las asociaciones de pescadores artesanales.

Sobre el crecimiento de esta especie

En general, el crecimiento de los organismos se traduce directamente en un aumento del tamaño del cuerpo. En los erizos, su cuerpo globoso se mantiene rígido mediante un endoesqueleto de origen mesodérmico compuesto de muchas placas ligadas entre sí dentro de una matriz colágena. La composición química de este esqueleto es calcita de magnesio la cual se comporta ópticamente como si fuera un solo cristal de calcita aunque realmente es un agregado policristalino de cristales alineados. A diferencia del esqueleto de otros *phyla* la calcita de los equinodermos se deposita en la forma de un retículo tridimensional llamado "stereom" (Smith, 1991). Estas placas calcáreas fusionadas que aparecen desde el inicio del desarrollo se disponen formando 20 hileras meridianas, dando cuenta de su simetría pentarradiada. El posterior aumento de tamaño de los erizos se realiza de 2 formas complementarias:

- i. Por un aumento del tamaño de las placas de la testa, mediante depósitos calcáreos en la periferia de dichas placas. Este crecimiento hace aparecer estrías concéntricas o anillos, cuya naturaleza, en algunas especies, no se ha determinado con exactitud. De

acuerdo con Jensen (1969), numerosos autores se han basado en estas marcas para determinar la edad de los erizos, lo que en algunos casos ha conducido a errores debido a que la periodicidad de su formación no ha sido determinada con exactitud. Sin embargo, a partir de estos resultados se han estimado las velocidades de crecimiento de numerosas poblaciones naturales de erizos (Taki, 1978; Duineveld y Jenness, 1984; Ebert, 1986, Ebert, 1988; Edwards y Ebert, 1991; Gage, 1991; Levitan, 1991; Gage, 1992a; Gage, 1992b; Lumingas y Guillou, 1994, entre otros).

- ii. El segundo proceso que conduce al incremento del tamaño corresponde a la formación de nuevas placas en el centro de las zonas interambulacrales en la región aboral. Por tanto, no todas las placas de una hilera meridiana tienen la misma edad.

El aumento del tamaño de cada placa de la testa, la formación de nuevas placas, el crecimiento continuo de dientes y la regeneración de espinas perdidas o deterioradas, implican la existencia de un importante metabolismo cálcico (Le Gall, 1991).

De este modo, la existencia de una variedad de patrones observados en las partes duras de los invertebrados marinos ha sido relacionada con variaciones periódicas en la estructura o pigmentación de éstas durante el crecimiento. De aquí que el conocimiento exacto de la periodicidad de estas marcas de crecimiento, sus modalidades y valores reales como medida del tiempo pueden proporcionar un registro fiel de las características ambientales y biológicas de las especies (Miranda, 1978).

En los equinoideos, la edad y el crecimiento han sido determinados por uno o una combinación de los siguientes métodos: (1) marcaje y observación de los individuos en su ambiente natural, (2) observación en condiciones de laboratorio, (3) distribución de frecuencias de tallas o (4) análisis de indicadores de crecimiento cíclicos en espinas y placas de la testa (Ebert, 1967; Fuji, 1967; Ebert, 1968; Fuji y Kawamura, 1970a; Fuji y Kawamura, 1970b; Sumich y McCauley, 1973; Ebert, 1980; Himmelman *et al.*, 1983; Gage *et al.*, 1986; Kakuda, 1989; Ebert y Russell, 1992). En este estudio en particular, se descartó la utilización de espinas ya que estas estructuras al perderse son regeneradas y, por tanto, pueden no

contener todo el crecimiento del individuo. Las placas de la testa y la linterna de Aristóteles son las estructuras más adecuadas para observar zonas de crecimiento rápido (alta deposición de calcio) y lento (baja deposición de calcio), dando lugar a la presencia de anillos opacos y translúcidos respectivamente (Pearse y Pearse, 1975).

De acuerdo con Gage (1991), en el caso de los equinoideos, las zonas de crecimiento en el esqueleto cálcico están bien identificadas y aparecen como (1) anillos pigmentados, (2) diferencias internas en la opacidad óptica, (3) discontinuidades en la microestructuras reveladas por el microscopio electrónico de barrido, (4) discontinuidades en la estereodensidad mostrada por el desgaste por ácido y por rayos X y (5) como anillos oscuros a la luz reflejada separados por zonas coloreadas.

Moore (1935), intentando encontrar alguna estructura que mostrara bandas comparables a los anillos anuales en vértebras y otolitos de peces y de conchas de moluscos, utilizó las placas genitales del erizo *Echinus esculentus*, encontrando que los anillos pigmentados concéntricos son anuales y que pueden ser utilizados para estimar la tasa de crecimiento. Walker (1981), trabajando con individuos marcados y recapturados de *Evechinus chloroticus*, efectuó lectura de anillos oscuros en placas genitales; él demostró que el crecimiento es estacional, que la tasa de crecimiento anual decrece con el incremento del tamaño, que existe una relación inversa entre la tasa de crecimiento y el crecimiento de la gónada y que el crecimiento no se ajusta bien a los modelos de crecimiento (von Bertalanffy) comúnmente usados. Gage (1992 a y b) advierte acerca de que una serie de estudios que se originaron a partir del trabajo de Moore (1935) y efectuados por diversos autores, parten del supuesto, no probado, que las líneas de crecimiento representan marcadores anuales de edad.

Aunque el crecimiento de las bandas es el resultado de la variación periódica microestructural del stereom, las zonas opacas y translúcidas no pueden ser correlacionadas con una disposición particular del stereom. Las principales diferencias entre estas zonas parecieran ser de porosidad, teniendo las zonas opacas un stereom más denso que las zonas translúcidas. Si bien es cierto que la mayoría de los autores concuerdan en que las líneas de crecimiento se depositan anualmente, opiniones acerca de cuando o por qué estas bandas se

forman son confusas y contradictorias. Esto último debido a los diferentes métodos empleados para dejar a la vista dichas líneas. Esto ha planteado muchas dudas acerca del uso de los términos, claro, oscuro, pigmentado y no pigmentado que han sido aplicados a las líneas de crecimiento (Smith, 1991). Pearse y Pearse (1975) trabajando con placas interambulacrales de *Strongylocentrotus purpuratus* señala que si se observan las placas con luz reflejada (utilizada por la mayoría de los autores) se pueden ver zonas claras y oscuras que se alternan, si se observan con luz transmitida también hay un patrón de zonas claras y oscuras; siendo este último patrón el negativo del patrón observado con luz reflejada. Este contraste indica que la visualización de las zonas de crecimiento depende de diferencias en sus calidades de transmisión y reflexión de la luz. Áreas ópticamente opacas reflejan relativamente más luz permitiendo poca transmisión, estas áreas aparecen blancas a la luz reflejada y oscuras, más bien de color café después del tostado, a la luz transmitida. Las áreas ópticamente translúcidas reflejan menos luz permitiendo que más luz pase a través de la placa; estas áreas aparecen oscuras a la luz reflejada y brillantes a la luz transmitida. Pearse y Pearse (*op.cit.*) trabajando placas interambulacrales de *S. franciscanus* con rayos X señalan que, las zonas translúcidas que aparecen oscuras a la luz reflejada y luminosas a la luz transmitida, a los rayos X aparecen menos densas que las zonas opacas que aparecen luminosas a la luz reflejada y oscuras a la luz transmitida. Esto se debería a que las zonas menos densas tienen trabéculas relativamente más pequeñas y canales intertrabeculares más grandes que las zonas opacas que poseen trabéculas más grandes y canales intertrabeculares más pequeños.

En el plano nacional, se ha estudiado el crecimiento del erizo *L. albus* en grupos de animales experimentales en terreno (Gutiérrez y Otzu, 1975; Godoy y Troncoso, 1990; Gálvez, 1996) y en sistemas de cultivo (Bückle *et al.*, 1977a; Zegers *et al.*, 1983; González *et al.*, 1990). Por otra parte, Arias (1990), Gebauer (1992) y Gebauer y Moreno (1995) han realizado estudios de crecimiento individual. Arias (1990) informa acerca de una estimación de curva de crecimiento utilizando lectura de anillos en placas interambulacrales, validando mediante lectura de anillos en erizos de edad conocida, provenientes del banco Yelcho, situado en el mar interior de Chiloé. Gebauer (*op.cit.*) utiliza las placas genitales para la lectura de anillos de crecimiento y valida el crecimiento a través de la progresión modal de una población no explotada de la concesión marítima de la Universidad Austral de Chile, en

Mehuín. Otros estudios de crecimiento realizados sobre esta especie en nuestro país, consideran análisis de progresión modal (Arana, 1996; Gálvez, 1996; Arias, 1995). En un plano más relacionado con metodología, Zabala (1987), realiza un completo y detallado estudio en placas interambulacrales a objeto de establecer una metodología básica adecuada para la determinación de edad de *L. albus*. Dicho autor, al citar los criterios señalados por Pearse y Pearse (*op.cit.*) de marcas de crecimiento opacas y translúcidas introduce un error al asociar la marca opaca con crecimiento lento y la translúcida con crecimiento rápido.

Los procesos reproductivos y la alimentación son dos factores determinantes en el crecimiento de los erizos (Fuji, 1967). La época reproductiva de esta especie se ha estudiado en la zona norte de Chile (Zamora y Stotz 1992; Gutiérrez y Otsu, 1975) y en la zona central Guisado y Rojas (1971), Bückle (1973), Bückle *et al.* (1976 y 1978) han estudiado el ciclo reproductivo específicamente para la zona de Montemar. Arias *et al.* (1995) realizan sus estudios en la zona sur y Bay-Schmith *et al.* (1981) en la zona sur austral. Por otro lado, Bückle *et al.* (1977b y 1980), Castilla y Moreno (1982), Contreras y Castilla (1987) y González *et al.* (1993) han estudiado la alimentación en el erizo chileno.

De este modo, el estudio del crecimiento individual de las poblaciones de erizo, reflejado en una clave talla-edad, entrega relevante información para aplicar modelos de captura a la edad (Pope y Shepherd, 1982; Fournier y Archibald, 1982; Deriso *et al.*, 1985; Han Lin Lai, 1987; Kimura, 1990), y así conocer el estatus de la pesquería, y proyectar su explotación en el corto, mediano y largo plazo. Los modelos antes señalados se basan en la composición de edades de las capturas y a través de ellos se obtiene la abundancia de las edades que componen un stock (en número y biomasa) y las tasas de mortalidad por pesca a la edad (Hoenig y Heisey, 1987; Martin y Cook, 1990).

En la pesquería del erizo sí bien se dispone de datos de la composición de tallas de la captura y del desembarque, la generación de una clave talla-edad validada empíricamente hace posible aplicar, de mejor forma, los métodos tradicionales de evaluación de stocks estructurados a la talla (Jones, 1984; MacGlade y Smith, 1983).

4. ELABORACION DE CLAVES TALLA - EDAD.

Para la determinación de las claves talla-edad por Región se utilizaron simultáneamente 3 métodos: progresión modal, lectura de anillos de crecimiento en placas genitales y marcaje-recaptura. El muestreo mensual de tallas poblacionales se efectuó en cada una de las 4 Regiones, en las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región), Punta Arenas (XII Región) y El Quisco (V Región). Esta información se utilizó para el análisis de progresión modal. En las localidades ya señaladas se recolectaron mensualmente 40 erizos, representativos del rango de tallas presente, este material se empleó en la lectura de anillos de crecimiento. Los experimentos de marcaje-recaptura se efectuaron en la localidad de Hueihue en la X Región.

La información de marcaje y recaptura se utiliza para validar los resultados obtenidos por los métodos de progresión modal y lectura de anillos, esto es, verificar que las modas (en el caso del procedimiento que considera progresión modal) y los anillos de crecimiento (en el caso de la metodología de Kimura) representan eventos anuales que se pueden asociar a edades, y paralelamente determinar el tipo de función que relaciona crecimiento en diámetro del organismo (talla) e incrementos en el diámetro de los anillos de crecimiento.

4.1 DETERMINACIÓN DE EDAD UTILIZANDO PROGRESIÓN MODAL

4.1.1 Metodología

Este método se basa en el supuesto de que cada una de las clases modales de la distribución de frecuencia corresponde a una cohorte y representa, por tanto, diferentes clases de edad determinadas a intervalos de tiempo regulares. Estos análisis pueden aplicarse a poblaciones que tengan un reclutamiento marcadamente estacional, lo que permite mantener la

identidad de las clases de edad en el tiempo. Cuando la reproducción es continua a lo largo del año, la estructura de tallas no refleja la estructura de edades. De acuerdo con los resultados obtenidos por Arias *et al.*, (1995) en la X y XI Regiones, el período de máxima madurez gonadal en el erizo se ubicaría en octubre y la máxima evacuación en noviembre y diciembre.

Se utiliza el programa computacional MULTIFAN, de Fournier *et al.*, (1990, 1991), tanto para asignar edad a las distribuciones de frecuencias de tallas como para estimar los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (1934) (VB) a partir de las distribuciones poblacionales de frecuencia de tallas mensuales del erizo, bajo la suposición de que las modas en la distribución representan clases anuales. Este algoritmo de análisis, si bien no remueve completamente las decisiones subjetivas en el análisis de las distribuciones de frecuencia de tallas, al menos introduce limitantes objetivas en la forma de hipótesis estructurales acerca de cual modelo resulta ser más adecuado. Además, MULTIFAN tiene la ventaja de utilizar otros parámetros importantes tales como, la selectividad del primer grupo de edad y la dependencia de la desviación estándar en función de la talla promedio a cada grupo de edad; también permite estimar las proporciones de las distintas clases de edad que se encuentran en la distribución de frecuencias de tallas.

El algoritmo de MULTIFAN, se basa en un modelo no-lineal, permitiendo una estimación robusta de los parámetros de crecimiento. Un método de máxima verosimilitud se utiliza para estimar la proporción de erizos a cada edad, en cada una de las muestras y, por supuesto, los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy, con o sin oscilación estacional en la tasa de crecimiento. Además MULTIFAN calcula desviaciones estándar y correlaciones de todos los parámetros estimados.

Los principales supuestos del método son :

- i) El diámetro de la testa de los erizos en cada clase de edad presenta una distribución normal alrededor de la longitud promedio de cada grupo de edad.
- ii) El diámetro de la testa promedio, a cada edad, es descrito por una curva de crecimiento del tipo von Bertalanffy (VB).

- iii) La desviación estándar de los diámetros actuales alrededor de los diámetros promedio a cada edad, son funciones simples de la longitud promedio a cada edad.

Proceso de inicialización

Esta es la parte más importante del análisis, donde se toman decisiones en base a los aspectos biológicos del recurso, información que se genera de observaciones y mediciones de campo contrastadas con información bibliográfica. En esta etapa se debe indicar : (i) el “Mes 1”, que contiene el grupo de individuos con la talla modal más pequeña en la serie de tiempo; (ii) la desviación estándar de una moda bien definida, y (iii) algunas longitudes promedio para asegurar que el modelo ajuste las modas apropiadamente y exhiba un comportamiento estable. Finalmente se debe indicar: (iv) el número de clases de edad que se supone están presentes en la distribución de frecuencias de talla, y (v) valores probables del parámetro de crecimiento K. En *Loxechinus albus*, la elección se realizará en base a los resultados y análisis desarrollados por Gutiérrez y Otsu (1975), Bückle *et al.* (1977), Zegers *et al.* (1983), Gebauer y Moreno (1955) y Arana (1996).

4.1.2 Análisis del muestreo poblacional mensual

De acuerdo a lo especificado en la Oferta Técnica el muestreo mensual de tallas poblacionales se realizó en las siguientes localidades Hueihue (X Región), Melinka (XI Región) y Punta Arenas (XII Región). Como **sobreoferta** se ofreció realizar esta actividad en la V Región, originalmente, en la Concesión Marítima que el Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso posee en Montemar. En esta localidad los muestreos de febrero, marzo y abril mostraron biomasa extremadamente bajas de *Loxechinus albus*. Cabe destacar que el número de ejemplares encontrados por muestreo fueron: 4 en febrero y ninguno en marzo y abril. Dada esta situación se decidió realizar esta actividad en el Area de Manejo y Explotación

de Recursos Bentónicos que el Sindicato de Pescadores de Caleta El Quisco tiene en ese lugar. Los muestreos en esta última localidad se iniciaron en el mes de julio y se finalizaron en junio de 1999. La periodicidad del muestreo hubo que adecuarla al calendario de actividades ya programadas por los pescadores la que se vio alterada por bravesas de costa durante el periodo del estudio. Para la estimación del tamaño de muestra se utilizó la metodología de Cochran (1971) que se basa en un muestreo aleatorio simple.

$$n_0 = \frac{t^2 Q}{r^2 P}$$

Donde:

n_0 = tamaño

t = t de Student con un nivel de confianza $\alpha = 1,96$

P = proporción poblacional en un rango de talla

r = porcentaje de error de la proporción de la población P

Q = complemento de la proporción poblacional

Los datos utilizados para el cálculo del tamaño muestral, con un error del 15%, corresponden a aquellos obtenidos del Proyecto FIP 93-13. Con un 15% de error para el muestreo mensual de longitudes se debían medir entre 822 y 2.088 ejemplares y para el muestreo mensual longitud – peso entre 274 y 696 ejemplares. En cada una de las localidades estudiadas, Hueihue (X Región), Melinka (XI Región) y Punta Arenas (XII Región) se muestrearon alrededor de 900 ejemplares para construir la distribución de frecuencias de tallas y 300 ejemplares para la relación talla – peso. Los datos del muestreo poblacional se traspasaron a las fichas P1-4, P2-4 y P3-4 que se entregan en los Anexos 1, 2 y 3 respectivamente.

De acuerdo a la Carta Gantt de Actividades de la Oferta Técnica, en la X Región, los muestreos poblacionales se iniciaron en febrero de 1998 y se extendieron hasta febrero de 1999, en el mes de junio no fue posible muestrear debido a condiciones sostenidas de mal tiempo. En la XI Región, los muestreos poblacionales se iniciaron en marzo y se extendieron sin interrupción hasta febrero de 1999. Una situación diferente fue la que se presentó en la XII Región, ya que la información requerida sólo se obtuvo en los meses de junio, julio, agosto, diciembre, enero y febrero. La embarcación que se requiere en esa zona corresponde al tipo

lancha, la flota en período de extracción de recursos se ausenta por varios días y no quedan embarcaciones disponibles para poder realizar el tipo de trabajo exigido por el proyecto. Pese a los esfuerzos realizados los muestreos efectuados sólo se pudieron concretar sobre poblaciones del recurso ubicadas en distintas localidades, se sumó a lo anterior las condiciones de mal tiempo que dificultaron la mantención de la periodicidad de los muestreos y el desinterés de parte de los patrones de embarcaciones de colaborar con la actividad científica.

Las distribuciones de frecuencias de tallas poblacionales mensuales para las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región), Punta Arenas (XII Región) y El Quisco (V Región) se muestran en las Figuras 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Los parámetros de posición y dispersión para cada una de las Regiones se resumen en las Tablas 1, 2, 3 y 4. Para la temporada de pesca 1998-1999 las mayores tallas promedio se observan en Punta Arenas en el mes de agosto. Sin embargo, en el Area de Manejo del Sindicato de Pescadores Artesanales de El Quisco (V Región) se alcanzó una talla promedio máxima de 79,71 mm en el mes de septiembre. En la X y XI Región la dispersión de la estructura de tallas aumenta en los meses de marzo y junio con la incorporación de individuos pequeños a la población. En la XII Región en el mes de diciembre se incorporan grupos de tallas al lado izquierdo de la distribución. En la V Región en los muestreos de agosto (1998) y enero (1999) la estructura de talla presenta una dispersión alta.

En la Figura 1 (Hueihue) se muestra en general un componente normal (unimodal) con una leve asimetría en los meses de febrero-marzo de 1998 que se repite en enero-febrero de 1999 sugiriendo un proceso de reclutamiento en el rango de tallas de 15 a 20 mm.

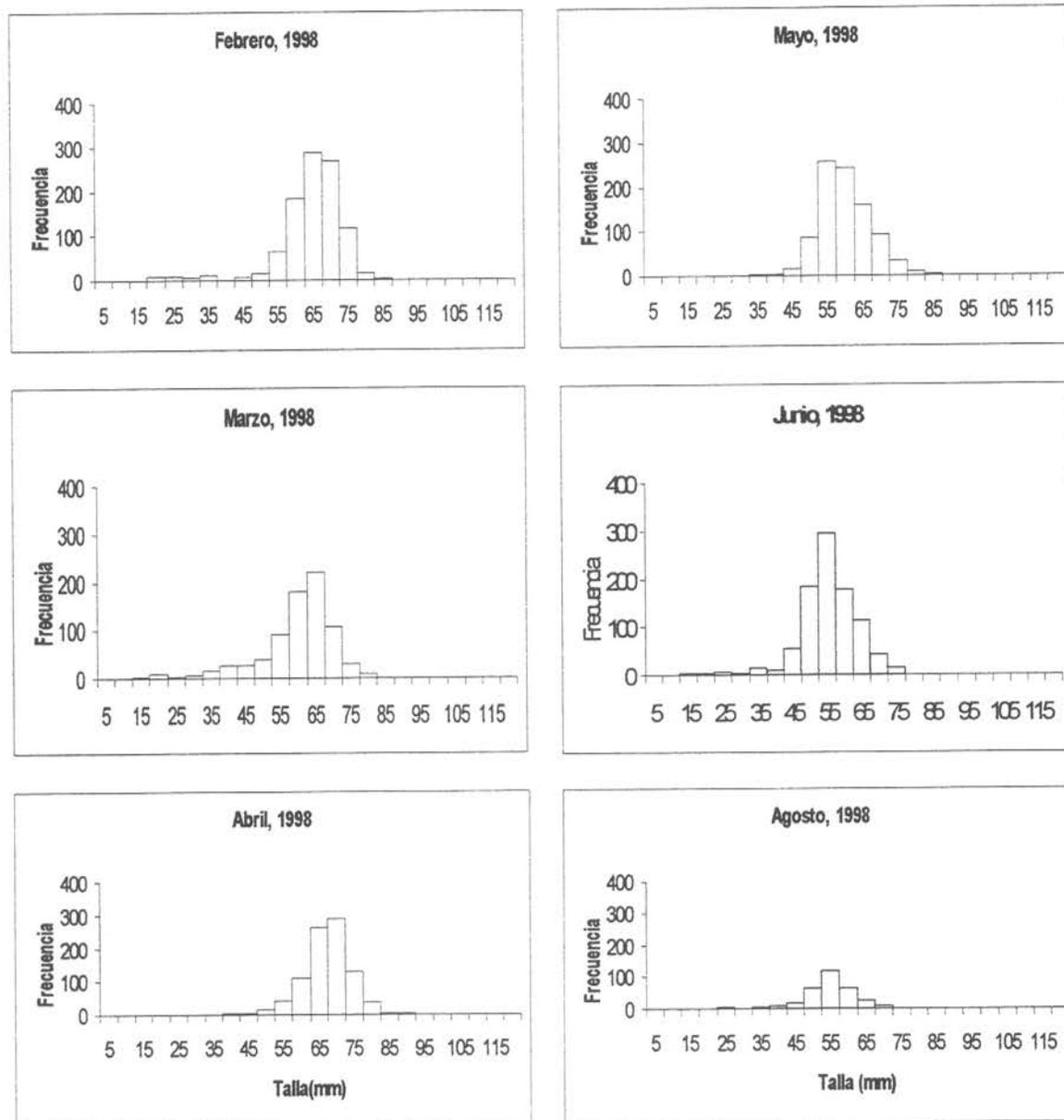
En la Figura 2 (Melinka) se observa una distribución similar a la anterior pero mas marcada, leptocurtica con una moda única. En los meses de noviembre y diciembre aparecen algunos reclutas en el rango de los 20-25 mm de diámetro de testa. En enero y febrero de 1999 se observa una distribución marcadamente unimodal.

La distribución de frecuencias de tallas poblacionales en Punta Arenas (Figura 3) presenta una mayor asimetría con una moda en las tallas pequeñas y una moda en las tallas mayores (115-120 mm) además de la moda principal. La distribución de las frecuencias de

tallas difieren de las anteriores localidades, probablemente como un reflejo de la incorporación reciente a las pesquerías con representación de individuos de mayor tamaño.

En la localidad de El Quisco en la V Región (Figura 4) se observan claramente al menos 4 componentes modales en agosto de 1998 y enero, abril y junio de 1999. Septiembre y noviembre se apartan de la tendencia, debido a probables problemas de muestreo. Dado que en El Quisco el área de trabajo es un Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos no es extraño que se hallan encontrado animales de gran tamaño. Los erizos menores de 20 mm se encuentran segregados en el espacio en el submareal somero en microhabitats de pozones con fondo de conchilla, por lo que este segmento de la población no está representado en nuestros datos. Considerando al segmento de los erizos pequeños, a través del análisis grueso de las distribuciones de tallas poblacionales, es posible reconocer una estructura etaria de 6 componentes.

En las Figuras 5-8 se presentan los gráficos obtenidos del análisis de progresión modal realizado mediante MULTIFAN. A pesar de que las figuras 1 a 4 muestran claramente la existencia de un máximo de 6 modas y en algunos casos sólo se revela una estructura unimodal, a través del MULTIFAN se detectan 9 o más modas. Es probable que estas modas sean más un constructo del método que una representación real de las estructuras de tallas de los muestreos poblacionales. Resulta conveniente señalar que de acuerdo a Sparre y Venema (1995) el análisis de progresión modal es especialmente útil para especies de vida corta como es el caso del camarón *Penaeus semisulcatus*, este recurso tiene una vida máxima de uno a dos años y presenta dos cohortes por año. En este sentido *Loxechinus albus* no puede ser considerado una especie de vida corta. El análisis de progresión modal en *L. albus* se ve dificultado debido a la presencia de un gran número de cohortes en los muestreos poblacionales y a que la dispersión de las distribuciones de tamaño para cada clase de edad suponen gran superposición de las cohortes.



(continuación Figura 1 en la siguiente página)

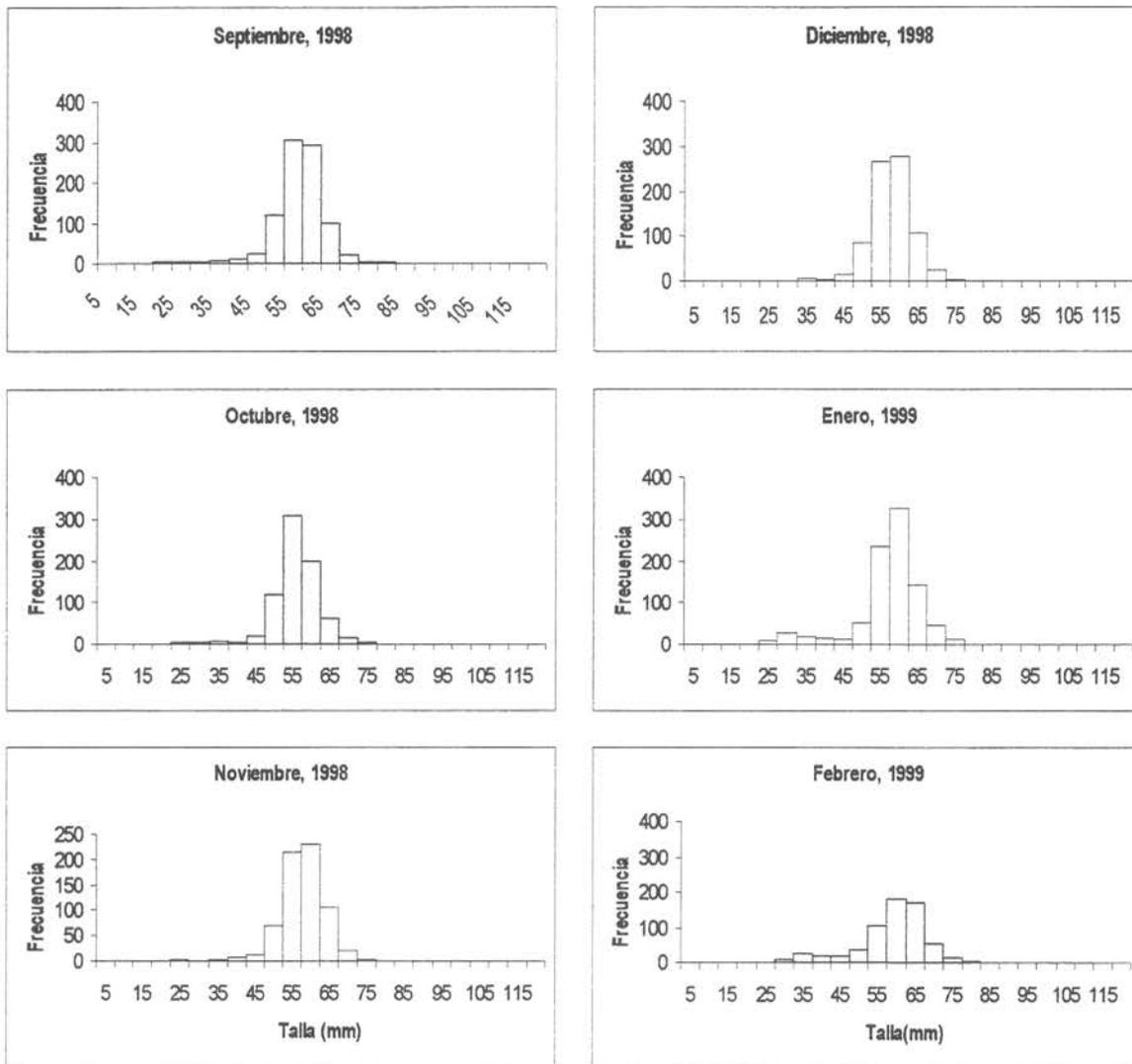
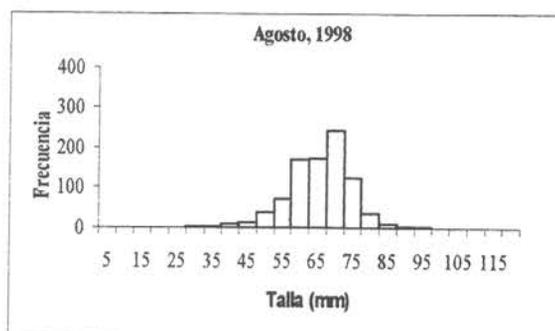
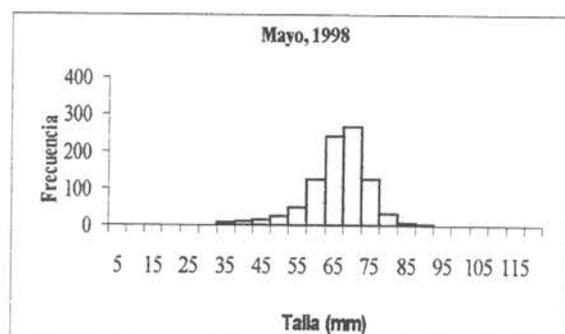
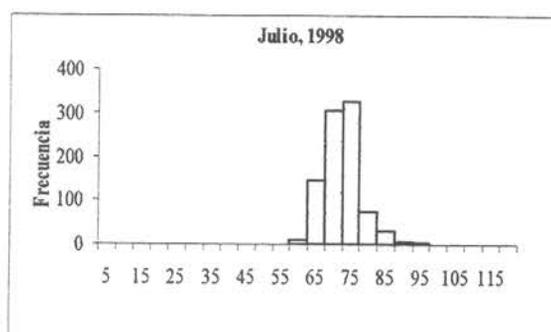
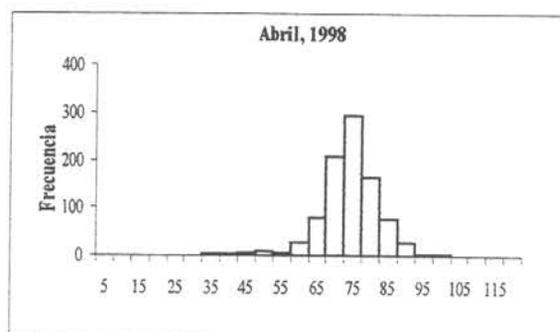
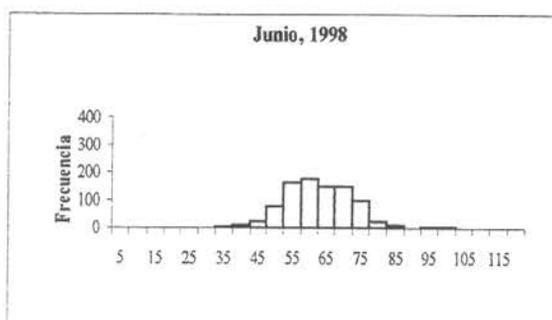
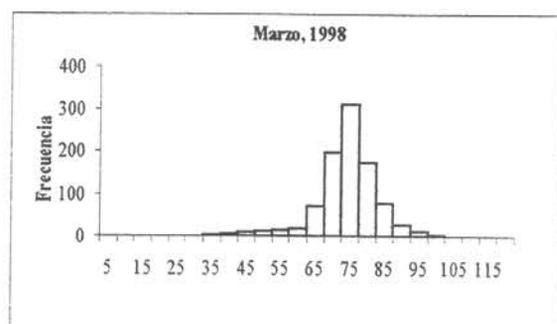


Figura 1: Distribución de frecuencias de tallas poblacionales mensuales de *Loxechinus albus* de la localidad de Hueihue (X Región).



(continuación Figura 2 en la siguiente página)

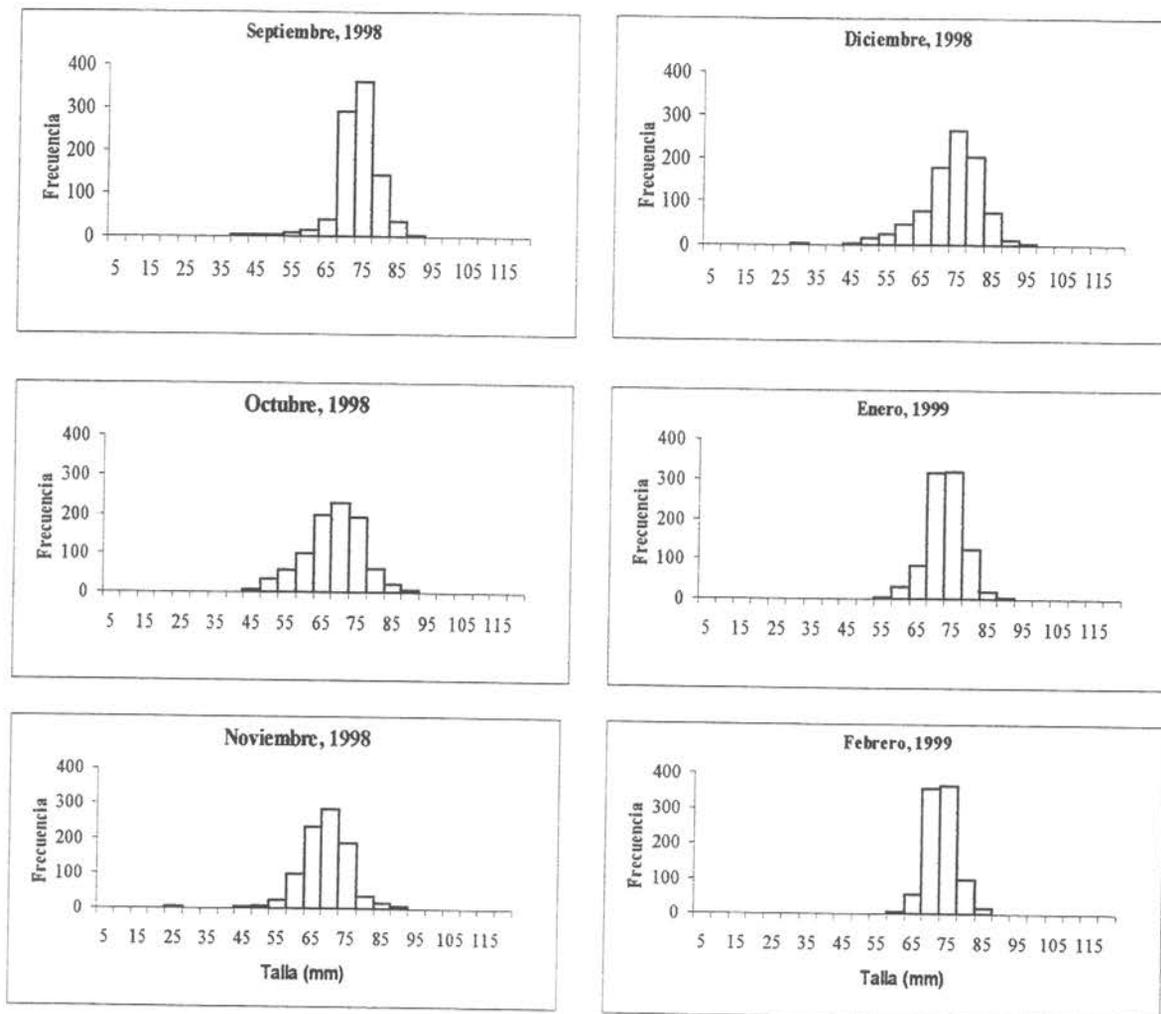


Figura 2: Distribución de frecuencias de tallas poblacionales mensuales de *Loxechinus albus* de la localidad de Melinka (XI Región).

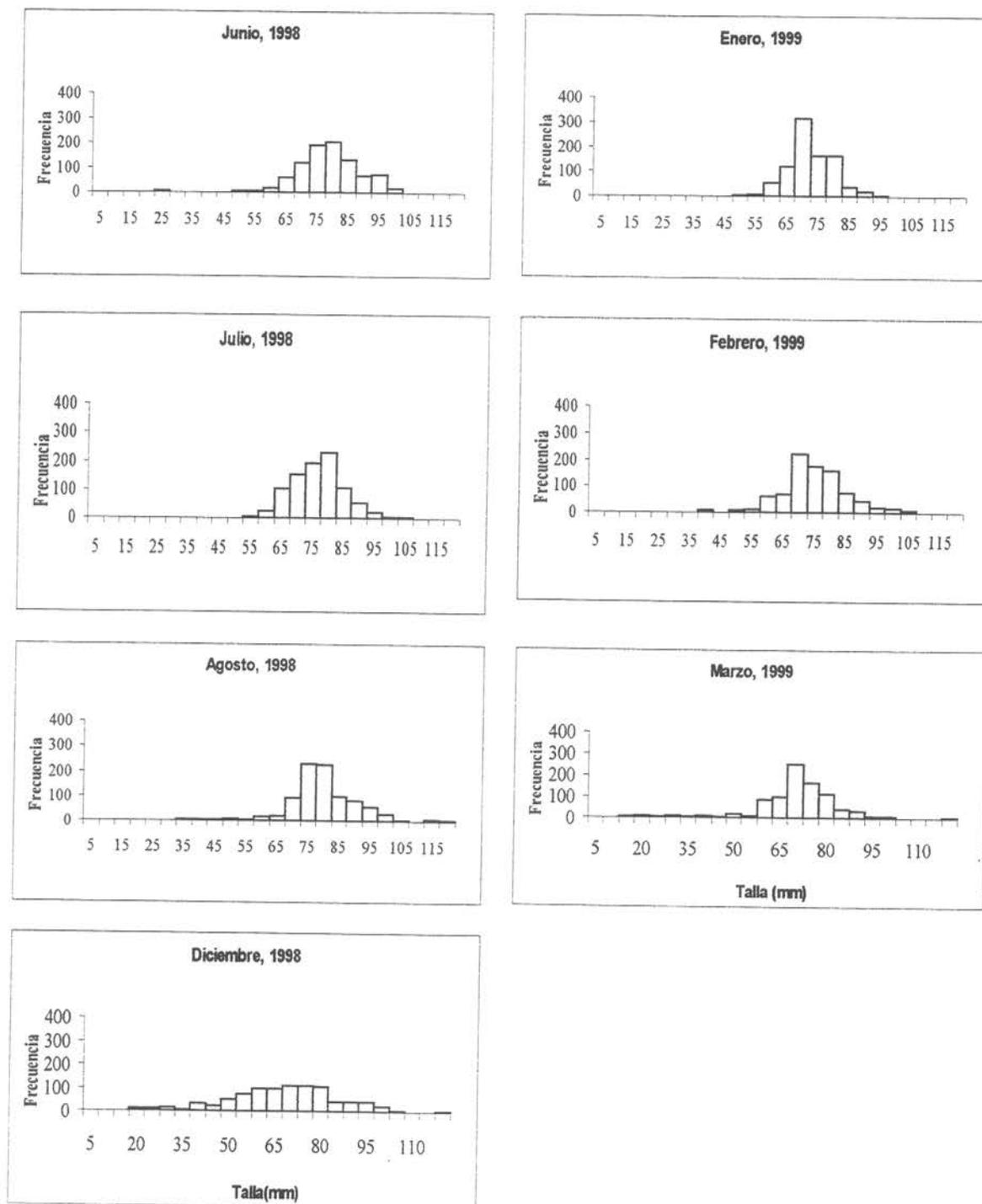


Figura 3: Distribución de frecuencias de tallas poblacionales mensuales de *Loxechinus albus* de la localidad de Punta Arenas (XII Región).

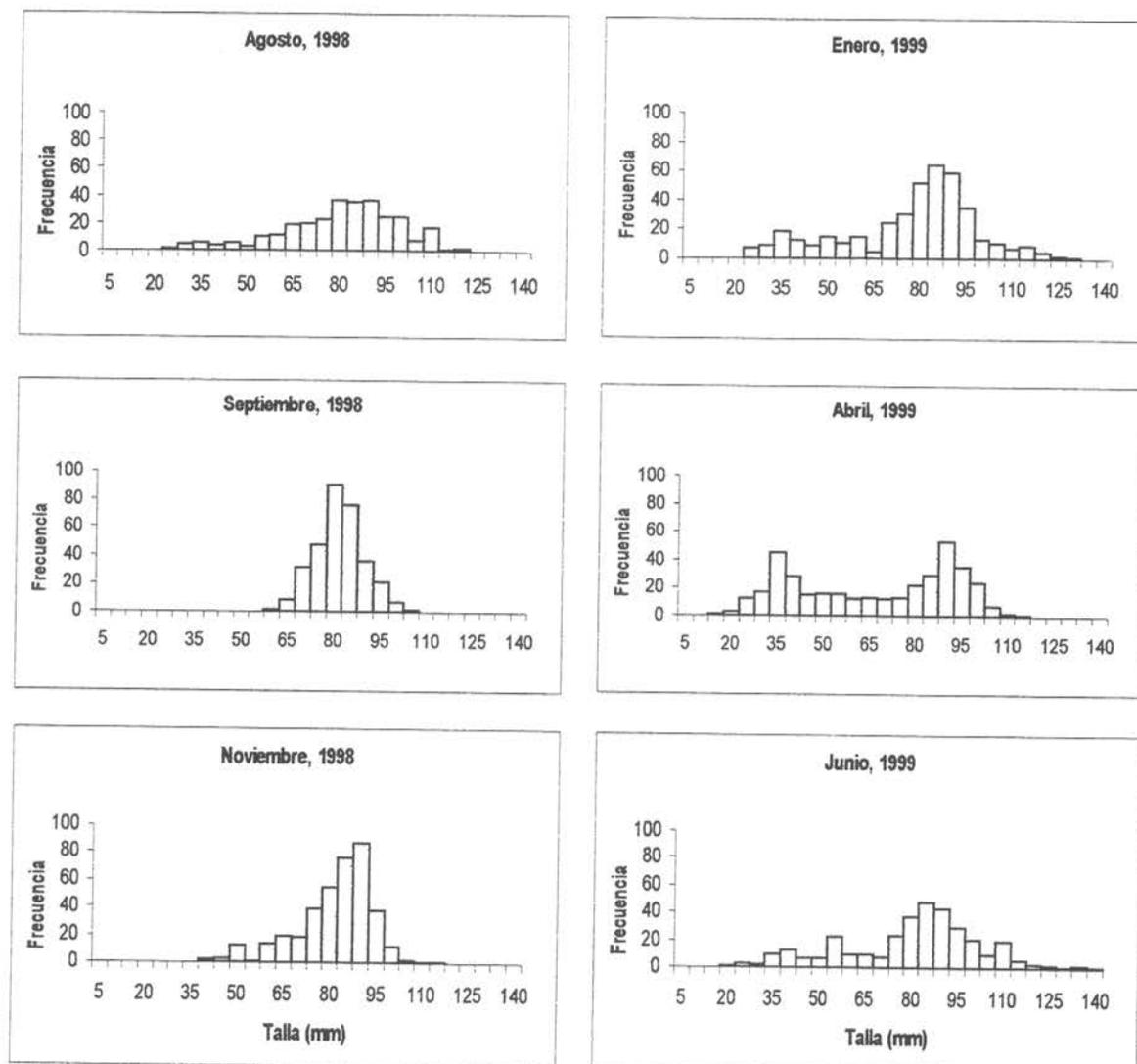


Figura 4: Distribución de frecuencias de tallas poblacionales mensuales de *Loxechinus albus* de la localidad de El Quisco (V Región).

Tabla 1. Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas poblacionales de *Loxechinus albus* de Hueihue (X Región), 1998-1999.

Mes	Diámetro de la testa (mm)			Desviación Estándar	Tam. Muestra (núm)
	Mínimo	Promedio	Máximo		
Febrero	15,00	62,19	103,00	10,63	1030
Marzo	14,00	57,52	91,00	11,00	790
Abril	30,00	65,05	87,00	7,49	940
Mayo	18,00	57,25	82,00	7,97	837
Junio	13,00	53,73	79,00	8,63	964
Agosto	13,00	52,78	79,00	8,60	658
Septiembre	13,00	54,24	79,00	7,49	940
Octubre	17,00	53,68	74,00	7,24	780
Noviembre	21,00	55,37	71,00	6,90	711
Diciembre	25,00	55,45	76,00	6,37	829
Enero	20,00	55,19	75,00	8,95	900
Febrero	27,00	56,84	78,00	9,24	637
Total		56,61		8,37	10.016

Tabla 2. Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas poblacionales de *Loxechinus albus* de Melinka (XI Región), 1998-1999.

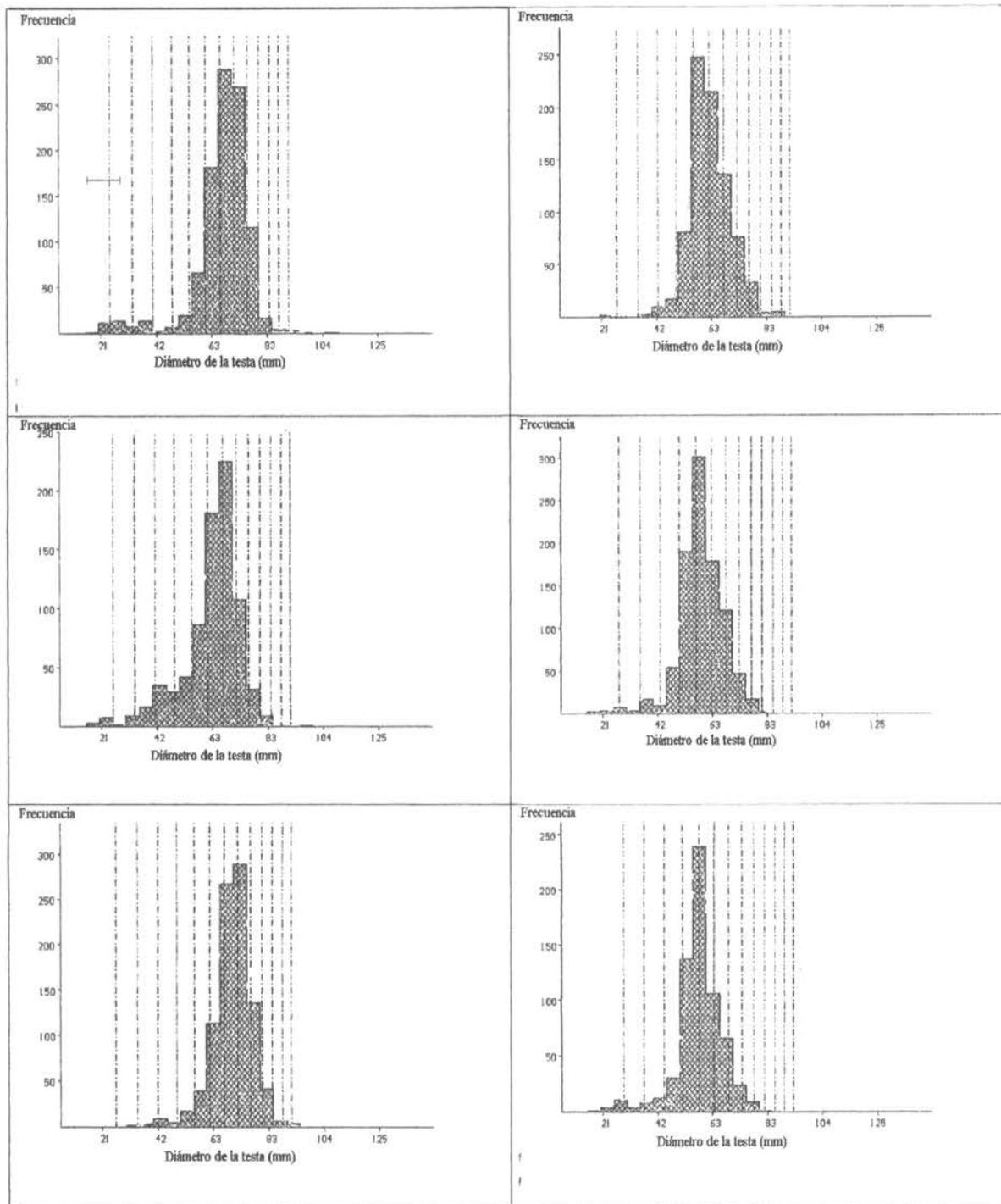
Mes	Diámetro de la testa (mm)			Desviación Estándar	Tam. Muestra (núm)
	Mínimo	Promedio	Máximo		
Marzo	31,00	72,67	108,00	8,65	930
Abril	33,00	72,08	98,00	8,04	934
Mayo	25,00	64,47	108,00	8,74	939
Junio	33,00	61,69	108,00	10,00	940
Julio	43,00	70,77	94,00	5,26	940
Agosto	28,00	63,98	114,00	9,42	940
Septiembre	30,00	71,66	91,00	6,16	940
Octubre	34,00	66,34	93,00	8,30	940
Noviembre	15,00	66,87	91,00	7,00	940
Diciembre	29,00	71,28	94,00	8,69	940
Enero	30,00	70,82	96,00	5,43	900
Febrero	59,00	71,11	90,00	4,01	900
Total		63,36		6,9	11.183

Tabla 3. Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas poblacionales de *Loxechinus albus* de Punta Arenas (XII Región), 1998-1999.

Mes	Diámetro de la testa (mm)			Desviación Estándar	Tam. Muestra (núm)
	Mínimo	Promedio	Máximo		
Junio	21,00	76,82	120,00	10,06	940
Julio	11,00	74,65	105,00	8,81	940
Agosto	28,00	77,56	121,00	10,80	940
Diciembre	10,00	66,16	128,00	16,90	940
Enero	38,00	70,53	110,00	7,38	900
Febrero	13,00	72,62	106,00	10,94	899
Marzo	10,00	68,31	130,00	14,13	900
Total		72,38		11,29	6.459

Tabla 4. Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas poblacionales de *Loxechinus albus* de El Quisco (V Región), 1998-1999.

Mes	Diámetro de la testa (mm)			Desviación Estándar	Tam. Muestra (núm)
	Mínimo	Promedio	Máximo		
Agosto	24,20	78,05	119,00	18,89	298
Septiembre	59,00	79,71	105,00	8,06	323
Noviembre	37,00	79,63	112,00	12,31	383
Enero	21,00	75,98	120,00	21,56	747
Abril	15,00	64,95	111,00	25,70	376
Junio	16,00	78,46	137,00	22,24	341
Total		76,10		18,13	2.468



(continuación Figura 5 en la siguiente página)

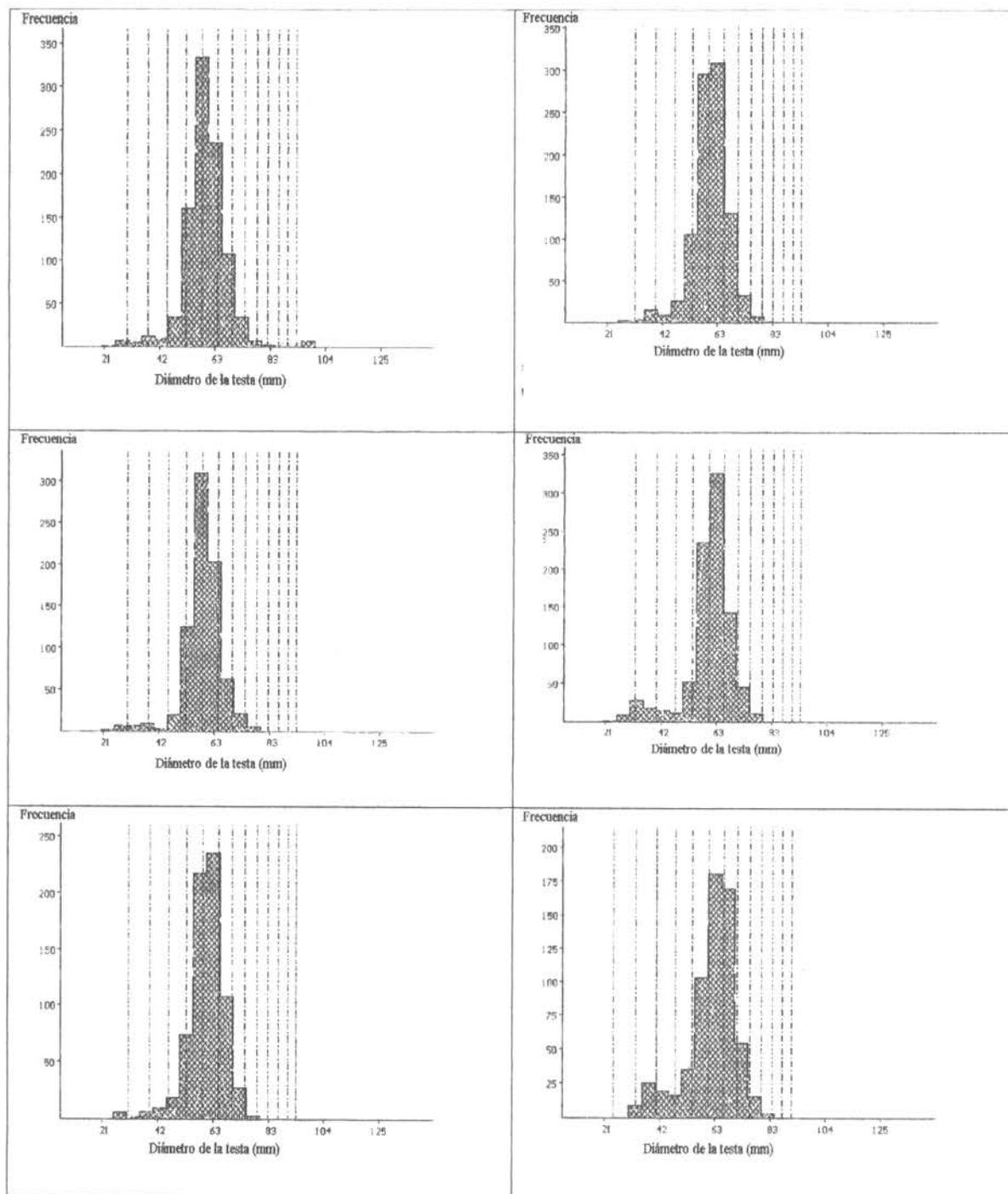
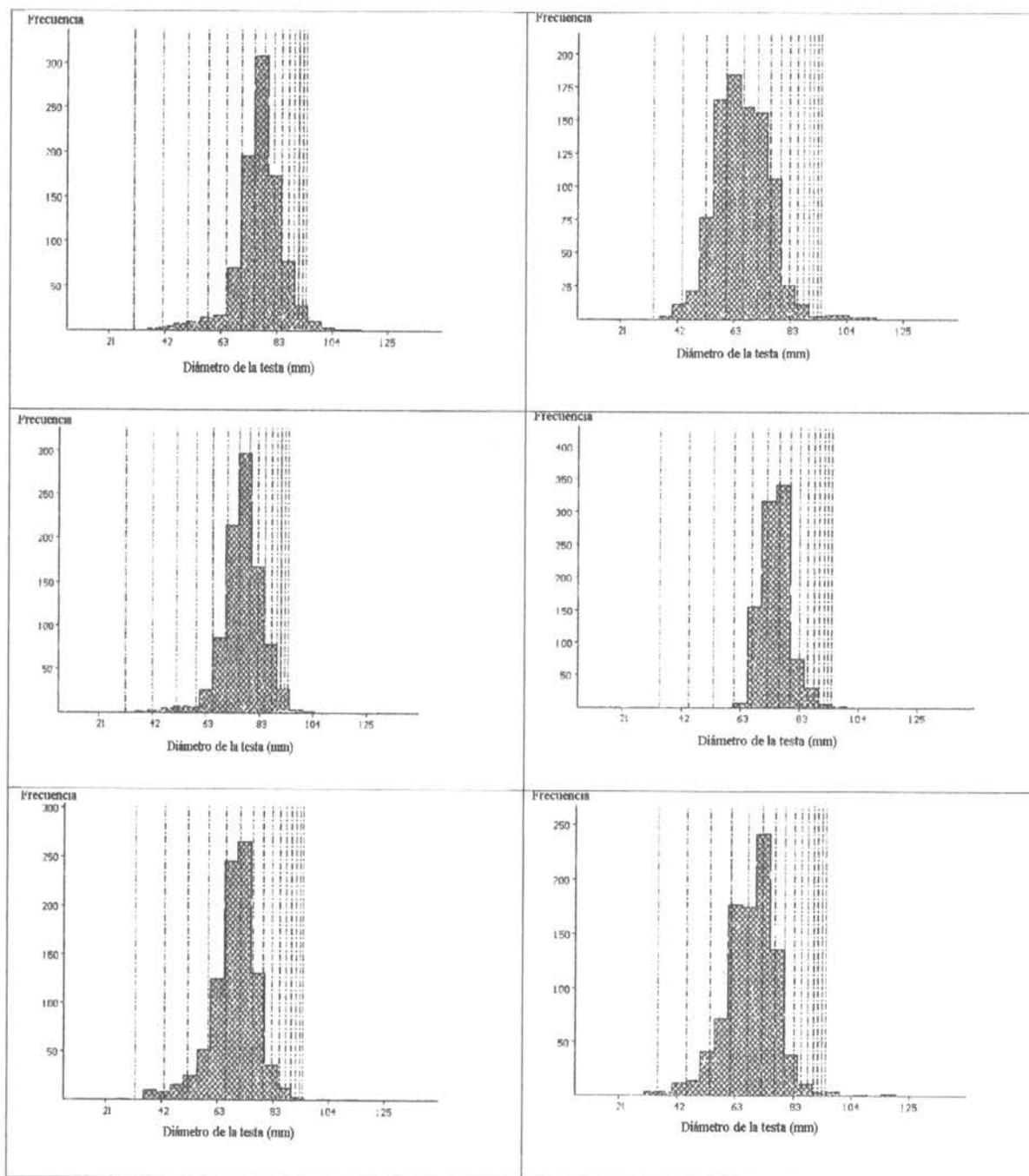


Figura 5 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en Hueihue (X Región), entre febrero de 1998 y febrero de 1999. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimadas y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.



(continuación Figura 6 en la siguiente página)

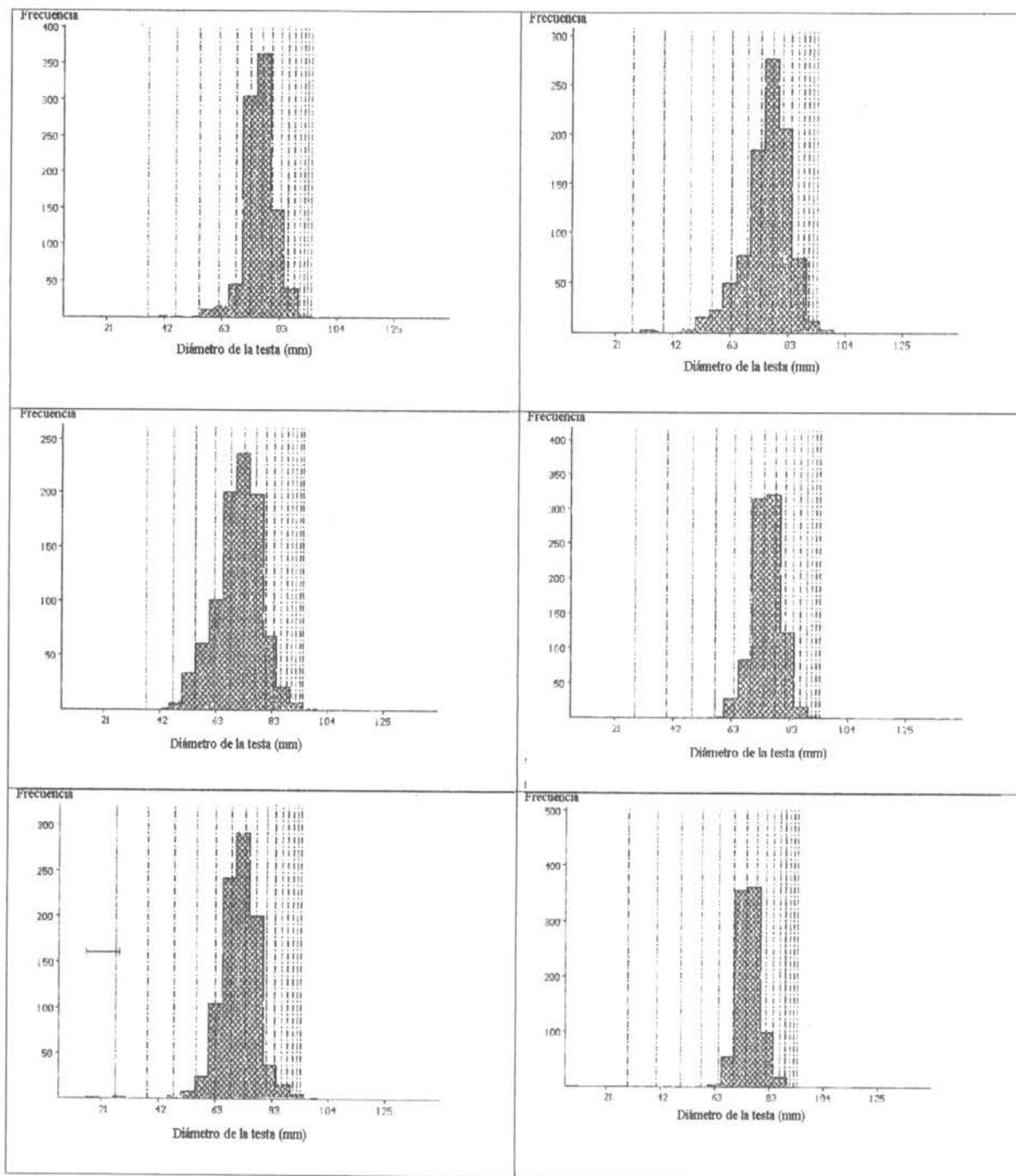
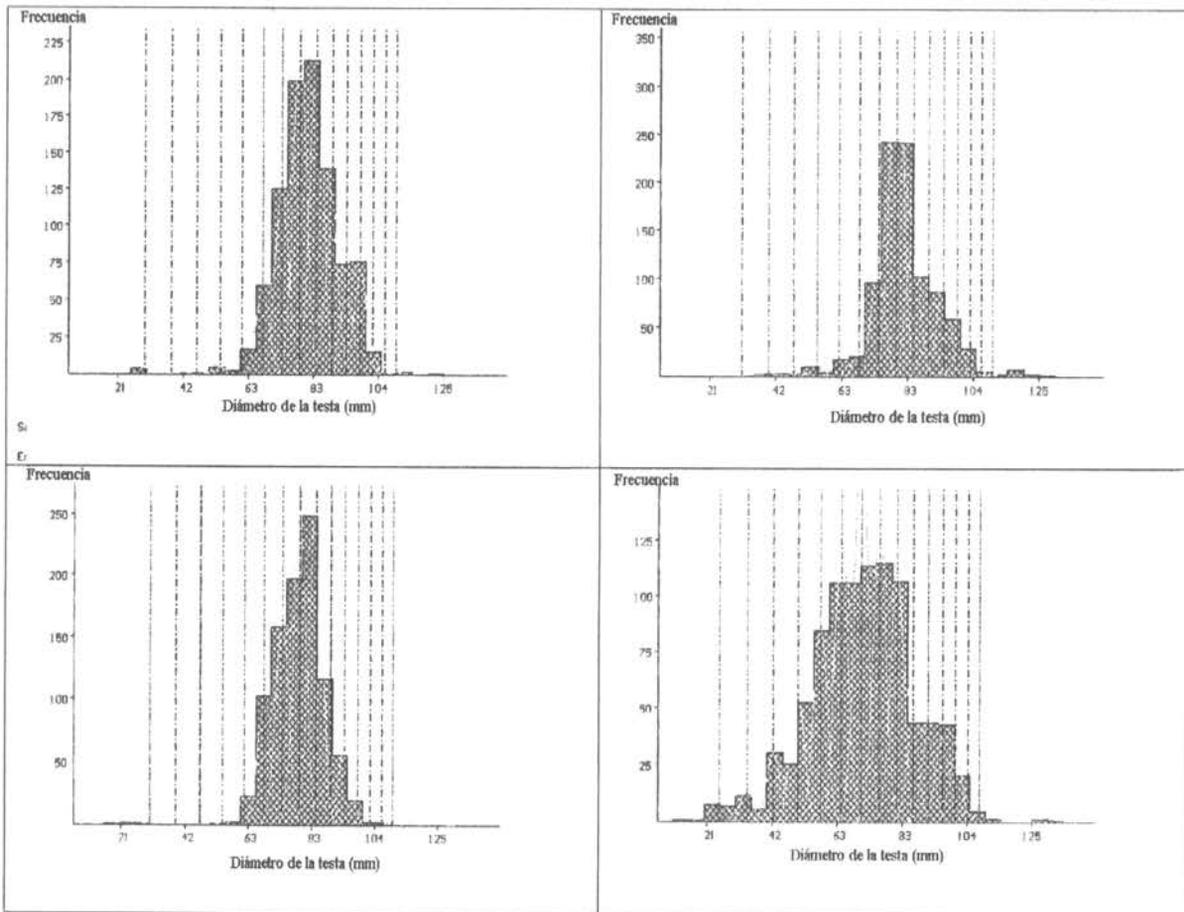


Figura 6 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en Melinka (XI Región), entre marzo de 1998 y febrero de 1999. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimadas y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.



(continuación Figura 7 en la siguiente página)

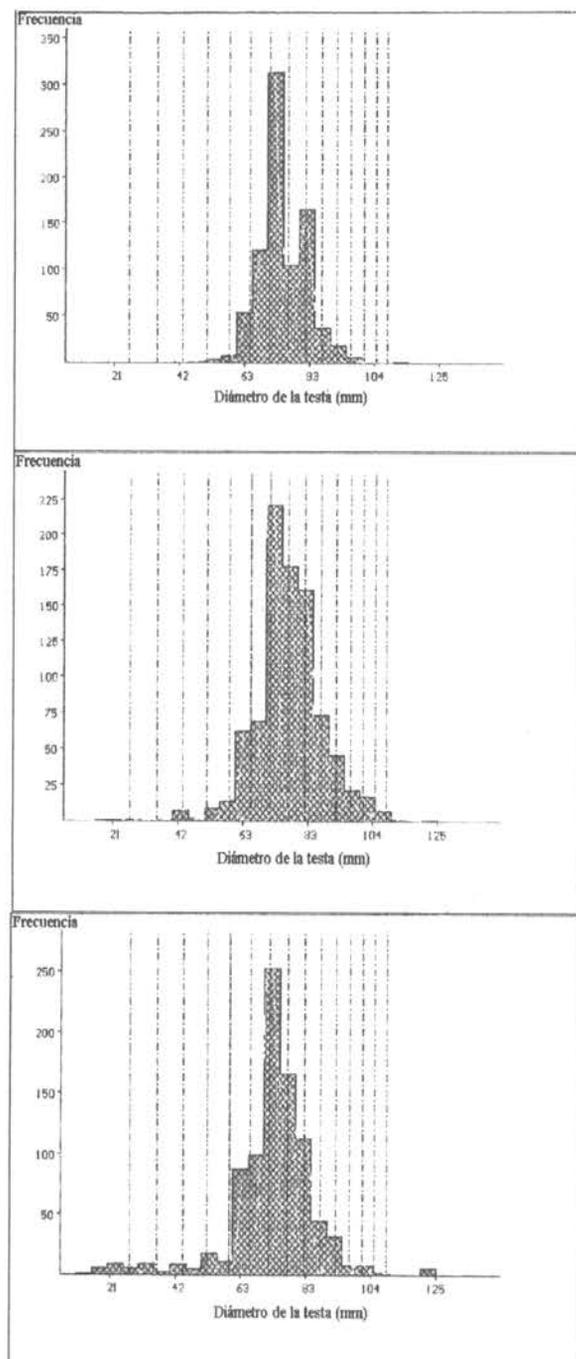


Figura 7 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en Punta Arenas (XII Región), para los meses de junio, julio, agosto y diciembre de 1998 y enero a marzo de 1999. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimadas y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.

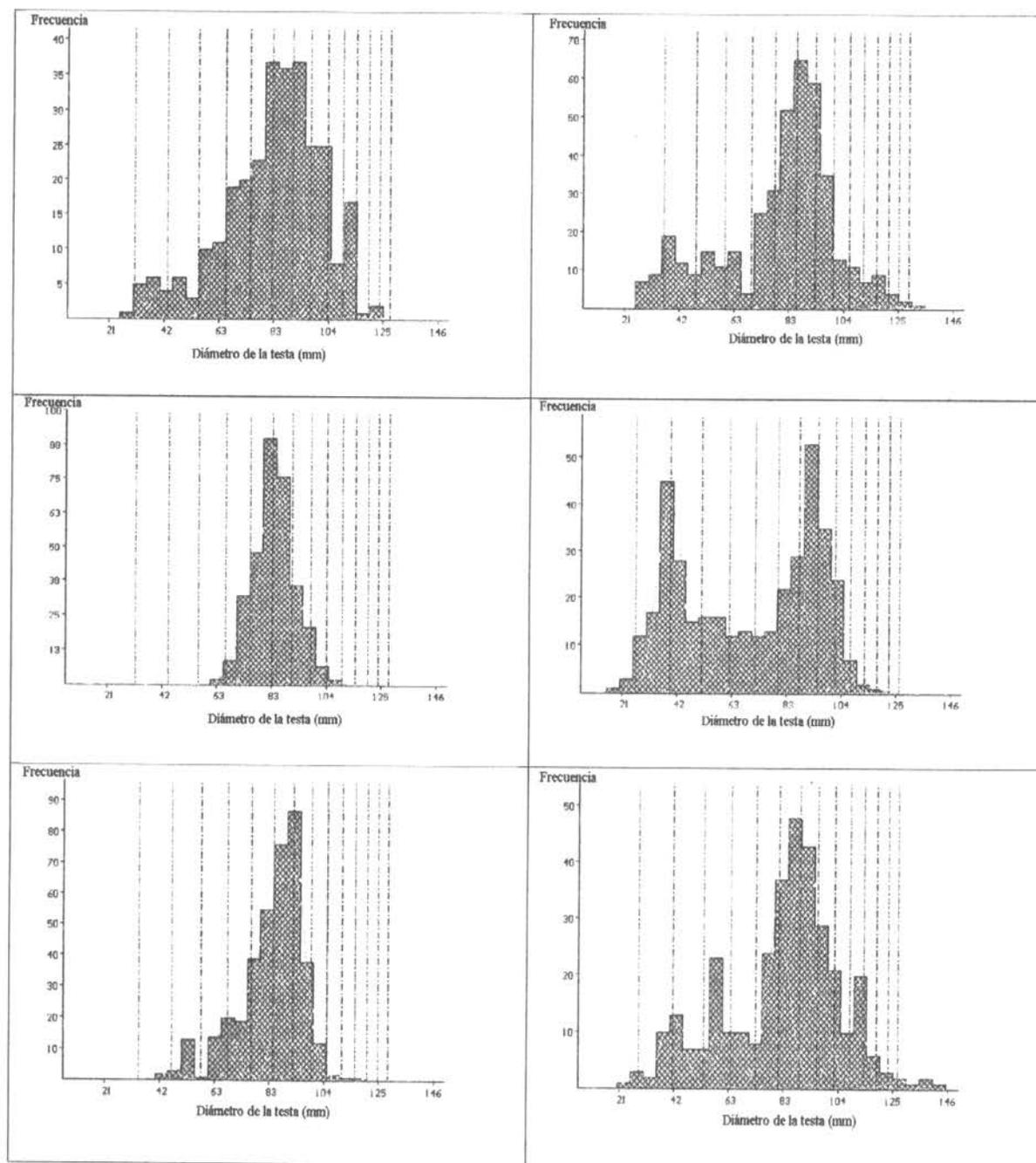


Figura 8 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en El Quisco (V Región), para los meses de agosto, septiembre, noviembre de 1998 y enero, abril y junio de 1999. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimadas y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.

Los resultados obtenidos al aplicar la metodología de la Progresión Modal utilizando el programa MULTIFAN (Otter Research, 1991) a los datos de los muestreos poblacionales mensuales se presentan en la Tabla 5

Tabla 5 Parámetros estimados desde el mejor ajuste sobre todos los efectuados, para los datos de la X, XI, XII y V Región.

PARAMETRO	Región			
	X	XI	XII	V
Función de log-verosimilitud	5344,78	5815,97	3023,09	2456,15
Parámetros estimados	148	172	102	82
Clases de edad significativas	13	15	15	14
L_{∞}	132,8	133,6	161,1	164,5
K (1/año)	0,080	0,080	0,067	0,099
ϕ'	3,1494	3,1547	3,2406	3,3865
d.e.	2,094	2,106	2,041	4,659

Los valores de K fluctuaron entre 0,067 y 0,099 (1/año) y los de L_{∞} entre 132,8 y 164,5 (mm). Puede observarse, además, que los parámetros calculados para la X y XI Regiones presentan una alta similaridad. Probablemente el valor de $L_{\infty} = 161,1$ para la XII Región, superior a los valores de la X y XI Regiones se deba solamente a la existencia de individuos de mayor tamaño en los muestreos poblacionales de la Región más austral. Asimismo, el valor de la d.e. = 4,659 correspondiente a la V Región y muy superior a los otros valores está relacionado con la falta de muestreos mensuales para el período de estudio.

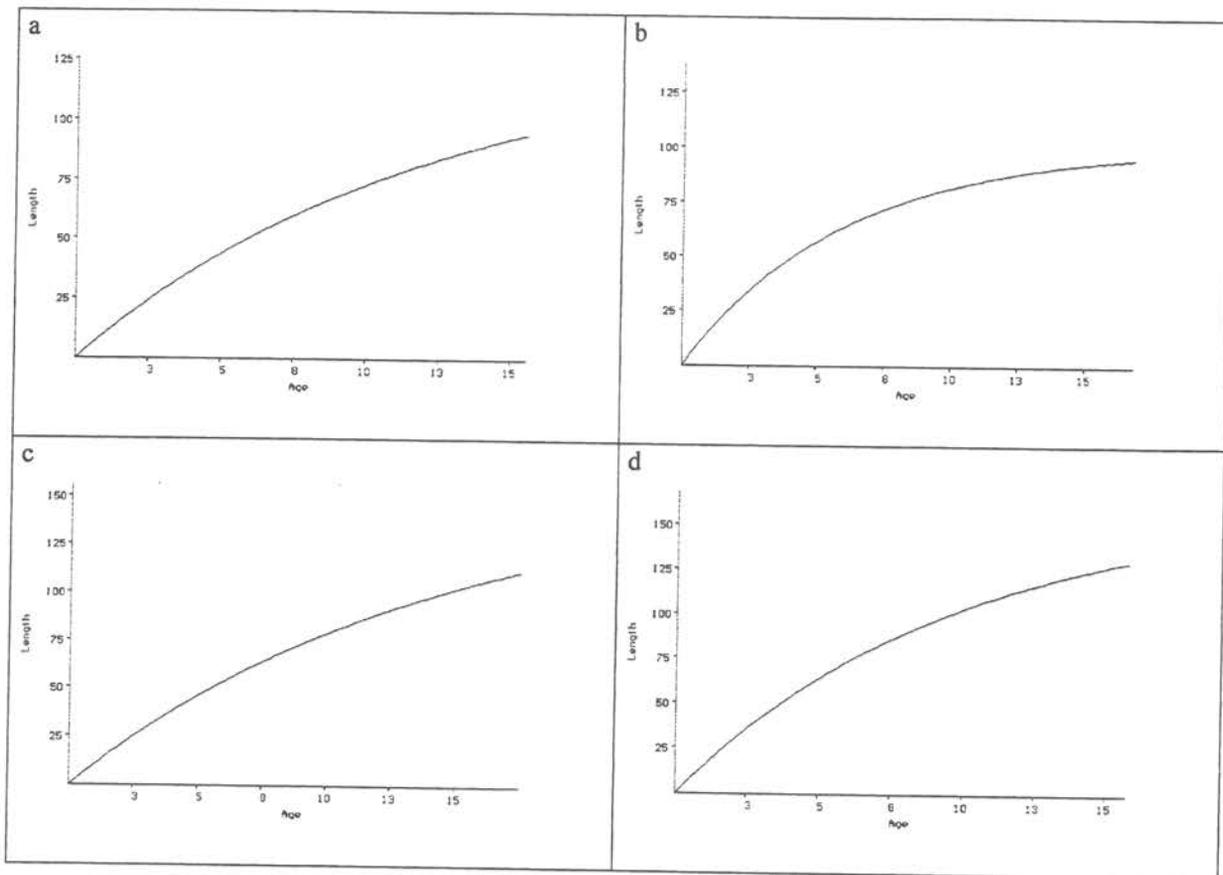


Figura 9 Representación gráfica de los modelos de crecimiento de *Loxechinus albus* para la X Región (a), XI Región (b), XII Región (c) y V Región (d).

4.2 DETERMINACION DE EDAD POR MARCAJE Y RECAPTURA

Con el objeto de validar los incrementos mensuales, estacionales y/o anuales de crecimiento al término de los experimentos de marcaje y recaptura los individuos marcados se sacrifican para leer los anillos de crecimiento de la placa genital. De esta forma es posible utilizar la metodología de Fraser-Lee (Carlander, 1981) y Ricker (1992).

4.2.1 Experimentos de pruebas de marcas

Durante el primer mes del proyecto se efectuaron experimentos de marcaje en *L. albus* utilizando dos tipos de marcas en ejemplares de diferentes tamaños. Las marcas utilizadas fueron un monofilamento de nylon con etiqueta numerada y una banda elástica con etiqueta numerada. En ambos casos la marca se ajustó al plano ecuatorial del erizo. Esta actividad que se realizó en la Sala de Acuarios del Instituto de Oceanología, tuvo una duración de 3 semanas y permitió seleccionar el método de la banda elástica como el método más adecuado, ya que la banda elástica es flexible, se ajusta al incremento de diámetro del individuo y en el período analizado no hubo pérdida de marcas y todos los ejemplares sobrevivieron al experimento. El monofilamento en algunos casos se soltó, lo que implicó una pérdida de la identificación del organismo. La banda elástica fue utilizada en los experimentos de marcaje y recaptura efectuados en la X Región.

En octubre de 1998 se decidió montar un segundo experimento de prueba de marcas con el objeto de (a) determinar el efecto de dos tipos de marcas sobre la mortalidad de los erizos, (b) la pérdida de marcas y (c) evaluar el crecimiento de los erizos. Este experimento se realizó en la Concesión de Acuicultura del Sr. Ricardo Troncoso la que se encuentra ubicada en la bahía de Hueihue. Dicho experimento se inició el 31 de octubre de 1998 y finalizó el 17 de enero de 1999. Los dos tipos de marcas utilizados fueron marcas plásticas sujetas con un

elástico y marcas ancladas tipo “T Bar” empleadas para fijar etiquetas en la ropa (Figura 10). Las marcas plásticas sujetas a través del elástico fueron utilizadas en el experimento de marcaje y recaptura que se describe a continuación. Para la fijación de las marcas “T Bar” se realizó una pequeña perforación, de 2 mm de diámetro, en la testa y se introdujo la marca con una pistola (Jetline). Con el objeto de que la marca quede fija y la parte interna no se introduzca en el celoma se le puso una gota de pegamento epóxico (La Gotita) en la base.

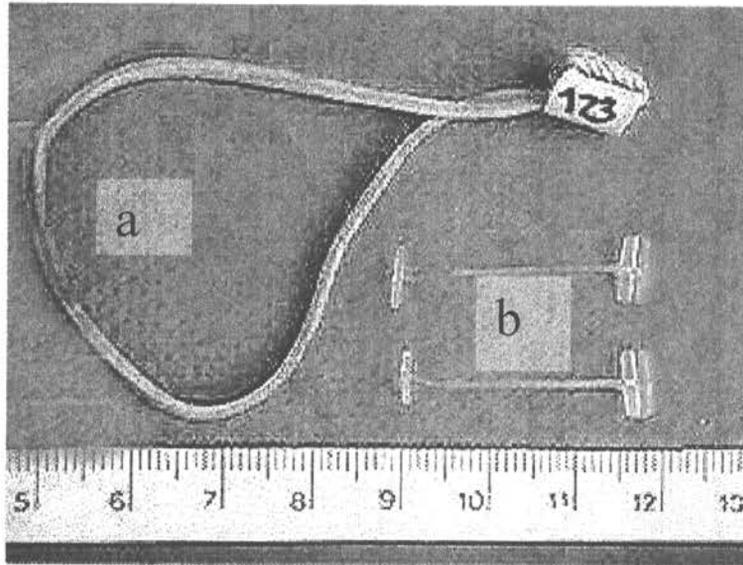


Figura 10 Marcas utilizadas en los experimentos de marcaje y recaptura de febrero de 1998 (a) y octubre (a) y (b); a: banda elástica con clave numérica, b: T-Bar.

Estos dos tipos de marcas se probaron en erizos de tres grupos de tallas:

- Erizos grandes, > de 60 mm
- Erizos medianos, entre 50 - 60 mm
- Erizos pequeños, < de 50 mm

El diseño experimental constó de tres tratamientos (marca plástica con elástico T1, marca “T Bar” T2 y control sin marca T3). Los tratamientos por grupos de tallas se replicaron 3 veces y se asignaron al azar a las linternas destinadas para el experimento. Las tres linternas utilizadas en el experimento se ubicaron contiguas en una línea de cultivo.

Cada unidad experimental estuvo formada por un grupo de 5 erizos los que se alimentaron *ad libitum* con macroalgas del género *Ulva* y *Macrocystis*. El alimento se repuso cada 15 días. Los ejemplares se midieron al inicio y al final del experimento y se evaluó la pérdida de marcas y la sobrevivencia de los erizos en cada unidad experimental.

En este experimento se evaluaron en forma conjunta la mortalidad y la pérdida de marcas, ya que se busca una metodología de marcaje que presente una baja mortalidad y una baja tasa de pérdida lo que se analiza en 3 grupos de tallas de erizo.

En la Tabla 6 se muestran los resultados del Análisis de Varianza de dos vías ANOVA para el siguiente modelo:

Mortalidad Pérdida de Marcas = Grupo de tallas Tratamiento Grupo de Tallas* Tratamiento

Los datos de mortalidad y de pérdida de marcas se transformaron según la siguiente ecuación:

$$X' = \text{sen}^{-1} \sqrt{X}$$

para remover la heterogeneidad de la varianza (Underwood, 1998).

La pérdida de marcas y la mortalidad son significativamente diferentes en los grupos de tallas y en los dos tipos de marcas empleadas en relación al control sin marca. Las diferencias debido a los tratamientos es mayor que aquellas debido a los grupos de tallas.

Tabla 6: Tabla ANOVA para evaluar la mortalidad y el efecto de la pérdida de marcas en los tres grupos de tallas de erizos.

Efecto	Lambda de Wilks	R de Rao	g.l. 1	g.l. 2	P
Grupo de tallas	0,478	3,794	4	34	0,012*
Tratamiento	0,158	12,849	4	34	0,00002*
Grupo* tratamiento	0,306	3,430	8	34	0,005*

* significativo con $p < 0.05$

En la Figura 11 se muestra la mortalidad y la pérdida de marcas por grupo de tallas para los tres tratamientos. Los erizos chicos (< de 50 mm) presentaron una mortalidad moderada en los tres tratamientos. La pérdida de marcas sujetas con elástico fue muy alta. Los erizos medianos (50 – 60 mm) presentaron mayores valores de mortalidad que los chicos. La pérdida de marcas y la mortalidad fueron mas altas en el tratamiento con elástico. En los erizos grandes (> de 60 mm) la mortalidad fue cero en los tres tratamientos, y la mayor pérdida de marcas se produjo en el tratamiento con elástico, siendo esta pérdida menor que en los erizos chicos y medianos. La mortalidad en el tratamiento sin marca en los tres grupos de tallas fue igual a cero.

El tratamiento con T-Bar produjo una mortalidad constante en los 2 grupos de tallas menores de cerca del 12%, la pérdida de marcas también fue baja en todos los grupos de tallas. Las marcas sujetas con elástico tuvieron una alta tasa de pérdida en los ejemplares pequeños (70%) y fue disminuyendo en los medianos y grandes. La mortalidad sin embargo, sólo afectó a los erizos de tamaño intermedio.

En la Figura 12 se muestra el crecimiento del grupo de erizos grandes, medianos y chicos en los tres tratamientos. Los erizos del tratamiento control presentaron la mayor tasa de crecimiento la que en promedio fue de 2.6 mm en 75 días, seguido de los animales marcados con T-Bar (2.1 mm en 75 días). Los animales marcados con marca plástica con elástico crecieron en promedio solo 0.5 mm en el período de duración del experimento.

Los erizos grandes aunque no mueren por efecto del elástico su talla media tiende a disminuir en cambio el tratamiento con T-Bar no afecta el crecimiento. En los erizos medianos los ejemplares marcados con elástico crecieron mas que aquellos marcados con T-Bar. En el caso de los erizos pequeños el grupo marcado con elástico creció a la misma tasa que el grupo control. En este punto si que hay que destacar que tanto los erizos pequeños como los medianos tuvieron una alta tasa de pérdida de las marcas con elástico.

Como se muestra en la Tabla 7 las tallas de los erizos difieren significativamente al inicio y al final del experimento (Tiempo). El crecimiento entre los tratamientos al inicio y al

final del experimento también son significativos (Tratamiento* Tiempo), por lo que es posible afirmar que la marca produce retardo en el crecimiento individual de los erizos en comparación con un control sin marca. Las réplicas no difieren entre ellas, por lo que se puede afirmar que los individuos asignados a cada réplica provienen de una misma población estadística.

Tabla 7 : Análisis de varianza factorial para 3 grupos de tallas de erizos, 3 tratamientos de marcas (T-Bar, elástico y control), 3 réplicas y dos observaciones de diámetro de testa en el tiempo

Efecto	g.l. efecto	MS Efecto	Df Error	MS error	F	P
Grupo (G)	1	4014.01	138	8.06	498.27	0.0000*
Tratamiento (Trat)	2	33.52	138	8.06	4.16	0.017*
Réplica (R)	2	17.83	138	8.06	2.21	0.113
Tiempo (T)	1	116.17	138	8.06	14.42	0.0002*
G*Trat	2	5.60	138	8.06	.69	0.501
G*R	2	51.80	138	8.06	6.43	0.002*
Trat*R	4	9.50	138	8.06	1.17	0.322
G*T	1	2.53	138	8.06	0.31	0.576
Trat*T	2	23.93	138	8.06	2.97	0.050*
R*T	2	2.97	138	8.06	0.37	0.692
G* Trat*R	4	38.51	138	8.06	4.78	0.001
G* Trat*T	2	18.96	138	8.06	2.35	0.098
G*R*T	2	0.56	138	8.06	0.07	0.933
Trat*R*T	4	18.69	138	8.06	2.32	0.059
G* Trat*R*T	4	8.68	138	8.06	1.08	0.369

* significativo con $p < 0.05$

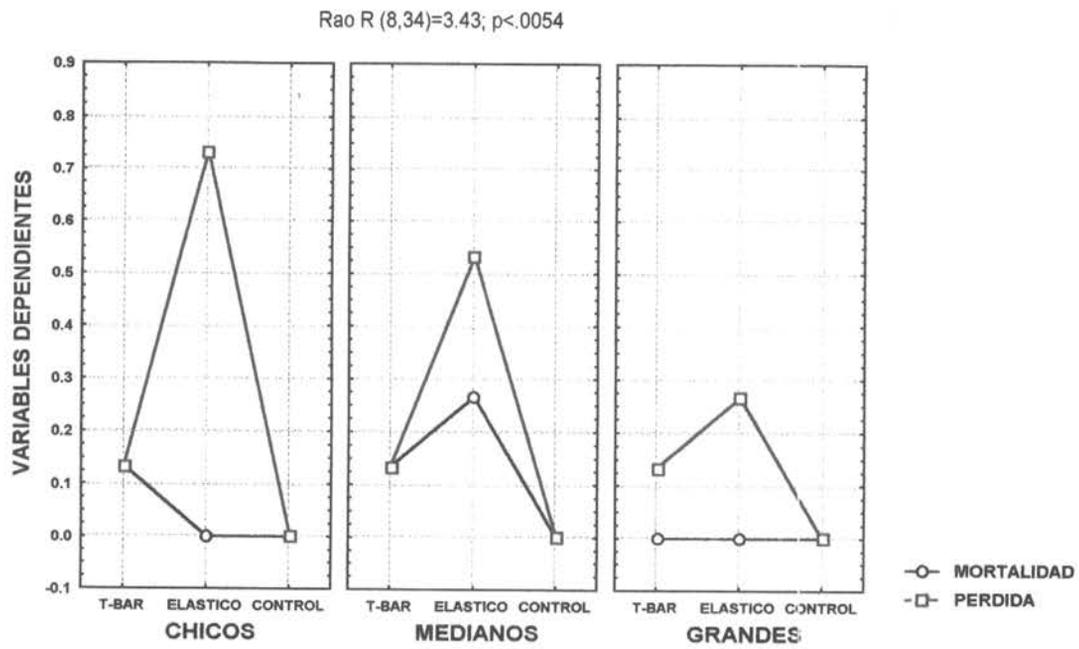


Figura 11 Valores medios de mortalidad y pérdida de marcas para cada uno de los tratamientos y grupos de tamaño de *Loxechinus albus*.

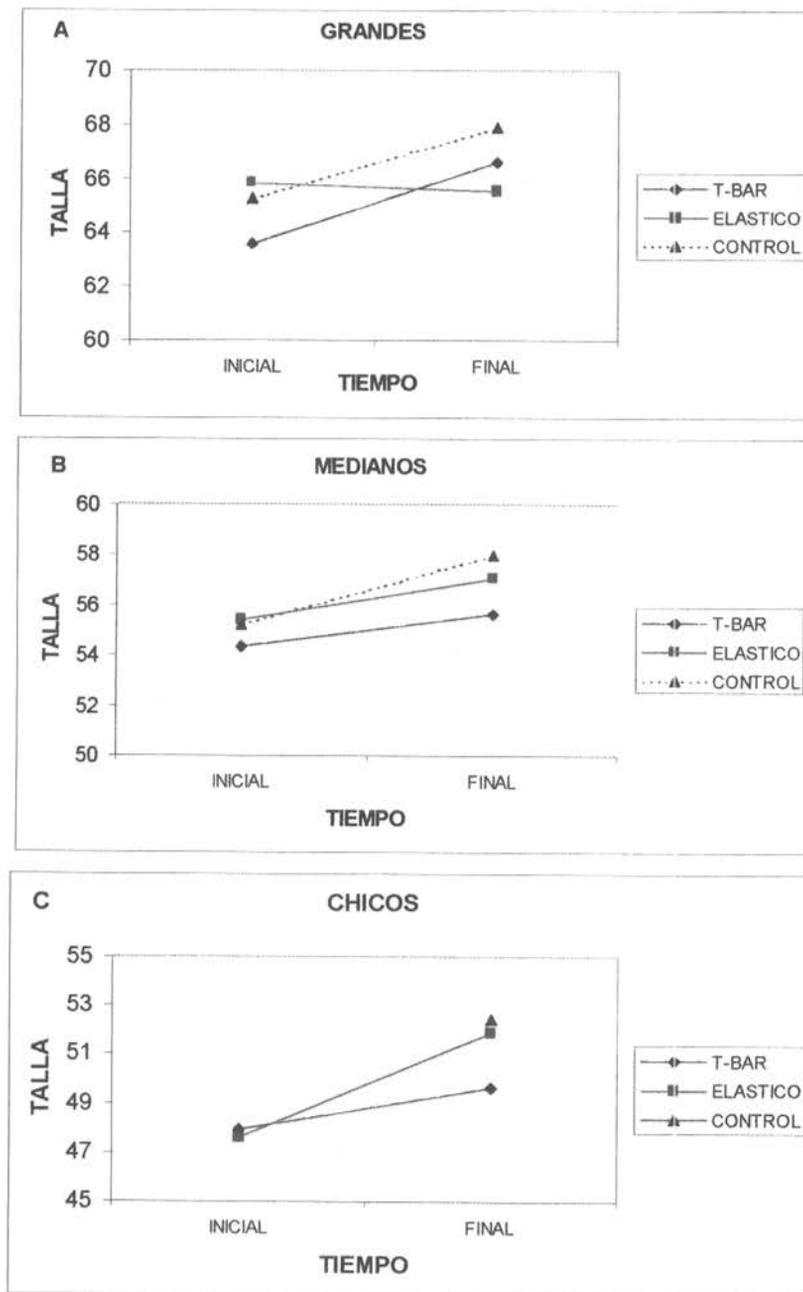


Figura 12: Valor medio de la talla inicial y final (diámetro de testa en mm) de *Loxechinus albus* para cada uno de los tratamientos; (A) erizos grandes, (B) erizos medianos y (C) erizos chicos

Las recomendaciones para realizar experimentos de marcaje y recaptura con *Loxechinus albus* son :

1.- Trabajar en un ambiente con disponibilidad de agua de mar, manipular los animales lo menos posible y depositarlos en posición aboral en los mesones de trabajo a objeto de no dañar los pies ambulacrales.

2.- De las marcas utilizadas, **T-Bar**, **Monofilamento** y **Elástico**, la primera de estas es la que mejor se comportó ya que se obtuvo una baja proporción de pérdida (12%) y produjo una baja mortalidad en los erizos marcados (12%). Sin embargo, hay que tener presente que disminuyó la tasa de crecimiento en los erizos pequeños y medianos.

4.2.2 Experimentos de marcaje y recaptura

Metodología

El experimento de marcaje y recaptura definitivo se realizó en febrero de 1998 en la bahía de Hueihue (X Región), ocasión en la cual se marcaron 1000 ejemplares con una marca plástica fijada a la zona ecuatorial de cada animal mediante un elástico. La marca plástica se confeccionó con un trozo de tubo plástico al cual se le escribió un código numérico con un lápiz de tinta permanente y posteriormente, se recubrió con un pegamento epóxico incoloro (Figura 10). La elección de la marca se basó en el primer experimento de pruebas de marcas realizado en el Instituto de Oceanología en enero de 1998.

El marcaje se realizó el 17 y 18 de febrero de 1998 y el experimento finalizó en diciembre del mismo año, fecha en la cual no se encontraron erizos marcados en el área experimental. Los animales utilizados en este experimento fueron extraídos, mediante buceo semiautónomo, de la bahía de Hueihue y se acopiaron en chinguillos sujetos a una línea de cultivo. Los erizos fueron retirados de la línea en grupos de 100 animales, llevados al laboratorio donde se marcaron, se depositaron rápidamente en chinguillos mantenidos en acuarios con agua de mar y posteriormente se devolvieron a la línea de cultivo. Al finalizar

esta actividad los erizos marcados se dejaron a una profundidad de 4 m en sustrato de bolones y conchilla, en un área del canal Hueihue en la cual no había otros erizos.

En los controles mensuales de recaptura, los buzos recorrieron el área experimental ubicando los erizos marcados y las marcas desprendidas. Los animales marcados se midieron, con un pie de metro, bajo el agua para evitar daños físicos producto de la remoción de los erizos del sustrato.

Resultados

A pesar que existe una literatura extensa sobre métodos de marcaje en erizos (ver revisión en Hagen, 1966; Kalvas y Hendrixs, en prensa) que van desde marcas sobre la testa, uso de colorantes vitales hasta el Passive Integrated Transponder (PIT) que incorpora un microchip que permite la identificación del ejemplar; no se tenían antecedentes de lo observado en terreno con respecto a *L. albus*, esto es, una extrema fragilidad frente a la manipulación o a las marcas. De hecho, cada vez que era necesario remover los erizos para medirlos, éstos sufrían algún grado de pérdida de sus pedicelarios basales, ya que con éstos se adhieren fuertemente al sustrato. El erizo se alimenta al desplazar sobre su cuerpo trozos de algas hacia la zona oral. Estas algas las perciben como una presión sobre el dermoesqueleto. La banda elástica utilizada para marcar los erizos es detectada como un elemento extraño que debe ser removido, tarea hacia la cual orienta energía que pudo ser utilizada en crecimiento.

Al término del primer mes del experimento se hizo evidente que el método de marcaje no era óptimo. Lo anterior debido principalmente a que muchos ejemplares presentaban heridas sobre la testa producidas por el roce del elástico (Figura 13) y a la alta pérdida de marcas. Los erizos tratan de sacarse la banda elástica, que está ceñida a la testa, mediante el movimiento de sus púas y pies ambulacrales. Esta actividad constante se traduce en el rompimiento de las púas; la superficie de la testa por donde el animal va arrastrando la marca queda desprovista de púas y el tejido presenta señales de necrosis. Este organismo debilitado, es presa de parásitos y de depredadores. En la zona de experimentación se

observaron tanto erizos que habían desprendido la marca así como también, bajas cantidades de testas vacías. Frente a este escenario, en el cual la marca causó una evidente perturbación en el crecimiento del animal, se decidió suspender un experimento similar en Punta Arenas (XII Región).

En la Figura 14 a) se muestra la relación talla-peso de los 1000 erizos marcados. El rango de talla utilizado fue de 15 a 91 mm de diámetro máximo de la testa y el de peso, de 2 a 288 g. El ajuste de la relación tuvo un valor de $r= 0.939$. Al analizar los residuales de la regresión, las mayores dispersiones se encontraron a partir de los 100g de peso (Figura 14 b). Estas variaciones pueden estar relacionadas con el proceso de desove en los erizos mayores de 65 mm de diámetro.

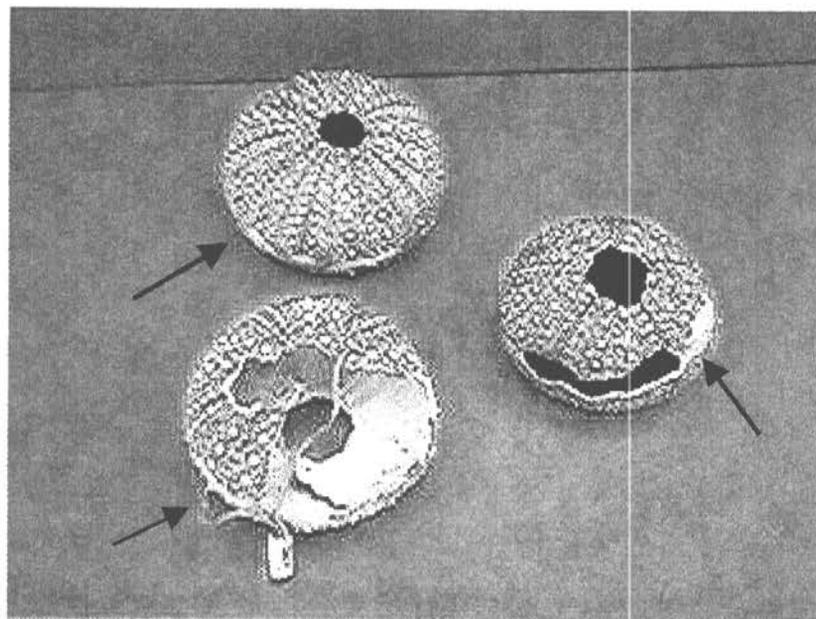


Figura 13 Daños provocados por la marca “elástico” en testas de *Loxechinus albus* recolectadas en bahía Hueihue, correspondientes al experimento de marcaje y recaptura iniciado en febrero de 1998.

En la Figura 15 se muestra el número de erizos recapturados y el porcentaje acumulativo de marcas perdidas entre marzo y diciembre de 1998. Durante mayo se recapturó

alrededor del 10% de los erizos marcados, porcentaje que fue disminuyendo hasta 0 en diciembre. En el primer control, en marzo, se recuperó el 25% de las marcas desprendidas de los erizos y estas se encontraron dispersas en el sustrato. Al final del experimento se recuperó cerca del 50% del total de las marcas liberadas.

Las tallas medias de los erizos tendieron a disminuir entre febrero y septiembre de 1998 (Figura 16). Durante el primer mes se produjo una disminución en la dispersión, y una mortalidad diferenciada de los animales más pequeños (Figura 17). La desaparición de los animales de menor talla generó un leve aumento en el parámetro de posición y un desplazamiento de la estructura hacia la derecha. En abril y mayo, los animales recapturados tendieron a disminuir de talla, hecho que ya se había observado en marzo pero que estaba enmascarado por la mortalidad de los animales más pequeños. En los citados controles las tallas medias disminuyeron y se puede afirmar que los animales decrecieron. En el control de julio se detectó una tasa de crecimiento promedio de 1mm mensual. En septiembre, el análisis se basó en solo 9 animales recapturados, los que en promedio presentaron una talla menor que la registrada en los meses anteriores.

En la Tabla 8 se comparan las tallas de los erizos medidos en febrero de 1998 y recuperados en muestreos posteriores. Las tallas, en febrero, resultaron significativamente diferentes a las tallas de los mismos erizos recapturados durante los controles. Sin embargo, las tallas de los erizos recapturados en marzo, abril, mayo, julio y septiembre no difirieron significativamente entre sí, por lo que, en general, no se detectó, a nivel individual, un crecimiento o decrecimiento. Los erizos recapturados durante marzo no fueron los mismos individuos recapturados en septiembre, por lo que no fue posible comparar entre estos dos meses.

En general, los resultados obtenidos en el experimento de marcaje y recaptura de 1000 ejemplares en la bahía de Hueihue mostraron la extrema fragilidad de *L. albus*. Los datos obtenidos de tasas de crecimiento no se ajustan a la realidad por lo que se desechó su utilización para la validación de los resultados obtenidos con progresión modal y lectura de anillos. Por otra parte, el segundo experimento de prueba de marcas permite sugerir la utilización de la marca "T-Bar" en estudios futuros.

Tabla 8: Valores de la prueba T entre muestras de tallas de erizos marcados en febrero de 1998 y recapturados en marzo, abril, mayo, julio y septiembre de 1998, en la bahía de Hueihue

Meses	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Julio	Septiembre
Febrero	1.000	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.040*
Marzo	0.000*	1.000	0.299	0.319	0.578	-
Abril	0.000*	0.299	1.000	0.279	0.591	0.205
Mayo	0.000*	0.319	0.279	1.000	0.362	0.864
Julio	0.000*	0.578	0.591	0.362	1.000	0.135
Septiembre	0.040*	-	0.205	0.864	0.135	1.000

* diferencias significativas con un nivel de $p < 0.05$

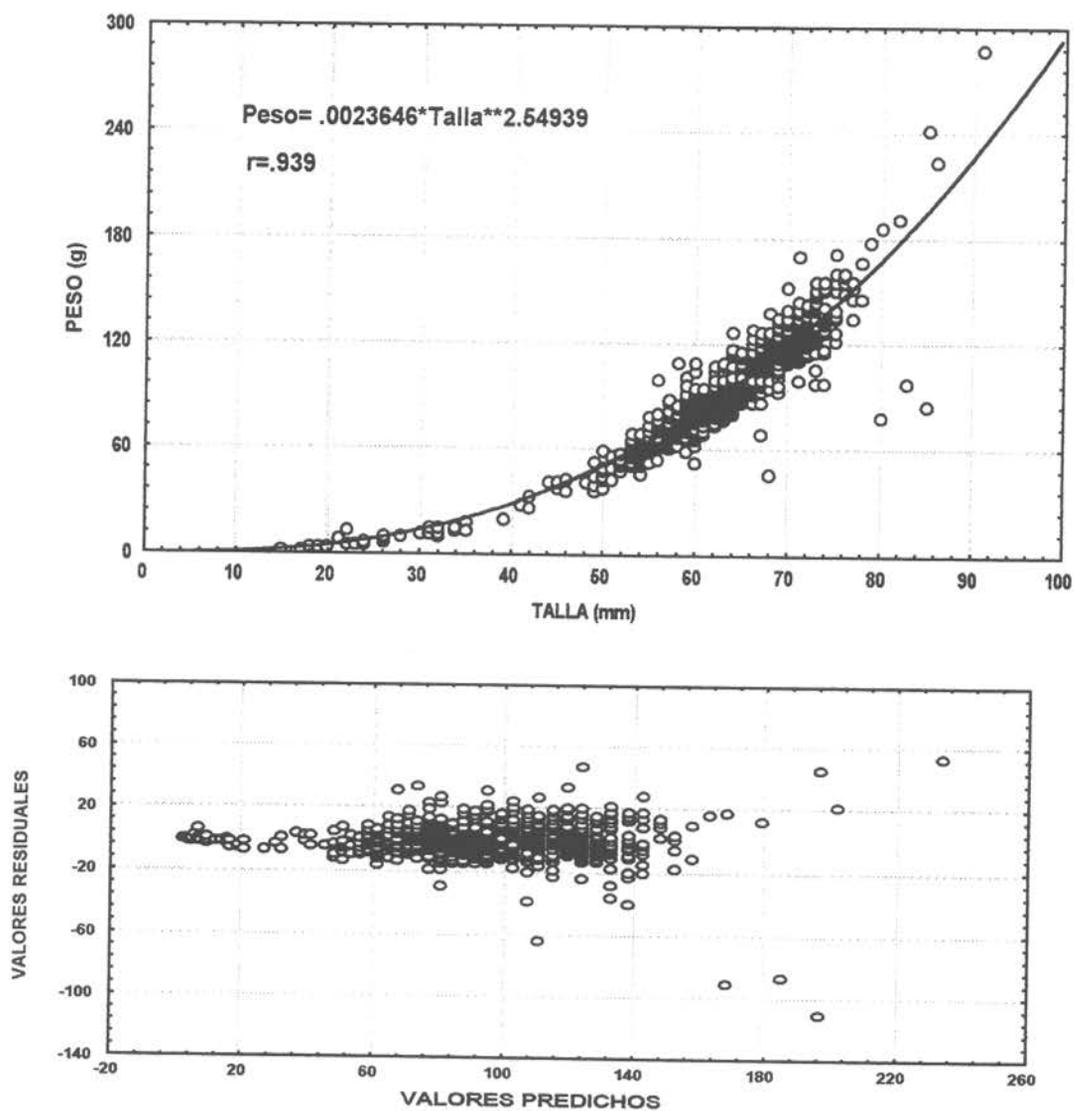


Figura 14: a) Curva talla-peso de los erizos marcados en Hueihue en febrero de 1998
b) Valores predichos *versus* residuales de la regresión talla-peso de los erizos marcados en Hueihue en febrero de 1998

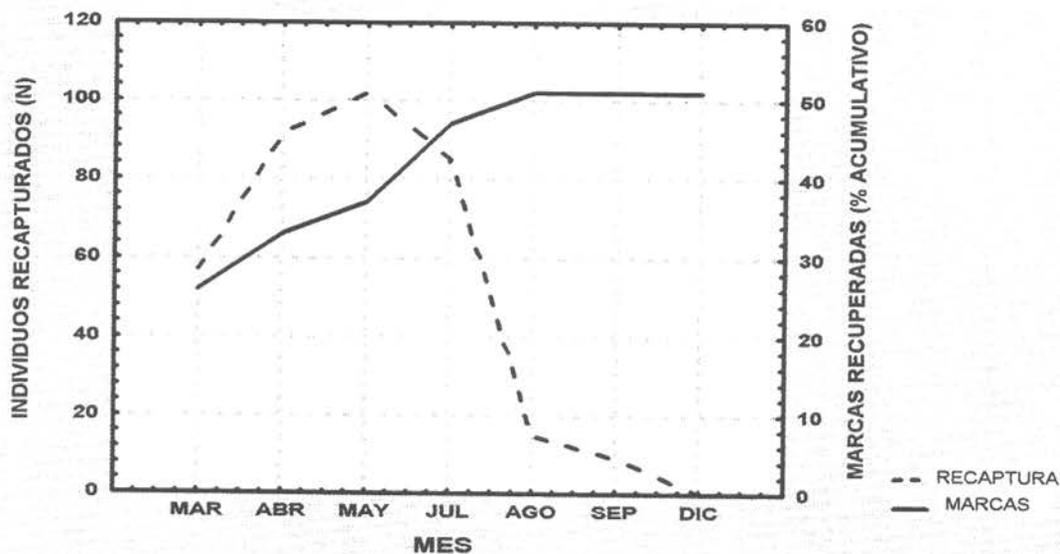


Figura 15: Número de ejemplares de *Loxechinus albus* recapturados y porcentaje acumulativo de marcas recuperadas entre marzo y diciembre de 1998.

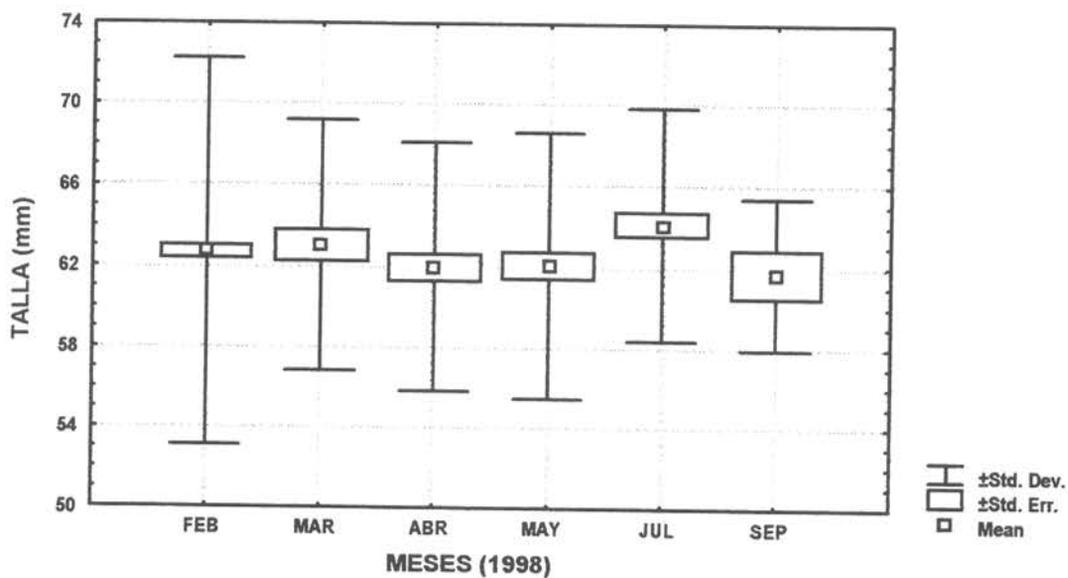


Figura 16: Tallas medias, desviación y error estándar de los ejemplares de *Loxechinus albus* marcados en Hueihue en febrero de 1998 y recapturados entre marzo y septiembre del mismo año

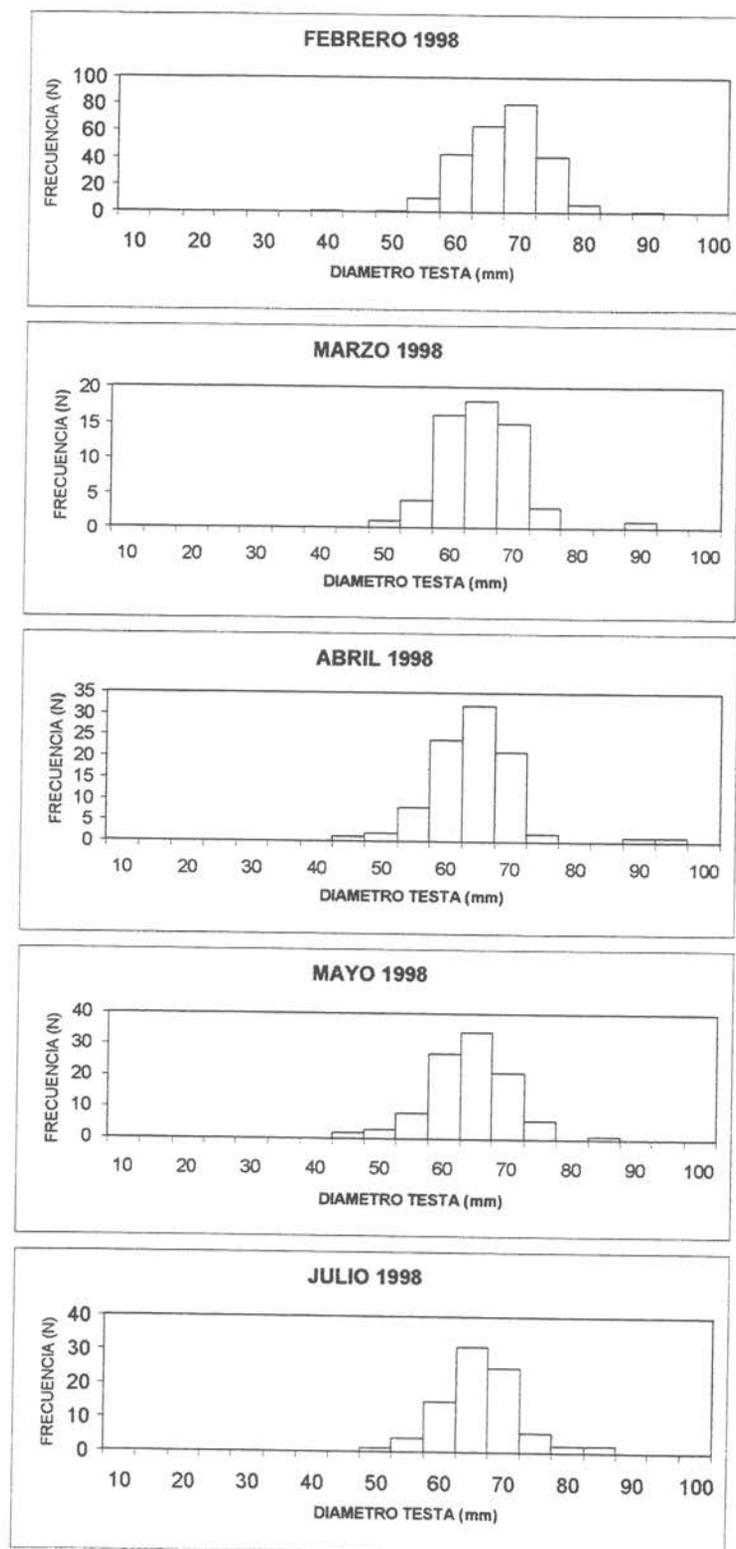


Figura 17 Estructura de tallas de los ejemplares de *Loxechinus albus* marcados en febrero de 1998 y recapturados en los controles de marzo a julio del mismo año.

4.3 DETERMINACIÓN DE EDAD POR LECTURA DE ANILLOS DE CRECIMIENTO

4.3.1 Metodología

Descripción del material utilizado

La testa o caparazón es semiesférico, de color verde, y en algunos casos con estrías meridianas rojizas o moradas. Consta de una región oral y de una aboral ubicadas en extremos opuestos, donde se ubica la boca y el ano, respectivamente (Larraín, 1975). El caparazón está constituido por numerosas placas calcáreas, ordenadas en forma meridional, las cuales llevan apéndices por su parte externa (espinas, pedicelarios, etc.). Posee cinco pares de columnas de placas, denominadas ambulacrales, a través de las cuales se abren los pares de poros para la salida del sistema locomotor. Entre ellas se ubican las placas interambulacrales, las que a diferencia de las anteriores carecen de perforaciones (Figura 18).

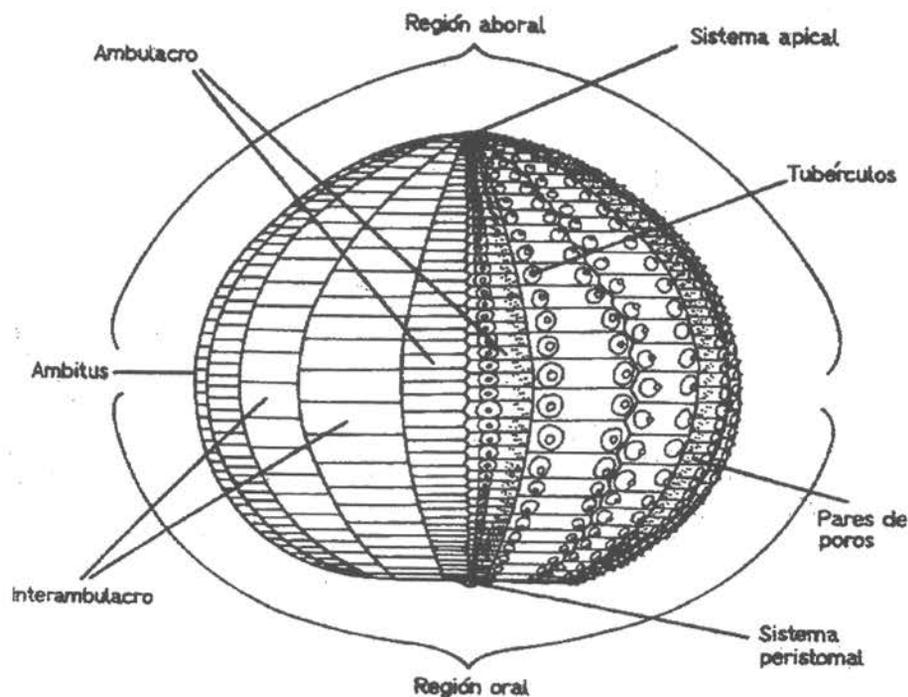


Figura 18: Morfología externa de un equinoideo (Tomado de Larraín, 1975)

En la región aboral se ubica el sistema apical, formado por un círculo de diez placas dicíclicas (placas dispuestas en un doble círculo), cinco genitales constituyendo un círculo interno y cinco oculares rodeando a las anteriores (Figura 19). Las placas genitales, que corresponde al material utilizado en este proyecto para la lectura de anillos, poseen una perforación o abertura que comunica los gonoductos con el exterior. Presentan una forma triangular con la cara interna más gruesa hacia el borde de inserción, y una cara externa rugosa debido a la presencia de tubérculos. Se identifican con números árabes del 1 al 5 en sentido antihorario, asignándole convencionalmente a la placa madreporica el número 2 (Figura 20) (Larraín, 1975). La utilización de las placas genitales se basa en lo descrito por Arrau (1958), quién señala que las placas se forman antes de la metamorfosis del organismo y permanecen durante toda la vida del individuo, de ahí su utilidad como indicador de la edad de éste.

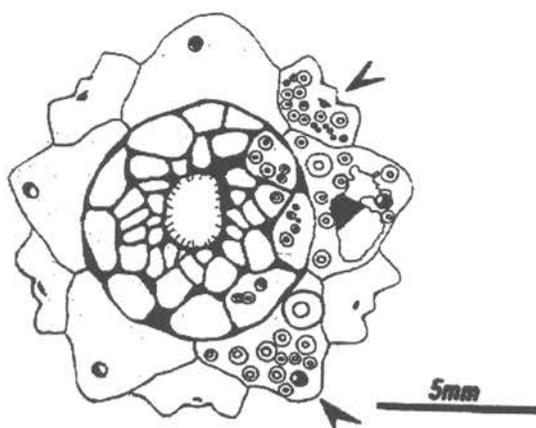


Figura 19: Sistema apical dicíclico de *L. albus* (Tomado de Larraín, 1975)

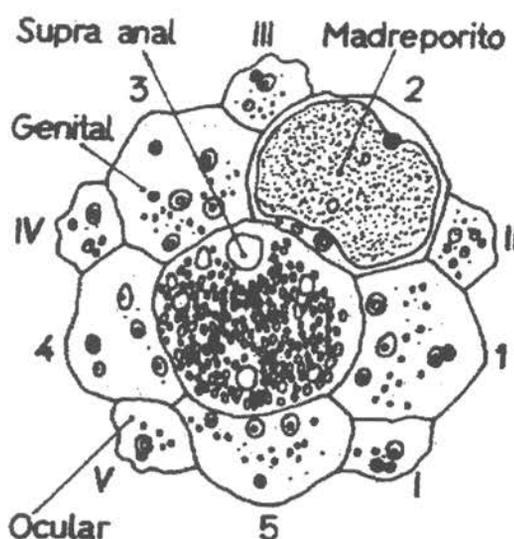


Figura 20: Placas genitales de un erizo regular (Tomado de Larraín, 1975)

Recolección de las muestras

De acuerdo con lo establecido en la Oferta Técnica, las localidades seleccionadas para la obtención del material correspondieron a Hueihue (X Región) y Punta Arenas (XII Región). Mas tarde, como **sobreoferta**, se agregaron **Melinka (XI Región)** y **El Quisco (V Región)**.

Al momento de presentar la Oferta Técnica se había señalado que de la localidad de Montemar (V Región) se obtendrían mensualmente 40 ejemplares en consideración a la abundancia que este recurso tradicionalmente tenía en el área. Llegado el momento de obtener el material de Montemar, se realizaron en los meses de febrero, marzo y abril prospecciones mediante buceo, las cuales arrojaron biomasas extremadamente bajas *L. albus* y de otros invertebrados característicos de este sector como son el erizo negro (*T. niger*) y el pepino de mar (*Athyonidium chilensis*). Dada esta circunstancia los muestreos para anillos de crecimiento se realizaron en la localidad de El Quisco con el apoyo del Sindicato de Pescadores de la Caleta.

De cada una de las localidades mencionadas se extrajeron, durante los muestreos poblacionales, 40 ejemplares (Tabla 9), abarcando el mayor rango de talla presente en el lugar. El diseño del muestreo es un muestreo estratificado doble (Robotham, 1994), donde los estratos son intervalos de tallas fijos, con una primera etapa de muestreo aleatorio simple, de tamaño n^* , para estimar la distribución de longitud de la población de erizos sobre un conjunto de intervalos (estratos) de talla fija. La segunda etapa de muestreo es un muestreo aleatorio estratificado, basado en una submuestra de edad (estructura dura) de tamaño n_j por cada intervalo de talla estrato.

$$n_j = \frac{n^*}{L} = \sum_j n_j$$

En la propuesta técnica se había mencionado que se iban a extraer al menos 30 individuos por cada localidad. Iniciado el proyecto se decidió aumentar este número a 40 de tal manera que, previendo algún daño o destrucción accidental de testas o pérdida de placas genitales se pudiera disponer de 30 organismos. Los animales, previamente numerados, se midieron (diámetro y alto) con un pie de metro de 0,1 mm de precisión y pesaron en una balanza de 0,1 g de precisión. Posteriormente fueron guardados en bolsas plásticas individuales numeradas y enviadas en cajas de poliestireno al Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso.

Tabla 9 Muestreo para lectura de anillos en las Regiones X, XI, XII y V.

Localidad	Feb'98	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene'99	Feb
X Región													
Hueihue													
XI Región													
Melinka													
XII Región													
Pta. Arenas													
V Región													
El Quisco													

El proceso que a continuación se detalla se basa en los trabajos de Zabala (1987) y Gebauer (1992) en *L. albus*. Las variaciones introducidas en este proyecto corresponden a una optimización de los protocolos indicados por los autores antes citados; esto se hizo con el objetivo final de obtener el mejor material posible para el proceso de lectura de anillos.

Aparte del material proveniente de las localidades ya mencionadas, se obtuvo una muestra de 20 ejemplares de *L. albus* de edad conocida y que fueron cultivados en el Centro de Cultivo que el IFOP administra en la localidad de Putemún (X Región)¹. Este material de edad conocida se utilizó para validar la edad de los erizos de las cuatro localidades analizadas.

¹ Se agradece al Sr. Sergio Olave quien gentilmente proporcionara este material.

Procesamiento de las muestras

a) Limpieza de las testas

Una vez recibidas las muestras en el Instituto de Oceanología, los animales fueron limpiados externa e internamente, extrayéndoseles la linterna de Aristóteles y los órganos internos (gónadas y vísceras). Para la eliminación de restos de materia orgánica, cada ejemplar fue sumergido totalmente en un baño de hipoclorito de sodio comercial (NaClO). Para determinar la concentración más adecuada del reactivo se probaron dos concentraciones, 5% y 10 %, en una escala variable de tiempo de inmersión (5 a 30 minutos, con extracción del ejemplar cada 5 minutos). Esta prueba permitió concluir que la concentración más adecuada es 10% en un baño de 8 -10 minutos. El rango de tiempo va en directa relación al tamaño del ejemplar. Finalizado el baño en cloro, las testas son enjuagadas repetidamente (3 - 4 veces) en agua corriente

b) Secado de las testas

Luego del enjuague en agua corriente, se procedió al secado de las testas en una estufa Memmert con flujo de aire continuo por un período de 3 horas, a una temperatura constante de 80° C. Una vez secas las testas, se midió nuevamente el diámetro de cada ejemplar (diámetro sin espinas).

c) Extracción de placas genitales y almacenamiento

A continuación se extrajeron, con pinzas, las cinco placas genitales, y se almacenaron separadamente del resto de la testa, en pequeños frascos plásticos etiquetados según la región de procedencia (V, X, XI y XII), mes de captura (1, 2, ..., 12) y número del individuo, este último encerrado en un círculo (①, ②, ③, etc.). Es conveniente señalar que en *L. albus* no todas las placas genitales son aptas como material de lectura, la placa madreporica se encuentra perforada por múltiples poros pequeños que sirven como filtro a la entrada del sistema acuífero y la placa 1 presenta un ala mas corta.

d) Pulido de las placas genitales

Las placas genitales se pulieron manualmente y en seco con lija al agua de grano fino N° 280, 800 y 1000. En primer lugar se pulió con la lija más gruesa (N° 280) la cara interna de la placa con el fin de alisarla completamente y luego la cara externa para eliminar los tubérculos. A continuación, se pulió con las lijas más finas (N° 800 y 1000) hasta obtener a ojo desnudo la visualización de las bandas de crecimiento. Posteriormente, las placas se sumergieron en xileno purísimo (C_8H_{10} , MERCK Art. 8685) y se observaron bajo lupa estereoscópica (Leica ZOOM 2000, x10,5 - 45), a fin de corroborar el correcto pulido de las placas. En la mayoría de los casos fue necesario volver a pulir las placas, empleándose en esta ocasión sólo la lija más fina. En esta primera fase se realizó una lectura preliminar de las bandas de crecimiento, dejando un registro de éstos. Este control es importante debido a que si se procede inmediatamente al tostado y las placas quedaron insuficientemente pulidas, no es recomendable volver a pulir, debido a la fragilidad que adquiere el material a consecuencia del tostado.

e) Tostado de las placas genitales

Esta fase resultó de especial importancia dentro del procedimiento de la lectura de anillos, ya que es el proceso de tostado el que contribuye a un mayor contraste entre las zonas hialinas y opacas (tanto en la observación con luz reflejada como con luz transmitida), lo que a su vez facilita a una adecuada visualización de los anillos (Pearse y Pearse, 1975). El tostado se realizó utilizando dos fuentes de calor y empleando diferentes tiempos de exposición.

- i) La primera de ellas fue una estufa a cuarzo de 1000 W en la que se colocaron las placas genitales sobre placas Petri, las que se ubicaron sobre la parrilla de la estufa y se expusieron a distintos tiempos de calor (10, 20 y 30 minutos) con el objeto de establecer el mejor tiempo de tostado. Se obtuvo que una exposición de 20 minutos resultó ser el tiempo más adecuado, ya que se logra un tostado satisfactorio. Este método presenta la ventaja de una observación directa del proceso, pero tiene la desventaja de que el tiempo de exposición es prolongado, ya que implica que la placa genital debe ser expuesta al calor 10 minutos por lado, a objeto de obtener un tostado uniforme.

- ii) La segunda fuente de calor correspondió a una mufla Sybron Thermolyne y en la que se trabajó a una temperatura de 500° C, colocando las placas genitales en crisoles de porcelana. Se probaron distintos tiempos de exposición, entre 2 y 25 minutos, sacando los crisoles cada 2 minutos. Un resultado satisfactorio se logra a partir de los 8-10 minutos, no produciéndose un aumento del tostado pasado este tiempo. La ventaja de este sistema es que la temperatura es homogénea en toda la superficie de la placa y la duración del proceso es menor.

La práctica obtenida señaló la conveniencia de utilizar solamente la estufa a cuarzo de 1000 W depositando las placas sobre una rejilla de asbesto y con un tiempo de exposición entre 7 - 10 minutos por lado.

f) Selección de placas

De acuerdo a lo expresado anteriormente (ver letra c) no todas las placas genitales son aptas como material de lectura. De las cinco placas sólo tres de ellas sirven para este efecto y a estas se les aplicó la metodología señalada en la Figura 21. Las placas son de dimensiones reducidas, delicadas en su manipulación y como consecuencia del pulido y tostado adquieren una condición frágil. De aquí que con cierta frecuencia las placas se quiebran reduciéndose de esta manera la disponibilidad de material.

g) Lectura de las bandas de crecimiento

Una vez finalizado el tostado, las placas fueron sumergidas en xileno purísimo, contenido en una cápsula Petri (50 mm de diámetro), a fin de obtener una clara identificación y delimitación de las zonas translúcidas y opacas. La lectura de los anillos se realizó bajo una lupa estereoscópica (Leica 2000) mediante luz reflejada y transmitida, siendo esta última con la que se logró una mejor visualización de las bandas y la que en consecuencia se adoptó para realizar el análisis de las placas. Dada la volatilidad del xileno y su toxicidad es altamente recomendable que cada placa se sumerja en un volumen tal que la cubra completamente sin llegar al exceso, de ahí la conveniencia de trabajar en una cápsula del tamaño indicado. La

lectura de las bandas es un proceso que consume mucho tiempo y debe ser hecho en forma cuidadosa ya que la visualización de éstas en la mayoría de los casos no es una tarea fácil, constituyen una **excepción** las placas en que las bandas se leen con facilidad. De acuerdo a esto último en cada ejemplar se seleccionaron una o dos placas, para lo cual no se utilizó un método estadístico sino que la selección se basó en el número de placas disponibles después del tratamiento. De las tres placas preparadas por ejemplar una o dos de ellas podían ser utilizadas para una lectura adecuada. Al proceso de lectura no se le debe dedicar más de 4-5 horas diarias (en forma continua) de manera tal de no comprometer la calidad de la lectura. Debe realizarse en un ambiente aireado y contando con la ayuda de un ventilador próximo a la lupa estereoscópica de tal manera que extraiga, los vapores tóxicos del xileno, del área de trabajo.

De acuerdo a lo expresado en el párrafo anterior la lectura de las bandas se efectuó con luz transmitida, bajo esta condición y en conformidad con lo expresado por Pearse y Pearse (1975) las zonas opacas de las placas se ven oscuras y las translúcidas se ven claras. En el desarrollo de la metodología de lectura, observaciones preliminares efectuadas en material de ensayo arrojaron como resultado que cada zona o banda opaca en su recorrido perimetral aparece dividida en dos por una delgada línea translúcida, esta línea en ningún caso es comparable al ancho de una banda translúcida. En el proceso de contaje de las bandas se observó la situación de bandas (opacas o translúcidas) en formación en el borde de la placa, esto originó la terminología de media banda ya que no alcanzan a tener el ancho de una banda completa. Lo cual para efectos de análisis de borde de placa significó que si la media banda era translúcida, el valor que se registro era 0 y si era opaca el valor era 1. Para efectos de contaje de bandas, la fracción .5 se aproximó al entero superior.

Con lo expuesto anteriormente, el protocolo final que se sigue para la preparación de las placas genitales, se muestra en la Figura 21.

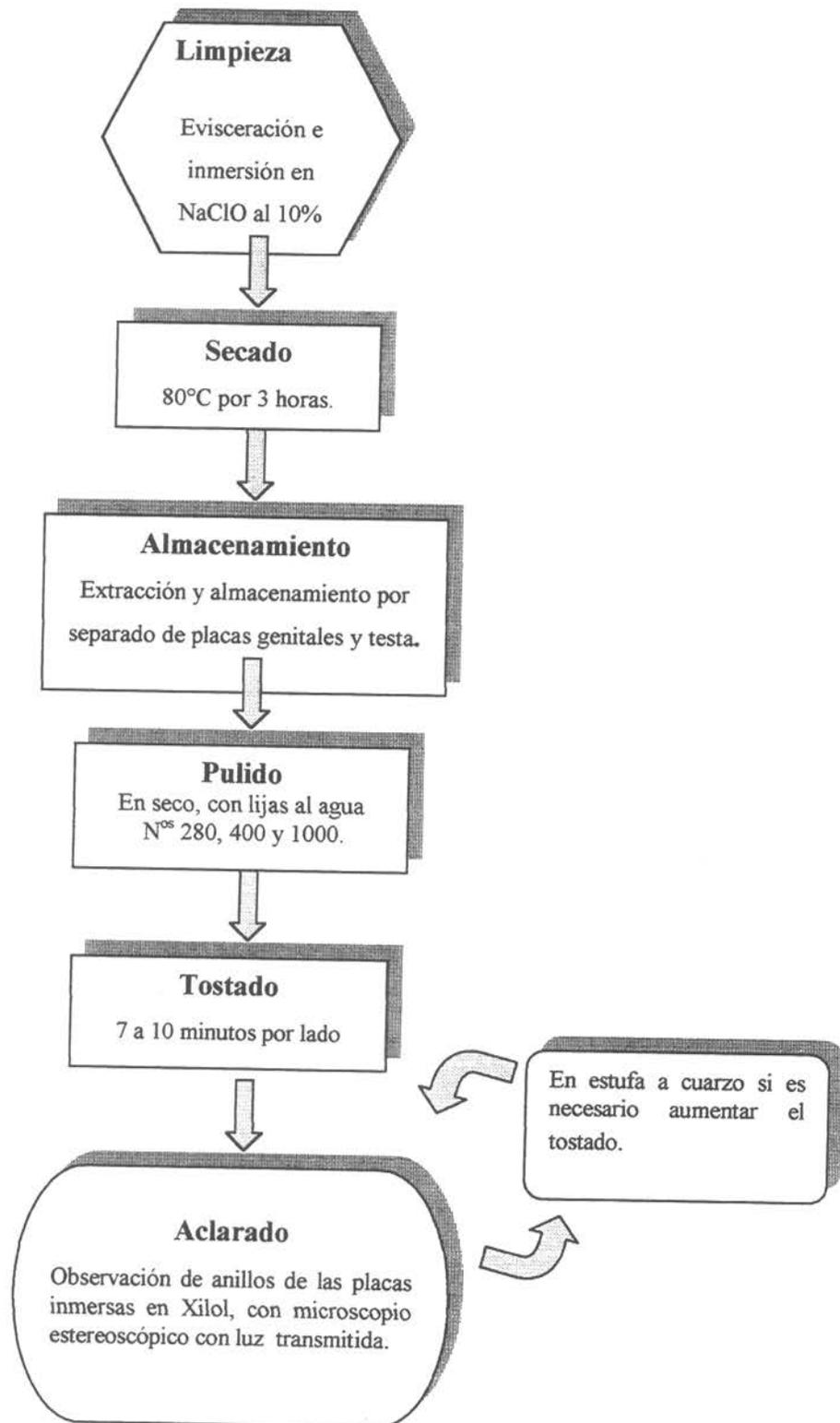


Figura 21: Diagrama de flujo de la metodología para la lectura de anillos en *L. albus*.

4.3.2. Resultados

La Figura 22 muestra el aspecto de una placa genital observada con luz transmitida y a la cual se le ha aplicado el protocolo señalado en la Figura 21. Un factor que tiene directa incidencia sobre el aspecto final de una placa, dice relación con la concentración utilizada de hipoclorito de sodio y el tiempo de inmersión de la testa en el reactivo, contribuyendo ambos aspectos a la calidad del material para la lectura. Gebauer (1992) no fundamenta mayormente el uso del reactivo; lo utiliza a una concentración de 39% y somete a las placas genitales a un baño de aproximadamente 24 horas. La pregunta que cabe hacerse es si utilizó el hipoclorito de sodio que comunmente se adquiere en los supermercados y este lo diluyó o si efectivamente utilizó una concentración del 39%. De haberse utilizado esta última concentración y ese tiempo en el presente proyecto, el material se hubiera dañado irreversiblemente. Se observó que un mayor tiempo de exposición (15 minutos) conducía a la desarticulación de la testa con el consiguiente riesgo de pérdida de las placas genitales. Lumingas y Guillou (1994) advierten sobre el uso del hipoclorito de sodio ya que trabajando con *Sphaerechinus granularis* encontraron que al utilizar dicho reactivo se reducía la visibilidad de las zonas de crecimiento interno dentro de la testa.

Las bandas indicadas (1, 2 y 3) en la Figura 22 corresponden a las bandas de crecimiento opacas, cada una de las cuales está conformada por dos “anillos de crecimiento”, que están separados por un delgado espacio hialino (o translúcido). Estas bandas a su vez están separadas por una banda translúcida. La banda que se encuentra en el borde de la placa se encuentra en formación, por lo que se contabiliza como media banda (1/2), a diferencia de la que se observa más hacia el interior y que está claramente separada y definida (banda translúcida). Cabe hacer notar que las bandas opacas observadas mantienen su opacidad independientemente del tipo de luz utilizada (reflejada o transmitida) para observar la placa. Esto es, la banda opaca se ve oscura con ambos tipos de luz. Esto se interpreta como directo resultado de la baja concentración de hipoclorito de sodio utilizada y del corto tiempo de inmersión del material en el reactivo, ambos factores no afectan la coloración natural de las bandas, la existencia de color permite apreciar de mejor forma la separación entre bandas

opacas y translúcidas. Esto representa una ventaja en relación al trabajo de Gebauer (1992) en el sentido de que en individuos de mayor edad ella encontró que la lectura se hace dificultosa debido a que la separación entre los anillos translúcidos disminuye.

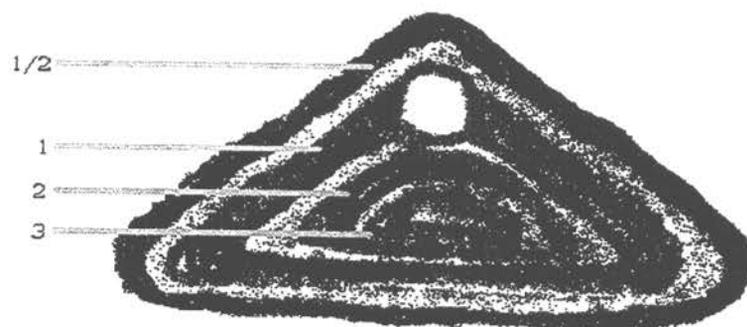


Figura 22 Esquema obtenido de la observación con luz transmitida de una placa genital de *Loxechinus albus* procesada.

En la Tabla 10 se muestra el número de placas genitales preparadas y el número de estas a las que se le determinaron las bandas de crecimiento en cada una de las localidades y muestreos.

Tabla 10 Número de placas genitales de *Loxechinus albus* leídas por localidad y mes

Localidad	Feb'98	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene'99	Feb
X Región													
Hueihue	43	59	60	40	58		58	59	60	60	60	64	58
XI Región													
Melinka		52	60	60	60	62	56	60	59	60	60	60	60
XII Región													
Pta. Arenas			56	55	58	60	60				58	60	58
V Región													
El Quisco							56	60		60		60	

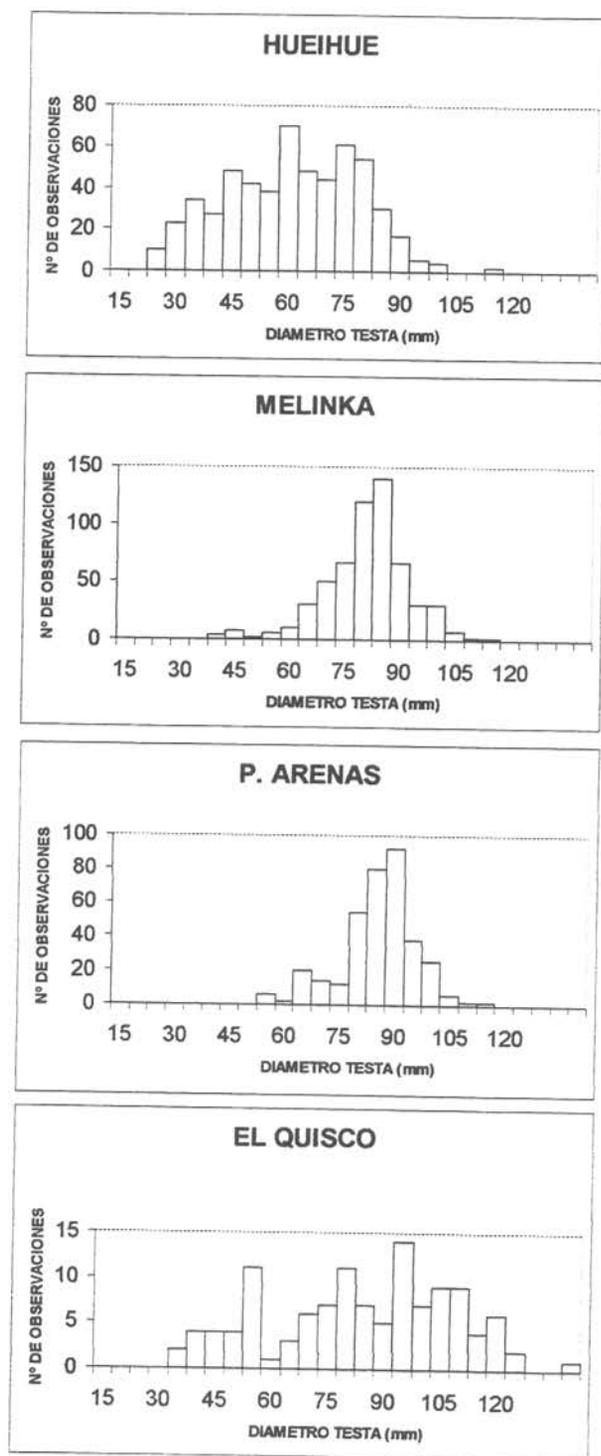


Figura 23: Estructura de tallas de los ejemplares de *Loxechinus albus* de las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región), Punta Arenas (XII Región) y El Quisco (V Región) utilizados en la determinación de edad mediante lectura de bandas.

La Figura 23 muestra la estructura de talla de los ejemplares utilizados en la determinación de edad a través de la lectura de bandas de crecimiento para las distintas localidades estudiadas.

La estructura de tallas de los ejemplares utilizados para la determinación de edad de Hueihue cubre de manera casi uniforme un amplio rango de talla, entre 15 y 90 mm de diámetro de testa. Melinka en cambio presenta una estructura de tallas en la cual los ejemplares bajo los 50 mm se encuentran escasamente representados, centrándose la mayor parte de las muestras entre los 60 y 80 mm de diámetro de testa. Situación similar se presenta en Punta Arenas donde los rangos de talla inferiores a 65 mm se encuentran poco representados y la mayoría de las muestras corresponde al rango de talla entre 65 y 80 mm de diámetro de testa. Una situación diferente fue la que se presentó en el Area de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos de El Quisco, el rango de tallas de los ejemplares extraídos fue el más amplio de las 4 localidades estudiadas. La existencia de estas áreas en las cuales hay un manejo orientado a la conservación de los recursos bentónicos, representan un valioso aporte para poder llevar a cabo estudios como los efectuados en esta ocasión, que requieren de poblaciones en las cuales realmente se encuentren representadas el mas amplio rango de tallas.

La Figura 24 muestra la relación entre diámetro de testa con espinas y diámetro de testa sin espinas. Esta relación se determinó con el fin de verificar los valores dados en terreno y comprobar los posibles errores de transcripción de datos.

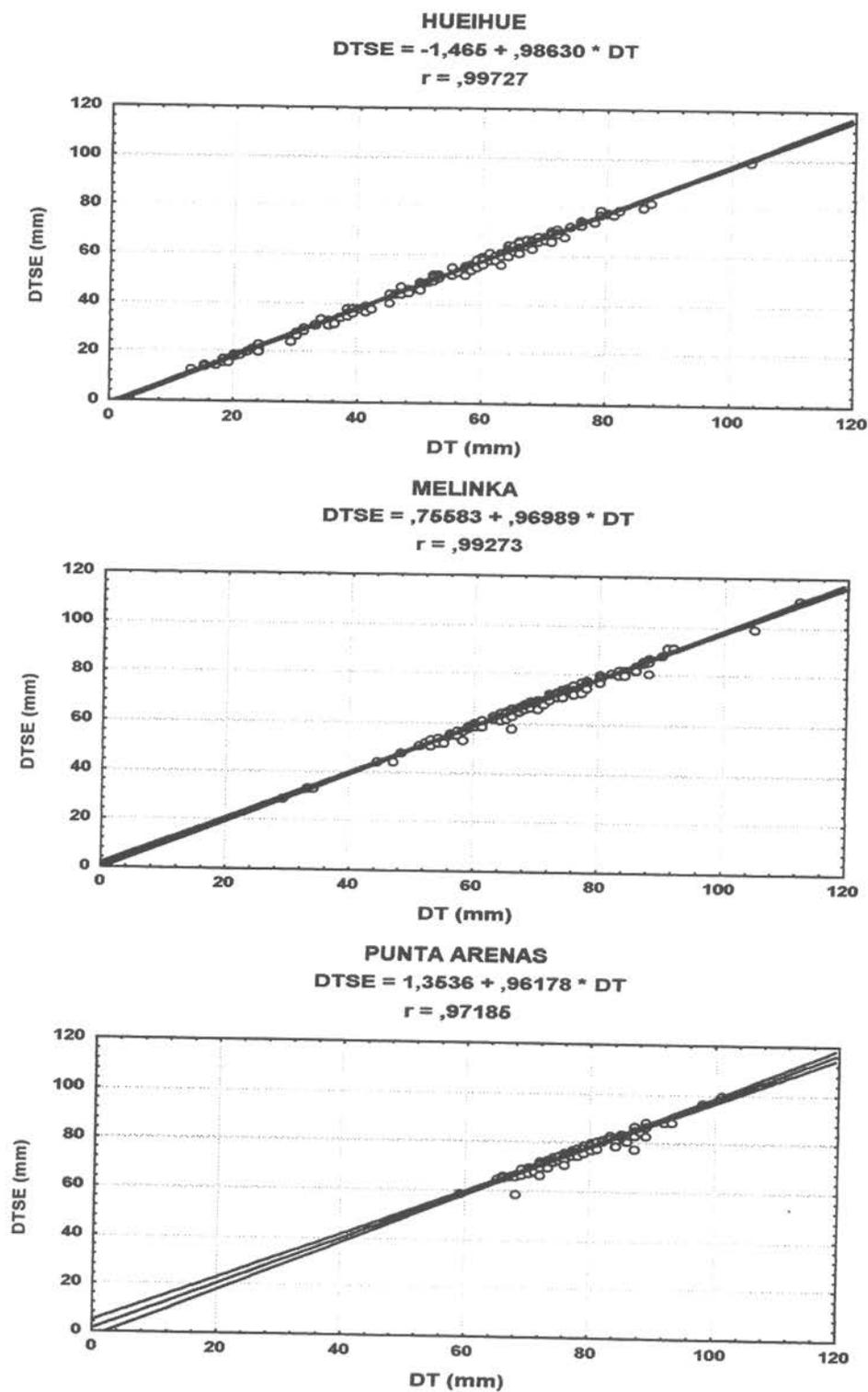


Figura 24 Relación entre diámetro de testa (DT) y diámetro de testa sin espinas (DTSE) de *Loxechinus albus* para las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región) y Punta Arenas (XII Región).

Los ajustes de la relación DT/DTSE presentaron altos valores de “r”. El mejor ajuste ($r=.997$) se presenta en el caso de Hueihue, seguido de Melinka ($r=.993$) y Punta Arenas ($r=.972$). A través de esta relación fue posible corroborar lecturas dudosas obtenidas en terreno. La relación calculada para Hueihue fue utilizada para calcular el diámetro de la testa de los erizos de edad conocida provenientes de Putemún.

Las Figuras 25, 26, 27 y 28 muestran el ajuste de la relación entre el diámetro de la testa y el número de bandas de crecimiento leídas en placas genitales de ejemplares extraídos en las localidades de Hueihue, Melinka, Punta Arenas y El Quisco.

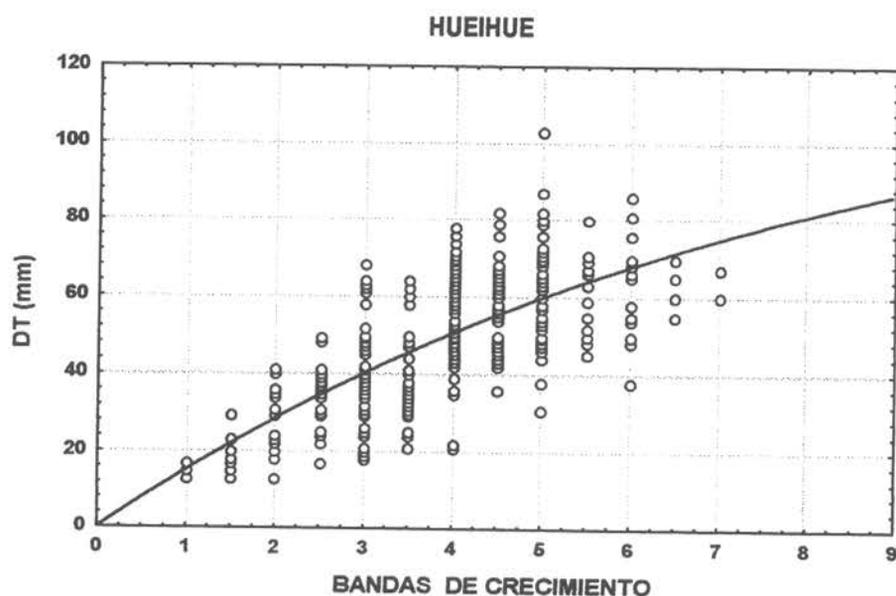


Figura 25 Ajuste de la relación diámetro de la testa y números de bandas de crecimiento en ejemplares de *Loxechinus albus* recolectados en la localidad de Hueihue (X Región).

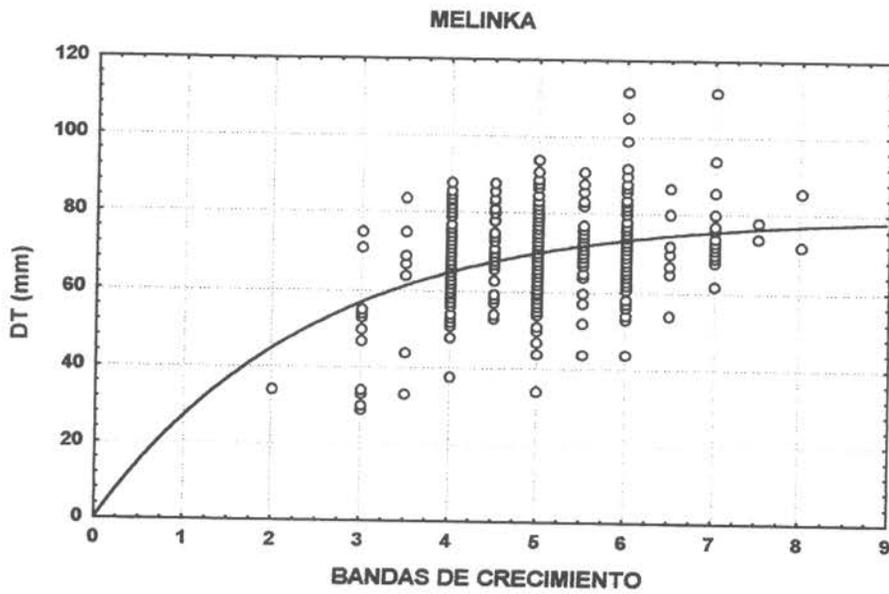


Figura 26

Ajuste de la relación diámetro de la testa y números de bandas de crecimiento en ejemplares de *Loxechinus albus* recolectados en la localidad de Melinka (XI Región).

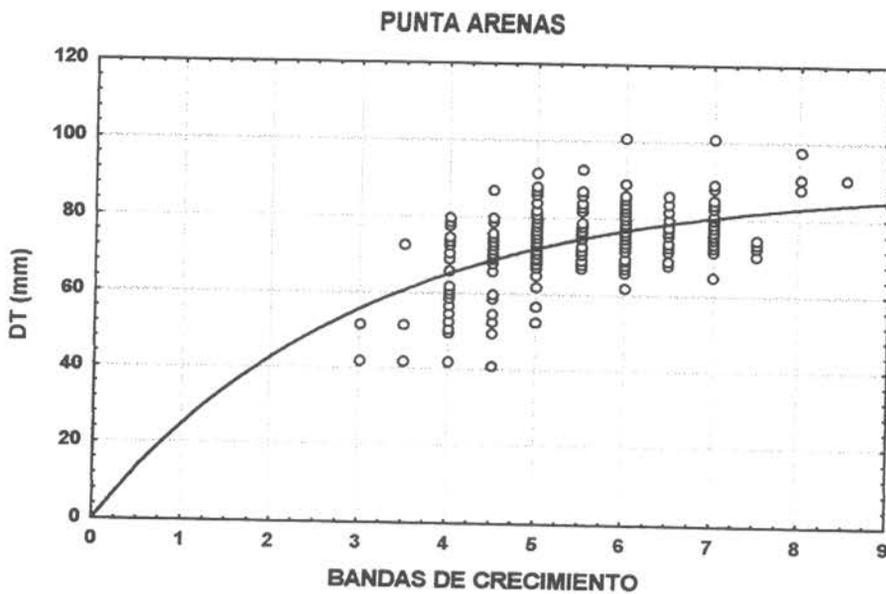


Figura 27

Ajuste de la relación diámetro de la testa y números de bandas de crecimiento en ejemplares de *Loxechinus albus* recolectados en la localidad de Punta Arenas (XII Región).

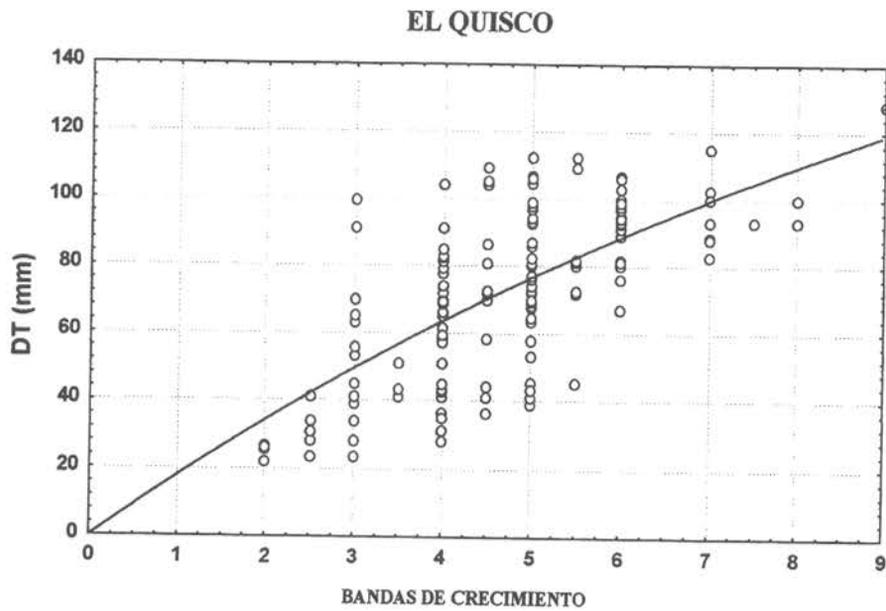


Figura 28 Ajuste de la relación diámetro de la testa y números de bandas de crecimiento en ejemplares de *Loxechinus albus* recolectados en la localidad de El Quisco (V Región).

En las cuatro localidades, se aprecia una amplia dispersión de los valores del diámetro de la testa para un mismo número de bandas de crecimiento. Sin embargo se observa, a través de la curva ajustada, un incremento del número de bandas con el diámetro de la testa..

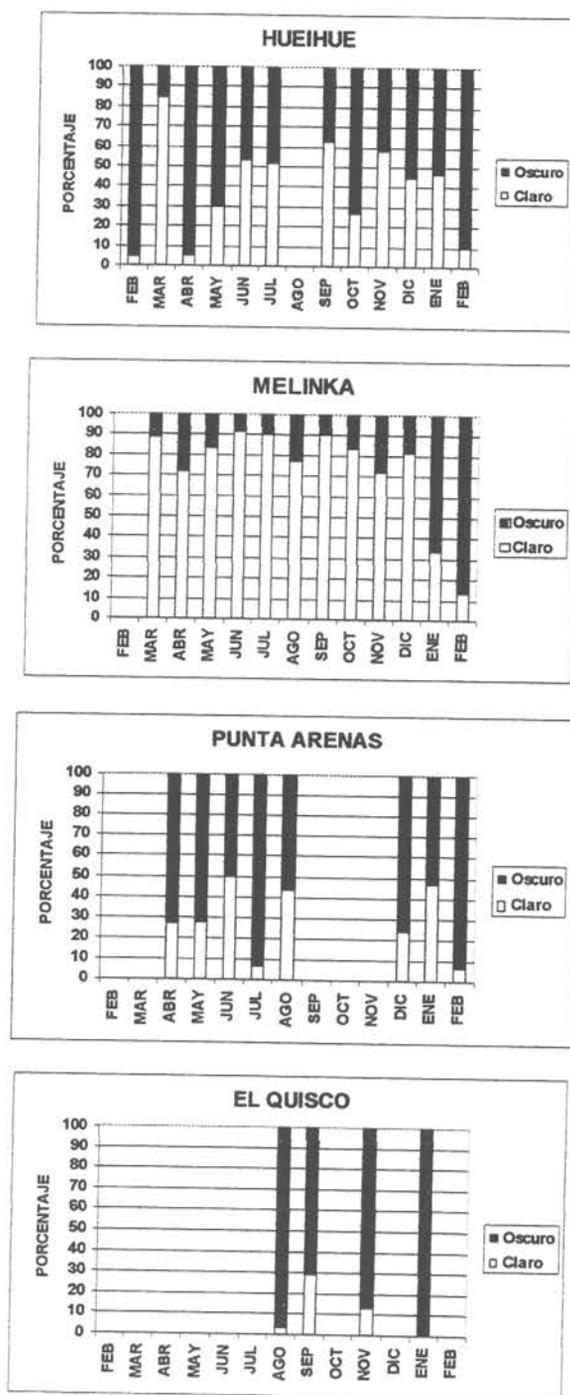


Figura 29 Distribución mensual del borde oscuro y claro en placas genitales de *Loxechinus albus* en las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región), Punta Arenas (XII Región) y El Quisco (V Región).

La Figura 29 muestra el análisis de borde de las placas genitales para las localidades de Hueihue, Melinka, Punta Arenas y El Quisco. Al analizar el borde de las placas genitales, que corresponde a la depositación de la última banda, en el material proveniente de Hueihue, es posible observar que a partir de abril se inicia una tendencia a la formación de un borde claro, tendencia que llega a su valor más alto en el mes de septiembre y noviembre (octubre se aparta notoriamente de esta tendencia) para después decrementar, lo opuesto ocurre con la formación del borde opaco. Este último alcanza valores próximos al 100% en febrero y abril (1998) (marzo se aparta drásticamente de esta tendencia) para luego comenzar a disminuir su ocurrencia hasta el mes de septiembre. Esta tendencia, también se insinúa para Punta Arenas, no obstante la falta de muestras en determinados meses. Una situación muy diferente es la que caracteriza a Melinka, durante el período de estudio el borde traslucido estuvo presente sobre el 80% en diez meses de los doce estudiados. En El Quisco, el número de muestras disponibles (4), no permitió realizar un análisis que condujera al establecimiento de una tendencia en términos de borde opaco o traslucido.

El análisis de las bandas en erizos de edad conocida se realizó para validar la tasa de depositación de las bandas en la naturaleza. Los veinte erizos de edad conocida tenían una edad de diez meses. En la Tabla 11 se muestra que en promedio los erizos de 10 meses tienen un diámetro de testa de 19,7 mm y 2,4 bandas en sus placas genitales. Por lo tanto en esta especie los erizos en su primer año de vida en condiciones de laboratorio depositan 2 bandas de crecimiento.

Tabla 11 Parámetros de posición y dispersión del diámetro de la testa y el número de bandas de crecimiento en una cohorte de *Loxechinus albus* de edad conocida.

	Máximo	Media	Mínimo	Desviación Estándar
Diámetro de testa	30,9	19,7	9,7	6,34
Nº de bandas	4,0	2,4	1,5	0,6

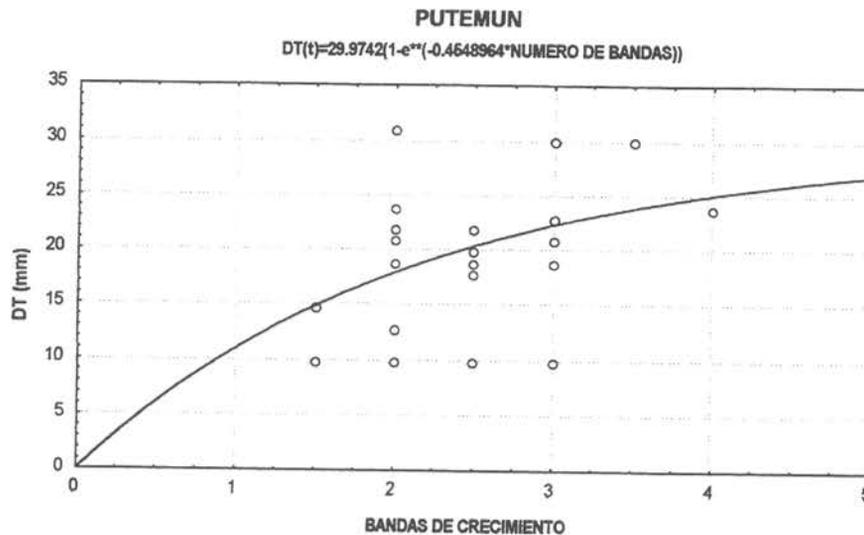


Figura 30 Ajuste de la relación diámetro de la testa y número de bandas de crecimiento en ejemplares de *Loxechinus albus* de edad conocida provenientes de la localidad de Putemún (X Región)

En la Figura 30 se muestra el ajuste de la curva de crecimiento a los erizos de 10 meses de edad. Se presentó una amplia dispersión de los puntos, lo que no permite una asignación certera de número de bandas *versus* edad.

4.4 ELABORACIÓN CLAVE TALLA-EDAD

4.4.1 Metodología

Las curvas de crecimiento, ajustadas con progresión modal y la lectura de anillos de crecimiento permiten comprobar que las modas de las distribuciones de frecuencia representan clases anuales. Los incrementos en longitud observados en los experimentos de marcaje y recaptura permiten validar la periodicidad de las bandas de crecimiento.

Es necesario indicar, que éstos no son métodos estadísticamente fundamentados para comparar los modelos con los datos de incremento de la longitud; debido a que los modelos de crecimiento no son utilizados para predecir la longitud desde la edad (Francis, 1988), ya que las curvas de crecimiento se derivarán de frecuencias de longitud, en cambio, el recuento de anillos de crecimiento se basa en datos de longitud a la edad. Debido a ello, las únicas predicciones, estadísticamente fundamentadas de estos modelos de crecimiento, son predicciones de longitud (variable dependiente) a partir de la edad (variable independiente). No obstante, los datos de incremento en longitud pueden ser relacionados con las curvas de crecimiento mediante predicciones generadas desde los modelos de crecimiento ajustados, las cuales serán comparadas con los datos de incremento en longitud. Sin embargo con propósitos comparativos, el segundo método revelará cualquier desviación gruesa de las “características anuales”. Esto se realizará mediante la predicción de longitudes de recaptura utilizando el modelo estándar de Fabens (1965) de incremento de longitud:

$$DT_{r_i} = DT_i + (DT_{\infty} - DT_i)(1 - e^{-k\Delta t_i})$$

donde

- DT_{r_i} : diámetro de la testa estimado de recaptura del individuo i
 DT_i : diámetro de la testa al cual se marco y liberó el individuo i
 Δt_i : tiempo transcurrido entre el marcaje y la recaptura del individuo i

y DT_{∞} y k son los parámetros de la ecuación de VB estimados desde la distribución de frecuencias de tallas o desde el conteo de anillos de crecimiento.

La clave talla edad para edades actuales se construyó según la metodología descrita por Sparre y Venema (1992). La separación de los componentes de la clave talla edad se analizaron aplicando el índice de separación de Hasselbald (Sparre y Venema, *op. cit.*):

$$I = \frac{2 [L(a+1) - L(a)]}{[s(a+1) + s(a)]}$$

I	Indice de separación
L(a+1)	Longitud media del rango de talla a+1
L(a)	Longitud media del rango de talla a
s(a+1)	Desviación estandar a+1
s(a)	Desviación estandar a

El ajuste de la curva de crecimiento de von Bertalanffy basada en la lectura de bandas de crecimiento se realizó mediante la metodología de mínimos cuadrados utilizando el procedimiento SIMPLEX y cuasi-Newton.

En relación a la elaboración de la clave talla-edad en la Propuesta Técnica se propusieron dos metodologías. Esta proposición original fue modificada en el Informe de Avance, en términos de usar MULTIFAN en vez de FISAT-MIX para efectuar el análisis de la progresión modal descartandose, el uso de claves iteradas, en razón a la robustez de la nueva metodología propuesta.

4.4.2 Resultados

La metodología de Fabens (1965) no se utilizó debido a que el marcaje y recaptura de los erizos no arrojó información precisa sobre la tasa de crecimiento de *L. albus*. En general, como se indica en la sección 4.2.2, la tasa de crecimiento fue alterada por el efecto de la marca. En las Tablas 12 (expresada en n° de bandas) y 15 (expresada en años) se entrega la clave talla edad para la X, XI, XII y V Regiones construida a partir de la lectura de bandas de crecimiento en las placas genitales de los erizos.

En la construcción de la clave talla-edad se consideró, sobre la base de la lectura de bandas de erizos de edad conocida, que durante el primer año se depositan 2

bandas. Para las edades siguientes se adoptó el criterio de Zabala (1987), quién probó la depositación de una banda de crecimiento anual. Por lo tanto la relación entre el número de bandas de crecimiento y la edad en *Loxechinus albus* es: edad = n° de bandas - 1

Tabla 12 Clave talla-edad para el recurso erizo, *Loxechinus albus* de las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región), Punta Arenas (XII Región) y El Quisco (V Región) construida a partir de la lectura de bandas de crecimiento en placas genitales.

DT (mm)	HUEIHUE							MELINKA							PUNTA ARENAS							EL QUISCO																				
	BANDAS DE CRECIMIENTO							BANDAS DE CRECIMIENTO							BANDAS DE CRECIMIENTO							BANDAS DE CRECIMIENTO																				
	1	2	3	4	5	6	7	N	1	2	3	4	5	6	7	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N	1	2	3	4	5	6	7	8	N	1	2	3	4	5	6	7
11-15	30	70					10																																			
16-20	5	43	52				23																																			
21-25	24	58	18				34																																			
26-30	19	56	21	5			27																																			
31-35	12	55	29	4			48																																			
36-40	4	62	25	8	2		4																																			
41-45	2	26	43	24	4		38																																			
46-50	15	38	36	11		4	70																																			
51-55	4	37	41	15	4		48																																			
56-60	3	32	50	16		44																																				
61-65	8	34	37	15	7		61																																			
66-70	7	24	31	31	7		54																																			
71-75	33	35	13	15		30																																				
76-80	11	21	47	21		17																																				
81-85	13	38	50			6																																				
86-90	25	25	50			6																																				
91-95																																										
96-100																																										
101-105							2																																			
106-110																																										
111-115																																										
							TOTAL	522							TOTAL	687									TOTAL	472								TOTAL	272							

El rango de tallas en las localidades de Melinka y Punta Arenas fue mas restringido que el rango de Hueihue y El Quisco. Sin embargo, la clave talla edad se aplica para estimar la estructura de edad del desembarque a partir de la estructura de tallas cuyas tallas medias se encuentran sobre la talla mínima legal. La edad por rango de tallas se entrega en frecuencia relativa lo que denota una probabilidad.

Los índices de separación de los componentes de la clave talla edad para la X, XI y XII Regiones tienen en general valores < 2 (Tabla 13). Cuando los índices de separación son < 2 los componentes de clave talla edad se encuentran sobrepuestos.

En el caso de *Loxechinus albus* para una misma edad el rango de tallas es amplio. Esta característica es propia de los erizos. Pearse y Pearse 1975, indican que individuos de una misma edad pueden ser de tamaños diferentes ya que la tasa de crecimiento depende de la calidad y el suministro de alimento.

En la Tabla 14 se presentan los parámetros de la curva de crecimiento de von Bertalanffy y sus errores estándares calculada en base a la lectura de bandas de crecimiento. Los ajustes tienen un coeficiente de determinación r de 0,707 en Hueihue, 0,554 en Punta Arenas y 0,417 en Melinka. Los L_{∞} para las tres localidades están subestimados, probablemente como resultado de la nula representación de ejemplares en el rango de talla de 11 a 25 mm y la alta dispersión de tamaño para la misma lectura de bandas de crecimiento. Sin embargo si se consideran en conjunto con los K obtenidos, el valor de ϕ' calculado para todas las localidades presenta valores similares (entre 3,300 y 3,422), lo que otorga carácter de probable al análisis presentado. En el caso de El Quisco, debido al menor número de muestras analizadas, no fue posible obtener un buen ajuste de la curva por lo cual se excluyeron los parámetros en la Tabla 14.

La validación de las bandas de crecimiento para el primer año se realizó a través de la lectura de bandas en una cohorte de erizos juveniles de edad conocida provenientes de

Putemún (X Región). Los erizos utilizados crecieron en condiciones de laboratorio por lo que se asume que el patrón de depositación de las bandas de crecimiento es el mismo que el que se observa en el medio natural. Sobre la base de estas observaciones se le asignó la edad 1 a ejemplares que presentaban 2 bandas de crecimiento. Para las edades 2-7, sobre la base de la literatura disponible, se supuso la depositación de una banda de crecimiento anual. Este supuesto debe ser validado experimentalmente para confirmar que los animales que presentan de 3-8 bandas de crecimiento tienen entre 2 y 7 años de edad.

En la Figura 30' se muestran las curvas de crecimiento obtenidas por lecturas de bandas de crecimiento y por progresión modal. El parámetro K obtenido por lectura de bandas oscila entre 0,139 y 0,412, valor que está dentro del rango obtenido por Arias (1990), Stotz *et al.*, (1992) y Bustos (1987). El parámetro K obtenido por progresión modal es en general de menor valor que los datos obtenidos de la literatura. El L_{∞} obtenido por lectura de bandas de crecimiento es en general menor que los valores encontrados en la literatura. Sin embargo, los índices de crecimiento efectivo se encuentran alrededor de 3,3. El empleo del análisis de progresión modal en organismos con una alta sobreposición y dificultad en la separación de las cohortes y modas puede arrojar resultados inexactos. En este sentido el empleo de las bandas de crecimiento para ajustar modelos de crecimiento es un método mas fiable en este tipo de organismos bentónicos.

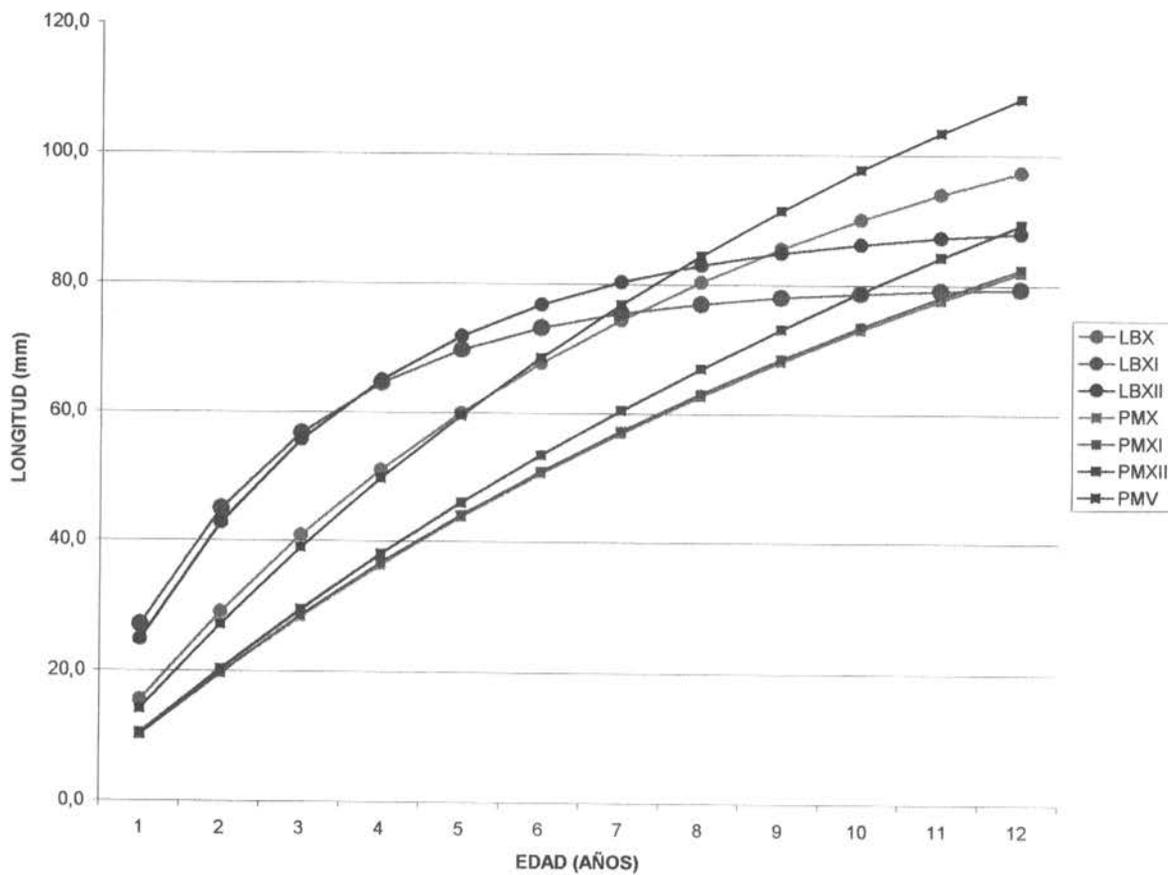


Figura 30' Curvas de crecimiento de *Loxechinus albus* obtenidas a partir de las lecturas de bandas de crecimiento (-●-) y por progresión modal (-■-) para las Regiones X, XI, XII y V Regiones.

Tabla 13 Índice de separación de la clave talla-edad para *Loxechinus albus* de las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región), Punta Arenas (XII Región) y El Quisco (V Región).

HUEIHUE				MELINKA			
EDAD	MEDIA	D.S.	I	EDAD	MEDIA	D.S.	I
2	23,82	7,58	1,36	1	34,00	0,00	1,89
3	35,59	12,45	1,14	2	47,24	14,00	1,63
4	50,92	14,40	0,60	3	66,92	10,10	0,33
5	58,99	12,38	0,38	4	70,10	9,41	0,33
6	63,30	10,37	0,34	5	73,24	9,55	0,01
7	66,05	5,90		6	73,33	9,32	

P.ARENAS				EL QUISCO			
EDAD	MEDIA	D.S.	I	EDAD	MEDIA	D.S.	I
2	50,87	10,22	1,45	1	25,05	1,94	2,27
3	66,04	10,66	0,97	2	50,47	20,50	0,53
4	75,36	8,48	0,14	3	60,58	17,63	0,76
5	76,47	6,93	0,26	4	74,73	19,62	0,72
6	78,16	6,15	0,35	5	87,12	14,61	0,57
7	81,2	11,25	1,74	6	94,01	9,74	0,11
8	91,0	0		7	94,70	2,91	

Tabla 14 Parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, estimados a partir de la lectura de bandas de crecimiento y diámetro de la testa de *Loxechinus albus*, de las localidades de Hueihue (X Región), Melinka (XI Región) y Punta Arenas (XII Región).

	r	L_{∞}	Error st.	K	Error st.	ϕ'
X Región						
Hueihue	0,707	119,85	3,271	0,139	0,034	3,300
XI Región						
Melinka	0,417	80,05	3,116	0,412	0,054	3,422
XII Región						
Punta Arenas	0,554	89,81	3,766	0,323	0,037	3,416

5. ASIGNACIÓN EDAD AL DESEMBARQUE DE LAS REGIONES X, XI Y XII.

5.1 METODOLOGÍA

De acuerdo a lo especificado en la Oferta Técnica el diseño de muestreo de los desembarques se realizó según la metodología señalada por Robotham *et al.* (1997), Cochran (1971) y Sánchez-Crespo (1980). El diseño correspondió a un muestreo aleatorio estratificado bi-etápico realizado en los centros principales de desembarque, donde los estratos correspondieron al tipo de embarcación (bote o lancha) en la X y XI Regiones y camiones que llegan a las plantas de proceso en la XII Región. Las unidades de primera etapa correspondieron a los viajes en el mes y las unidades de segunda etapa correspondieron a una submuestra de ejemplares. Con este diseño se combina el total de viajes día en un total de viajes mes, eliminando una posible unidad de muestreo día, de modo que lo que interesa es el muestreo de viajes por cada zona de pesca para llegar a tener distribuciones de talla por mes y zona. El parámetro en estudio fue la composición de tallas. El tamaño de la muestra por mes y puerto de desembarque fue calculado según Robotham *et al.*, 1997. Las unidades pesqueras que llegan a puerto (viajes efectivos) llegan aleatoriamente y los objetos de muestreo también se seleccionan aleatoriamente. El criterio utilizado en la selección de los puertos de desembarque muestreados se basó en la obtención de la mayor cobertura de áreas de pesca en la región de estudio de tal manera de obtener distribuciones de talla altamente representativas. De acuerdo a lo expresado, los tamaños de muestra por mes y puerto de desembarque fueron: en la X Región, Carelmapu (35 lanchas y 5.250 erizos) y Quellón (10 lanchas y 875 erizos); en la XI Región, Melinka (10 lanchas y 1.050 erizos) y Puerto Chacabuco (10 lanchas y 1.313 erizos). En el caso de la XII Región las unidades de muestreo fueron los camiones y los puertos fueron Puerto Natales (10 camiones, 2.000 erizos) y Punta Arenas (10 camiones, 2.000 erizos).

La asignación de edades a la estructura de tallas del desembarque de la temporada 1998 se realizó según la metodología descrita por Sparre y Venema (1992). Se utilizó la clave

talla edad presentada en la Tabla 12 y la distribución de tallas totales del desembarque en cada una de las 3 Regiones (X, XI y XII). La matriz de probabilidades de la clave talla edad se multiplica por el vector de la estructura de tallas del desembarque obteniéndose como resultado una matriz de probabilidades de frecuencia por edad. La suma de las columnas, entregan la estructura de edad de los desembarques.

5.2 RESULTADOS

En la Tabla 16 se entrega el número de erizos muestreados por mes y por cada puerto de la X Región, Carelmapu y Quellón; de la XI, Melinka y Puerto Chacabuco y de la XII Región, Puerto Natales y Punta Arenas. En el puerto de Carelmapu se muestreo un total de 43.676 erizos ininterrumpidamente desde febrero hasta octubre; en el puerto de Quellón, el total fue de 16.074 erizos desde marzo hasta octubre. En Melinka el total fue de 15.777 erizos y los muestreos se extendieron desde marzo hasta octubre; en el mes de febrero no se obtuvo información debido a que en dicha localidad se declaró un incendio que mantuvo ocupada a la población durante gran parte del mes lo que afectó a las faenas de extracción de los recursos. En Puerto Chacabuco, se muestreó un total de 11.467 erizos desde febrero hasta octubre con la sola excepción de julio en que no hubo registro de desembarque. Esto último debido a que en dicho mes las actividades extractivas estuvieron dedicadas al recurso loco. En las localidades de Punta Arenas y Puerto Natales se muestrearon un total de 19.405 y 18.369 erizos, respectivamente. El período de muestreo, en ambas localidades fue febrero a agosto, y diciembre de 1998 y enero a marzo de 1999.

muy baja . Se presentan modas marcadas entre los 75 y 80 mm con un estrecho rango de tallas para la captura total..

La Figura 35 muestra la estructura de tallas del desembarque durante la temporada de pesca 1998-1999 en Puerto Natales. Se observa una mayor incidencia de ejemplares bajo la talla mínima legal y un mayor rango de tallas capturadas. Las modas varían entre 75 y 80 mm .

La Figura 36 muestra la estructura de tallas del desembarque durante la temporada de pesca 1998-1999 en Punta Arenas.. Al igual que en el caso anterior se presenta una mayor incidencia de ejemplares bajo la talla mínima legal y un mayor rango de tallas capturados, especialmente al comparar con los resultados de la XI Región. Las modas varían entre 75 y 80 mm. En todos los muestreos se encontraron ejemplares de bajo tamaño que son extraídos de manera incidental entre los grupos de tamaño objetivo.

En las Tablas 31, 32 y 33 se entregan los atributos de las frecuencias de tallas mensuales. La Tabla 31 muestra los resultados para los muestreos realizados en los desembarques de la X Región. La talla mínima (excluyendo los meses en que se presentan ejemplares juveniles) varió entre 52 mm (Mayo) y 60 mm (Febrero y Septiembre). El promedio varió entre 76.3 mm (Febrero) y 83.2 mm (Septiembre). La talla máxima varió entre 108 mm (Febrero) y 125 mm (Julio). La desviación estándar total fue de 8.77

La Tabla 32 muestra los resultados para los muestreos realizados en los desembarques de la XI Región. La talla mínima (excluyendo Abril) varió entre 52 mm (Mayo) y 66 mm (Febrero). El promedio varió entre 72.7 mm (Septiembre y Octubre) y 79.6 mm (Febrero). La talla máxima varió entre 98 mm (Julio) y 121 mm (Junio). Por otra parte, la desviación estándar total fue la menor de las tres Regiones consideradas , 5.77, denotando el estrecho rango de tamaños extraído y las modas marcadas presentes en casi todos los muestreos.

La Tabla 33 muestra los resultados para los muestreos realizados en los desembarques de la XII Región. La talla mínima de ejemplares muestreados varió entre 6 mm (Junio) y 37 mm (Agosto), lo anterior se explica por la presencia de ejemplares juveniles en todos los muestreos, los cuales son extraídos como “ fauna acompañante” . El promedio varió entre 74.8 mm (Marzo) y 77.6 mm (Diciembre). La talla máxima varió entre 101 mm (Agosto) y 124 mm (Abril).

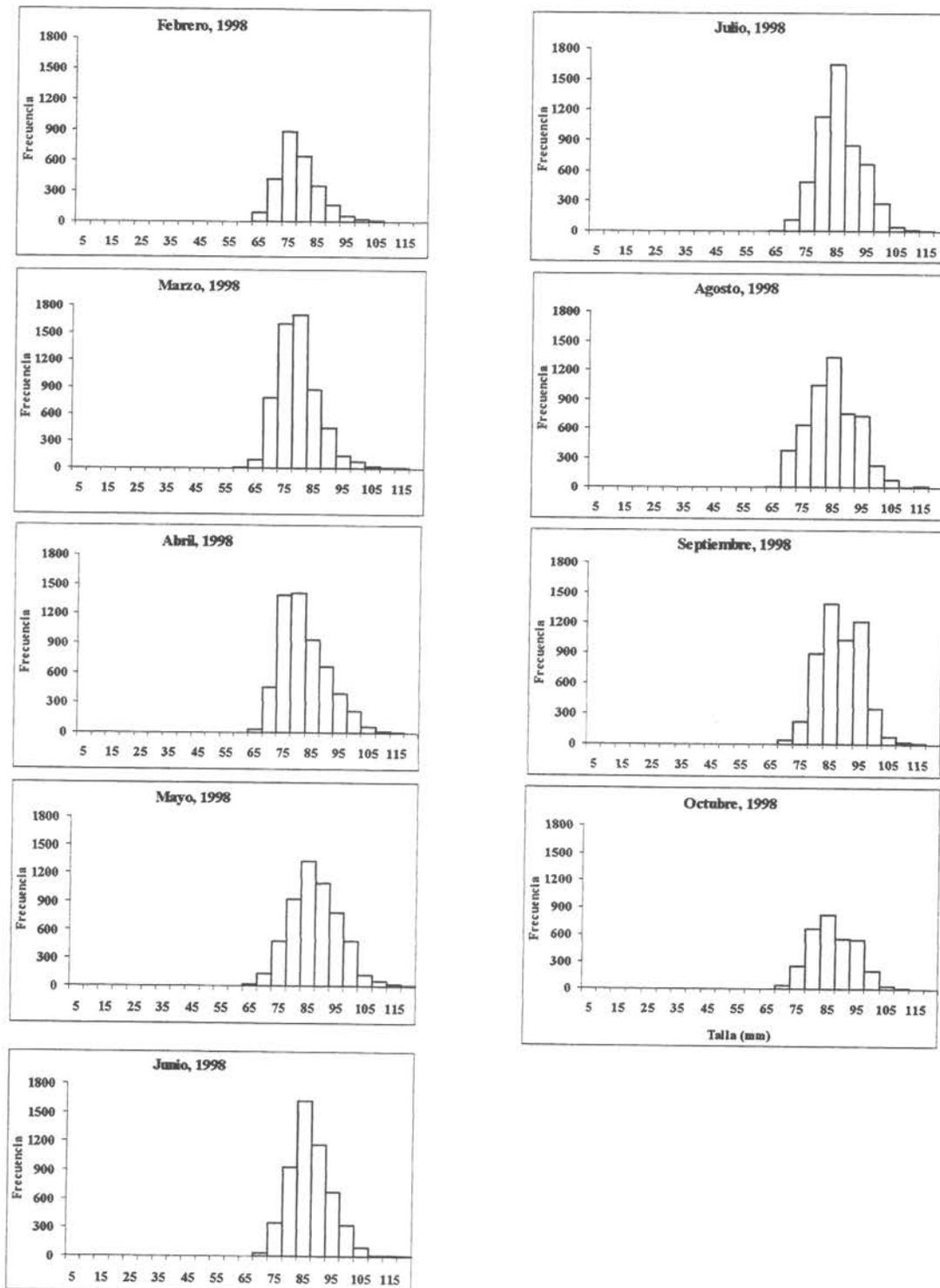


Figura 31 Estructura de tallas del desembarque de *Loxechinus albus* para la temporada de pesca 1998 en el puerto de Carelmapu (X Región).

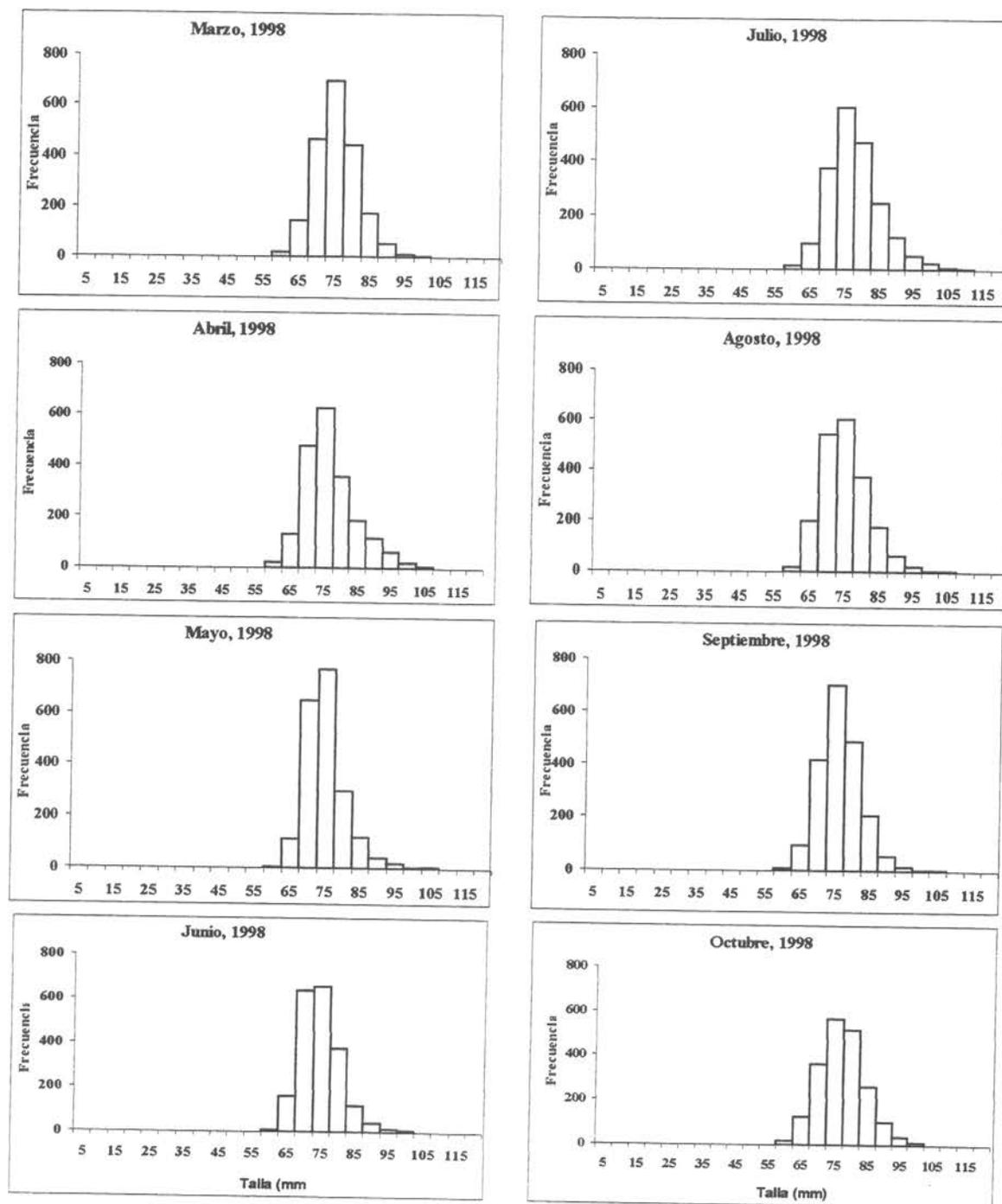


Figura 32 Estructura de tallas del desembarque de *Loxechinus albus* para la temporada de pesca 1998 en el puerto de Quellón (X Región).

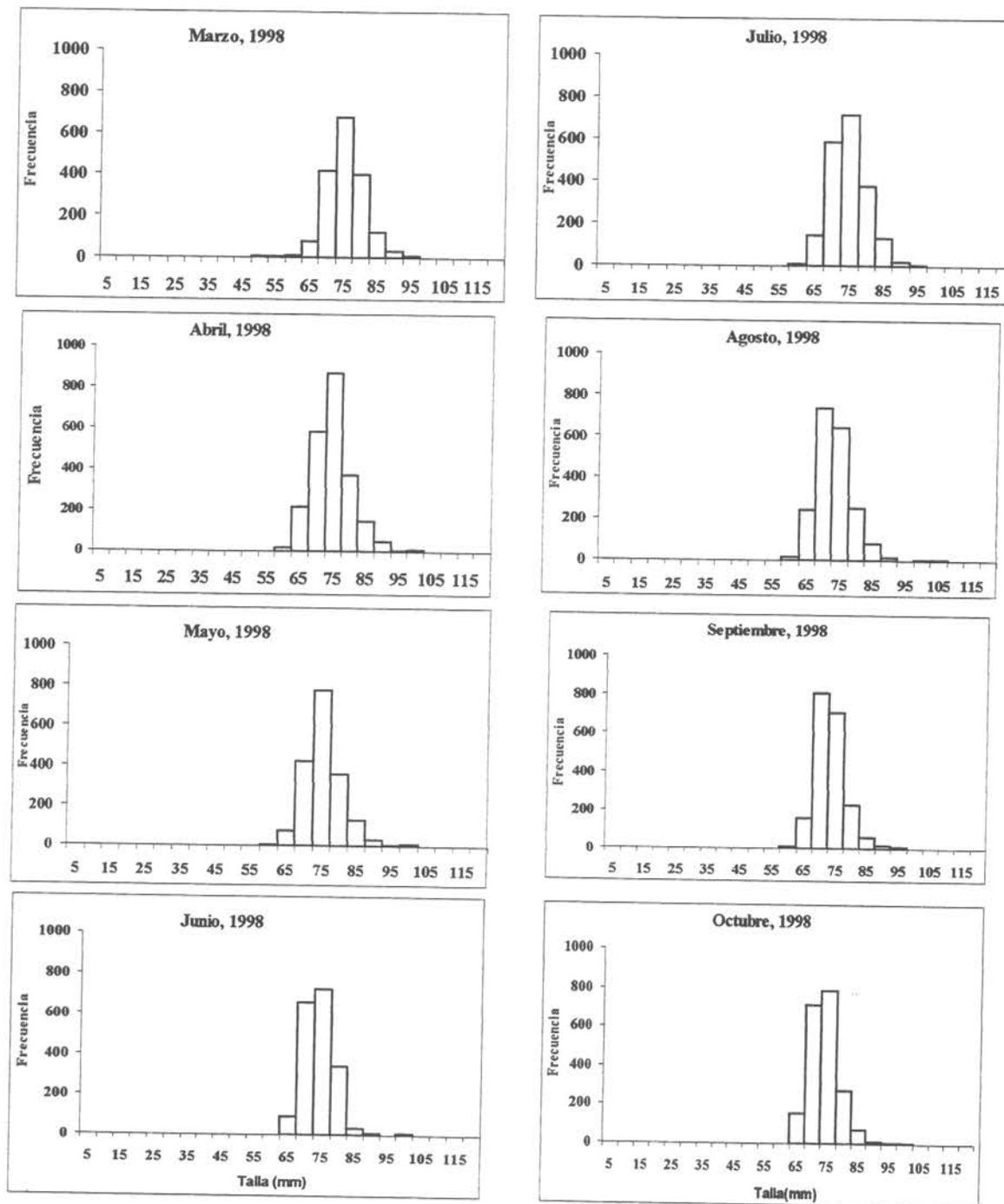


Figura 33 Estructura de tallas del desembarque de *Loxechinus albus* para la temporada de pesca 1998 en el puerto de Melinka (XI Región).

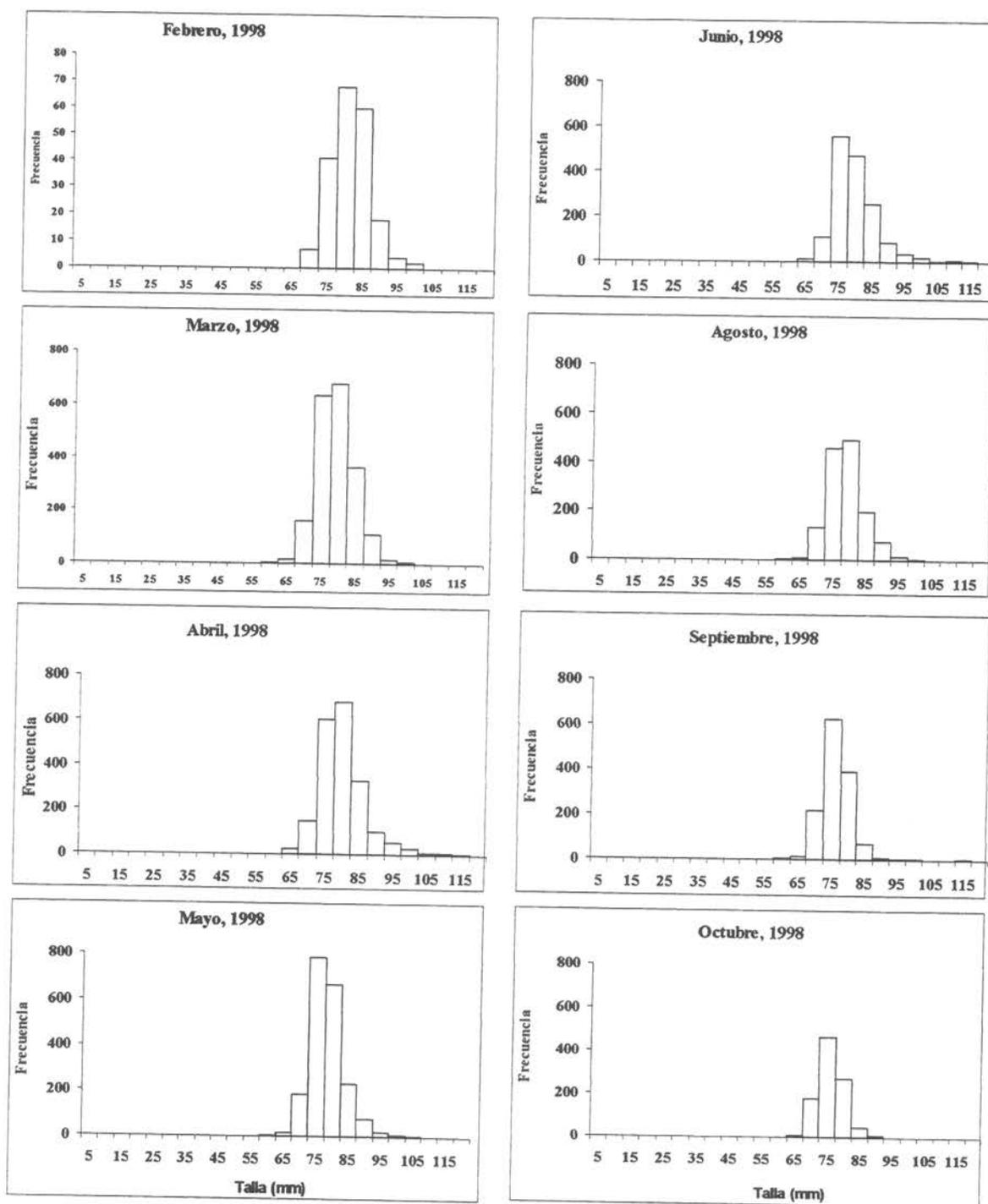
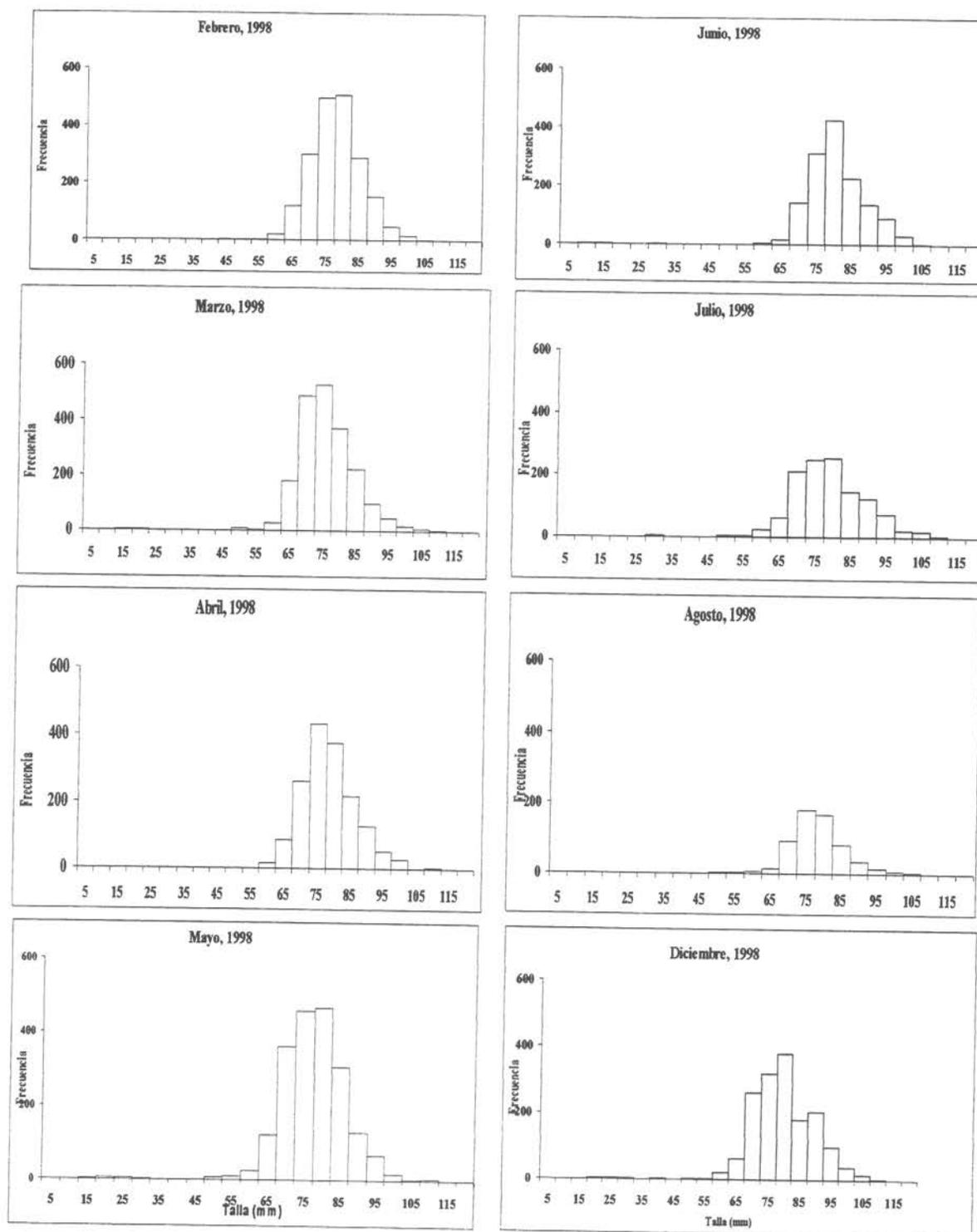


Figura 34 Estructura de tallas del desembarque de *Loxechinus albus* para la temporada de pesca 1998 en el puerto de Puerto Chacabuco (XI Región).



(continuación Figura 35 en la siguiente página)

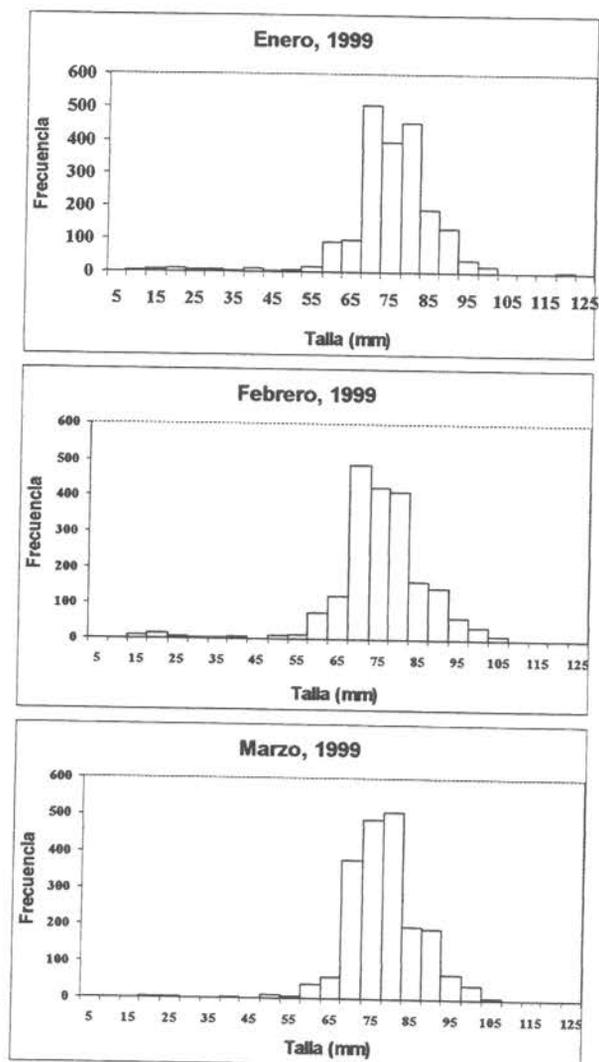
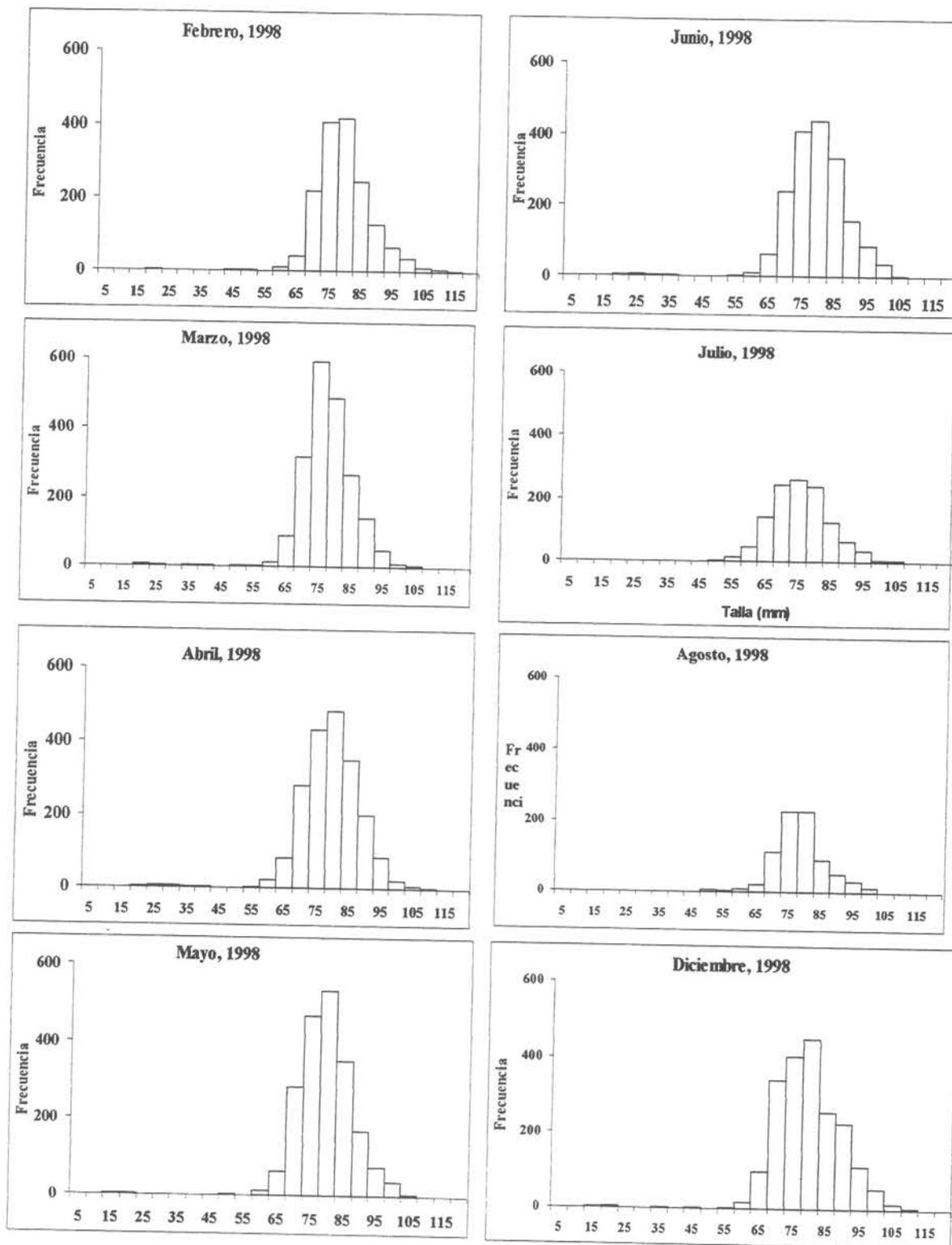


Figura 35 Estructura de tallas del desembarque de *Loxechinus albus* para la temporada de pesca 1998-1999 en el puerto de Puerto Natales (XII Región).



(continuación Figura 36 en la siguiente página)

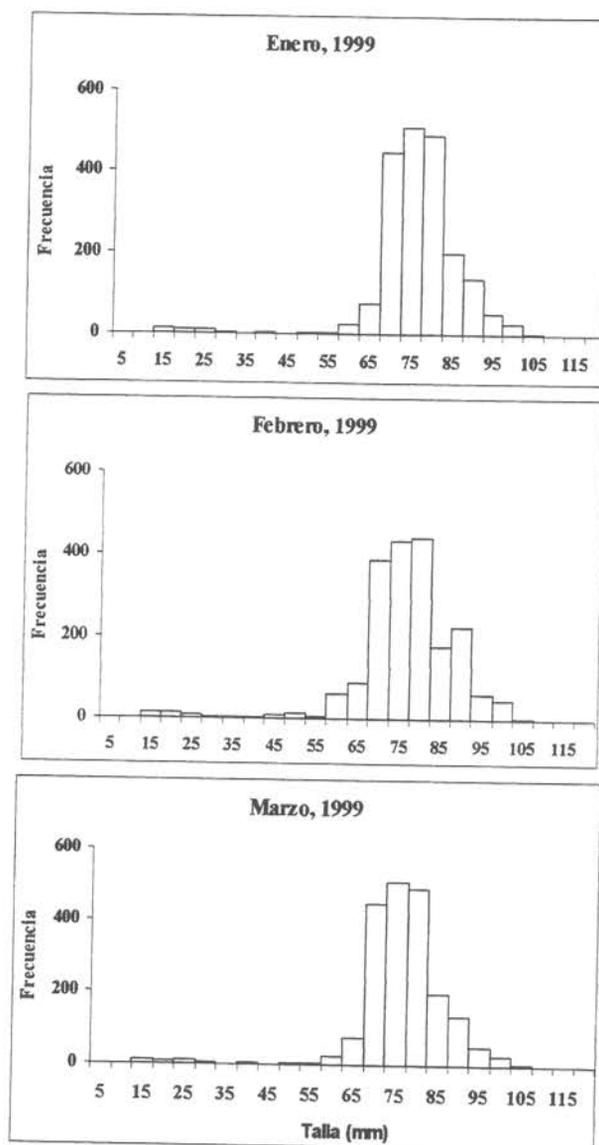


Figura 36 Estructura de tallas del desembarque de *Loxechinus albus* para la temporada de pesca 1998-1999 en el puerto de Punta Arenas (XII Región).

En las Figuras 37 y 38 se muestran las estructuras de tallas y edades de los desembarques de la temporada de pesca 1998 para las Regiones X y XI. En la Figura 39 se muestran las estructuras de tallas y edades de los desembarques para el período 1998 – 1999 (enero a marzo). En la X Región la estructura de talla del desembarque cubre un rango mayor que la XI y XII Regiones y la edad modal del stock es de 5 años al igual que la XI Región. La clase modal de la estructura de edad del stock de la XII Región es de 6 años, con una importante representación de las edades 7 y 8 años. Dichas clases no se presentaron en las restantes Regiones.

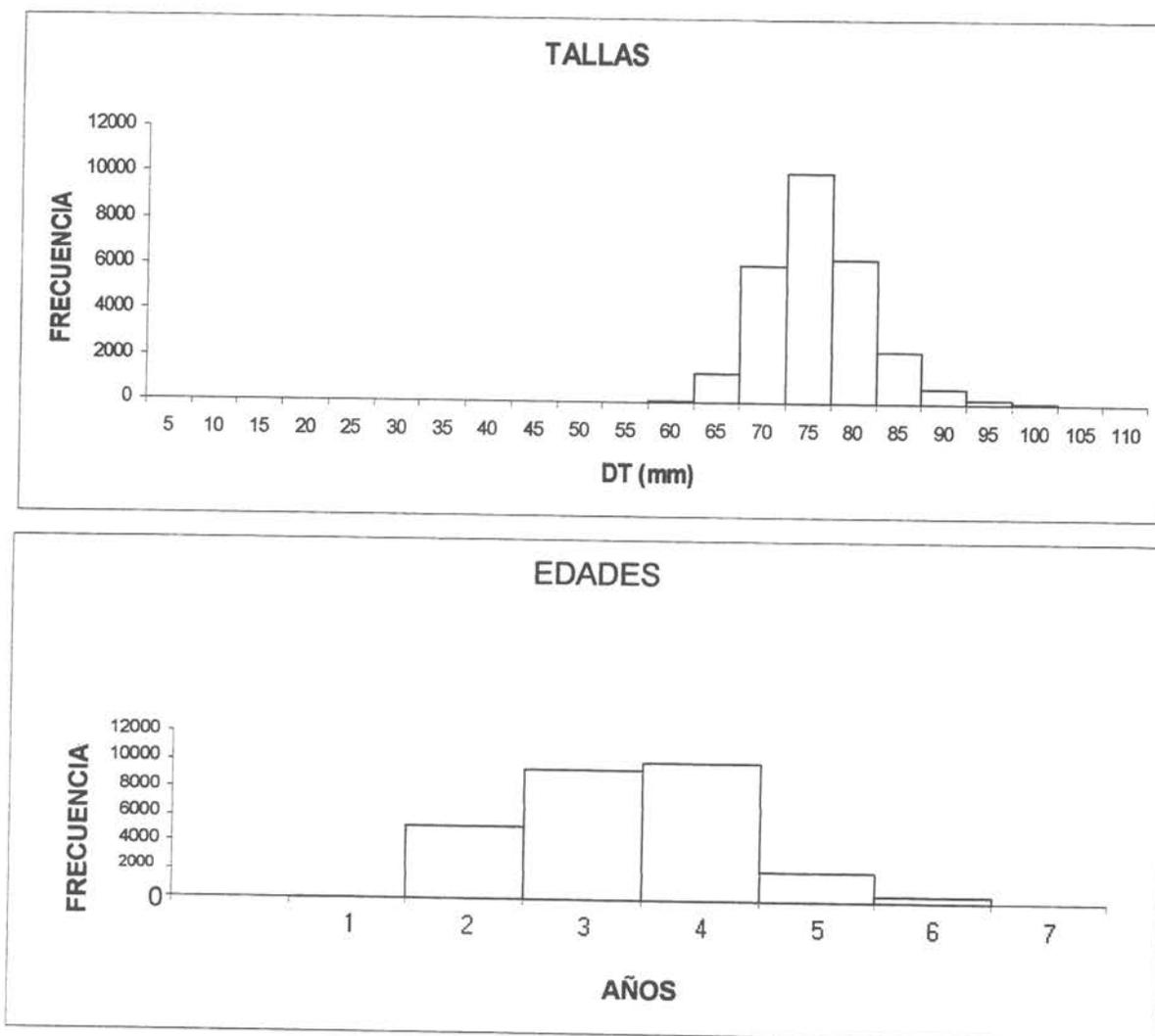


Figura 37 Estructura de tallas y edades del desembarque de *Loxechinus albus* en la X Región durante la temporada de pesca 1998 (de acuerdo a clave talla-edad de lectura de bandas).

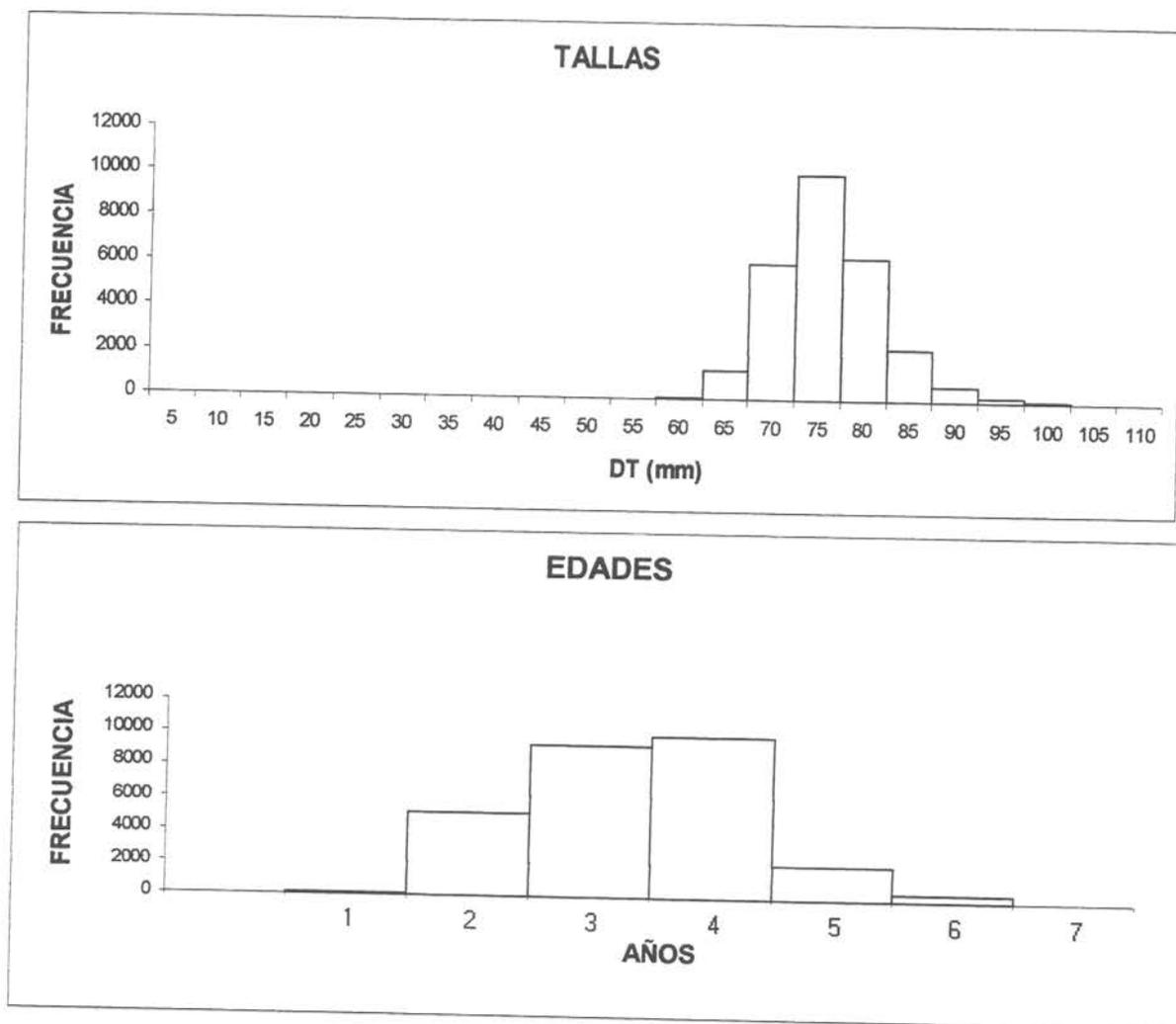


Figura 38 Estructura de tallas y edades del desembarque de *Loxechinus albus* en la XI Región durante la temporada de pesca 1998 (de acuerdo a clave talla-edad de lectura de bandas).

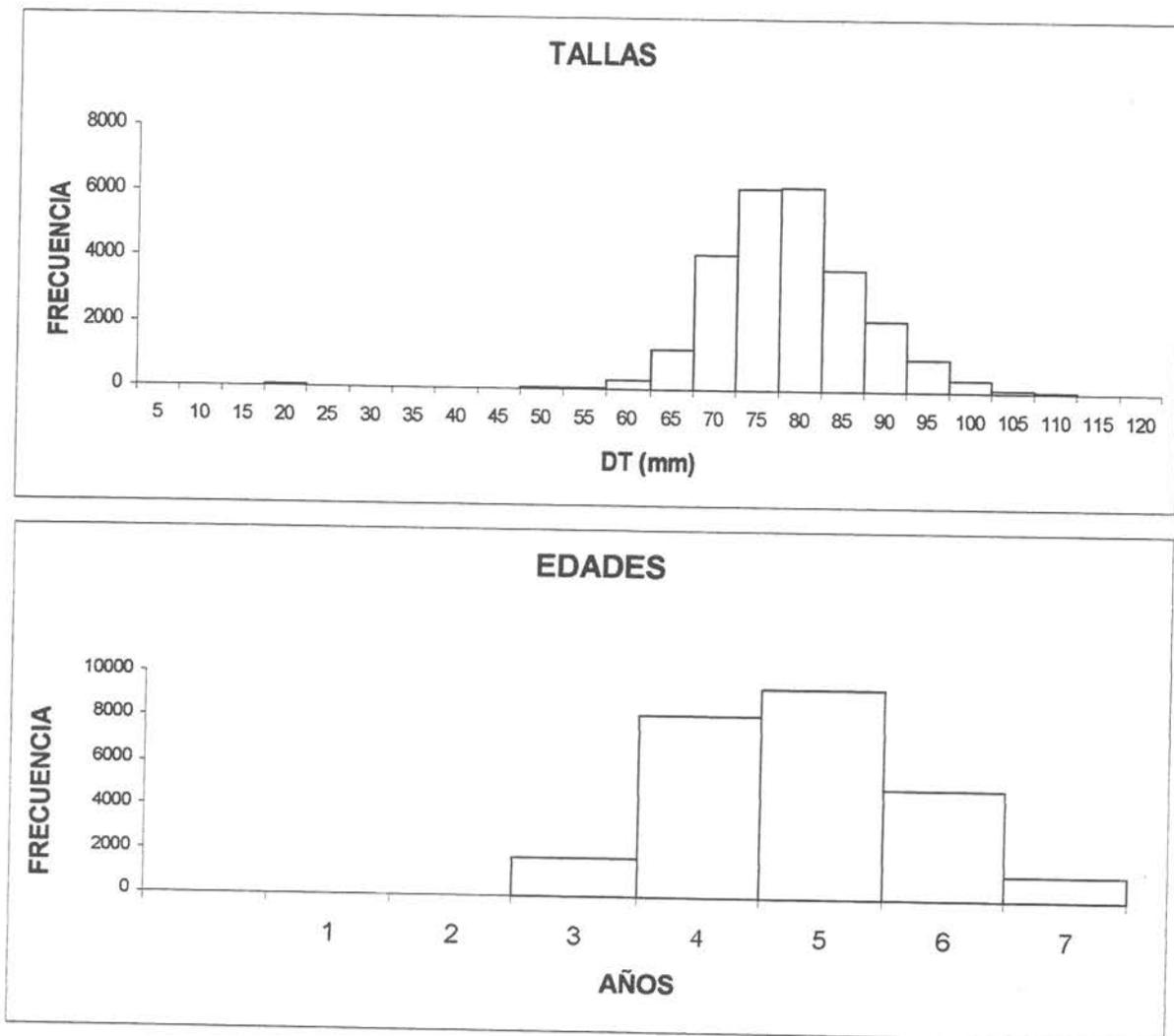


Figura 39 Estructura de tallas y edades del desembarque en la XII Región durante la temporada de pesca 1998-1999 (de acuerdo a clave talla-edad de lectura de bandas en placas genitales)

En las Figuras 40, 41 y 42 se entregan las estructuras de tallas y edades del desembarque de erizos para la temporada de pesca 1994-1995 en la X y XI Regiones (base de datos del proyecto FIP 93-13) y para la temporada de pesca 1996-1997 en la XII Región (base de datos del proyecto FIP 94-27A)

En la X y XI Regiones las edades de los erizos desembarcados se encuentran entre 2 y 6 años. La curva de edades en la X Región sigue una distribución normal. En la XI Región en la estructura de tallas y en la de edades se observa el efecto de la extracción en la porción derecha de la curva sobre la cohorte de 5 años.

En el desembarque de la XII Región se observan los erizos de mayor edad, 7 años.

Al comparar las Figuras 37 y 40 que muestran el desembarque de erizos de la X Región en la temporada 1998 y 1994 – 1995, respectivamente, se puede afirmar que el stock explotado en la última temporada es más joven. La cohorte de 5 años se encuentra muy disminuida si se le compara con el año 1994 – 1995.

El patrón general de la estructura de tallas y edades se mantiene en la XI Región para las temporadas 1994 – 1995 y 1998 – 1999 (Figuras 41 y 38), situación que se repite para la XII Región (Figuras 42 y 39).

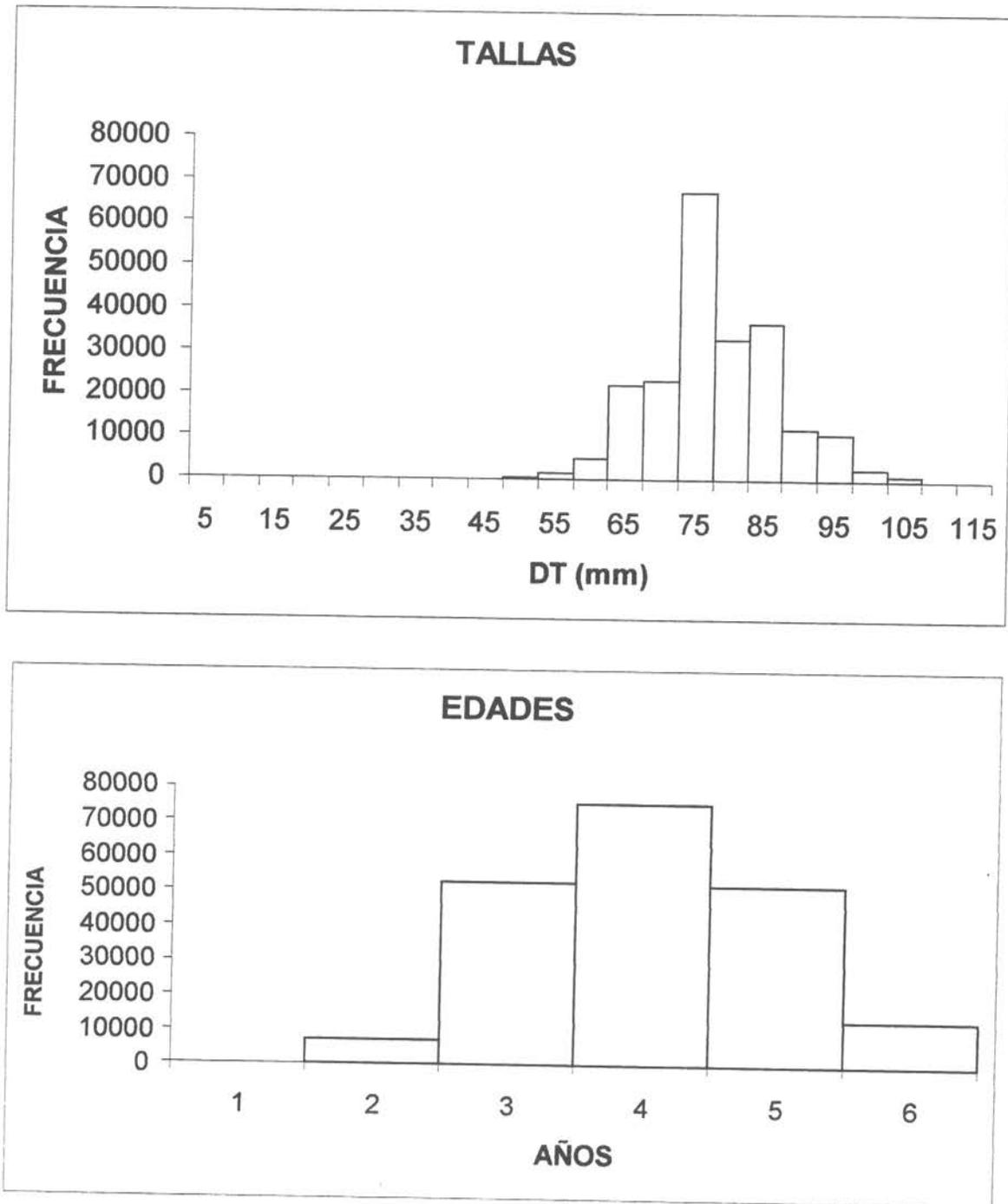


Figura 40 Estructura de tallas y edades del desembarque de *Loxechinus albus* en la X Región para la temporada de pesca de 1994 - 1995.

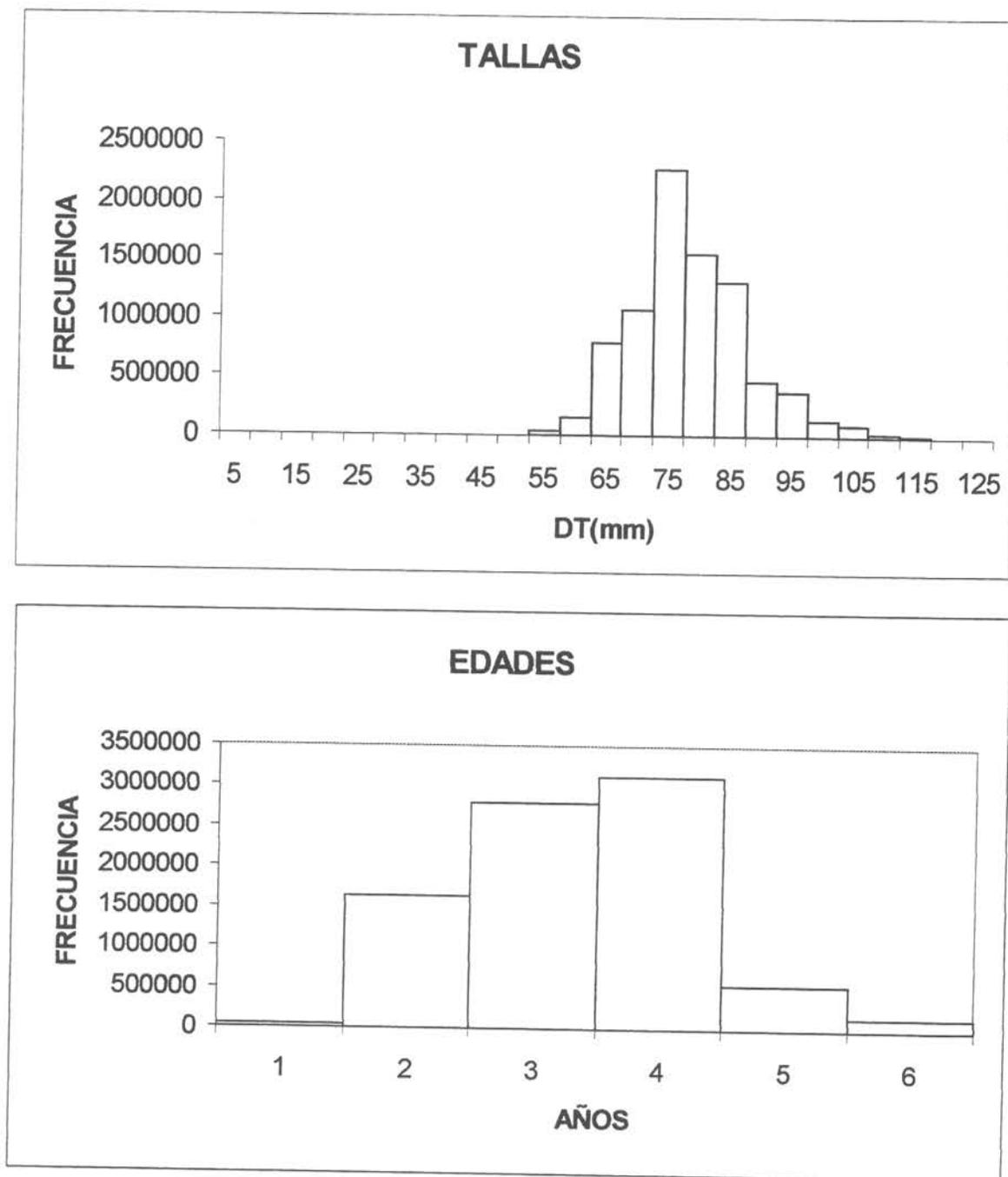


Figura 41 Estructura de tallas y edades del desembarque de *Loxechinus albus* en la XI Región para la temporada de pesca de 1994 - 1995.

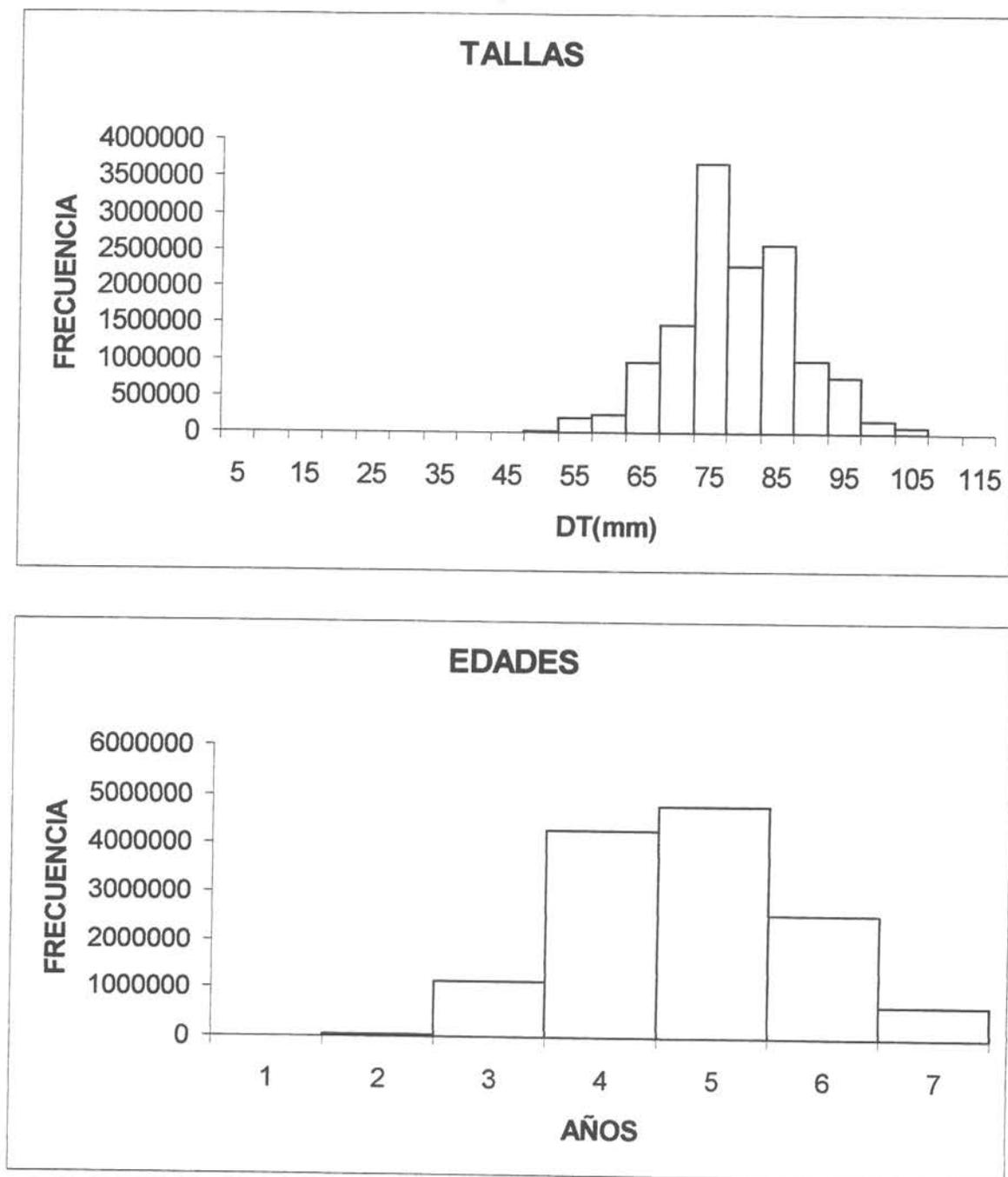


Figura 42 Estructura de tallas y edades del desembarque de *Loxechinus albus* en la XII Región para la temporada de pesca de 1996 - 1997.

6. MODELO DE CRECIMIENTO Y ESTIMACION DE PARAMETROS

6.1. METODOLOGIA

6.1.1. Análisis de crecimiento con MULTIFAN

Los datos básicos para el análisis de progresión modal correspondieron a las distribuciones de frecuencias de diámetro de la testa, obtenidas a partir de los registros de desembarques recolectados entre febrero y octubre de 1998 en la X y XI Región y entre febrero y diciembre en la XII Región. Si bien se contó con información de distribuciones de tallas de la XII Región entre enero y marzo de 1999 (ver Anexo 8), estas no fueron incorporadas en el análisis, debido a que no se dispuso de datos relativos a cantidad total de erizos de los cuales se extrajo la muestra (datos de desembarque), lo cual hizo imposible la amplificación de las muestras a la captura.

Las distribuciones de frecuencias de tallas muestreadas por caleta o centro de desembarque fueron sumadas en aquellos centros de desembarque cuyas zonas de procedencia (zona de pesca) correspondían a una misma región. Esto se realizó en forma mensual, de tal manera que se conformaron distribuciones de tallas mensuales y por Región.

Para el análisis de las distribuciones de frecuencias se utilizó el programa MULTIFAN de Fournier *et al.* (1990). Este programa si bien no remueve completamente las decisiones subjetivas en el análisis de frecuencias de tallas, al menos introduce limitantes objetivas en la forma de hipótesis estructurales sobre las cuales el modelo resulta ser más adecuado para los datos que se están analizando. Además MULTIFAN tiene la ventaja de analizar otros parámetros importantes tales como, la selectividad del primer grupo de edad, la dependencia de la desviación estándar en función de la talla promedio a cada grupo de edad y, la existencia

de crecimiento estacional, a la vez que permite estimar las proporciones de las distintas clases de edad que se encuentran en la distribución de frecuencias de tallas.

El algoritmo de MULTIFAN se basa en un modelo no-lineal, permitiendo una estimación robusta de los parámetros de crecimiento. Un método de máxima verosimilitud es utilizado para estimar la proporción de individuos a cada edad, en cada una de las muestras, y por supuesto los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy, con o sin oscilación estacional en el crecimiento. Además, MULTIFAN calcula desviaciones estándar y correlaciones de todos los parámetros estimados. Por otra parte, el uso del método de máxima verosimilitud ayuda a discriminar objetivamente entre modelos alternativos que se diferencian estructuralmente.

A continuación se detallará la formulación matemática empleada por el modelo en la estimación de los parámetros y curva de crecimiento.

6.1.1.1. El modelo

Sea :

- i subíndice que indexa el intervalo de la frecuencia de longitud.
- j subíndice que indexa las clases de edad.
- α subíndice que indexa el set de datos de frecuencia de longitud.
- N_j número de clases de edad presentes en el set de datos.
- N_A número de frecuencias de longitud en el set de datos.
- N_I número de intervalos de longitud en cada set de datos de frecuencia de longitud.
- S_α número de individuos en el α -ésimo set de datos de frecuencia de longitud.
- $f_{i\alpha}$ número de individuos cuyas longitudes están ubicadas en el i -ésimo intervalo de tallas, en el α -ésimo set de datos de frecuencias de longitud.
- $p_{j\alpha}$ proporción de la clase de edad j en el α -ésimo set de datos de frecuencia de longitud.

- $q_{ij\alpha}$ probabilidad que una clase de edad j , tomada aleatoriamente desde individuos que fueron muestreados para obtener el α -ésimo set de datos de frecuencia, tenga una longitud situada en el intervalo i .
- $Q_{i\alpha}$ probabilidad que un individuo tomado al azar, desde ejemplares que componían el α -ésimo set de datos de frecuencia de longitud, tengan una longitud situada en el intervalo de longitud i .
- $\tilde{Q}_{i\alpha}$ proporción de ejemplares en el α -ésimo set de datos de frecuencia de longitud que tienen una longitud situada en el intervalo de longitud i .
- $\mu_{j\alpha}$ longitud media de la clase de edad j en el α -ésimo set de datos de frecuencias de longitud.
- $\sigma_{j\alpha}$ desviación estándar de la distribución de la clase de edad j en el α -ésimo set de datos de frecuencias de longitud.
- x_i punto medio del i -ésimo intervalo de frecuencia de longitud.
- w ancho del intervalo de frecuencia de longitud.
- L_1 longitud media de la primera clase de edad sobre la curva de von Bertalanffy en el mes 1.
- L_{NJ} longitud media de la última clase de edad sobre la curva de von Bertalanffy en el mes 1.
- K parámetro K de von Bertalanffy.
- ρ coeficiente de crecimiento de Brody ($K = -\ln(\rho)$).
- λ_1, λ_2 parámetros que determinan la desviación estándar $\sigma_{j\alpha}$.
- τ_α parámetros que determinan la varianza total de los errores de muestreo del α -ésimo set de datos de frecuencia de longitud.
- $\xi_{i\alpha}$ parámetros que determinan la varianza relativa de los errores de muestreo dentro del α -ésimo set de datos de frecuencia de longitud.
- δ parámetro que determina la varianza del error de muestreo en todos los set de datos de frecuencia de longitud.
- b_1 parámetro que determina la cantidad de selectividad a la talla para la primera clase de edad.

El modelo asume $Q_{i\alpha}$ que depende de un set de parámetros $\Theta = (\theta_1, \dots, \theta_r)$. La forma exacta y el número de parámetros depende de la específica formulación que se haga del modelo. Esta dependencia se denota por $Q_{i\alpha}(\Theta)$.

Si los datos de frecuencia de longitud salen de muestras aleatorias, donde la probabilidad de cada individuos en el α -ésimo set de datos tenga una longitud en el intervalo de longitud i , es $Q_{i\alpha}(\Theta)$; la probabilidad de obtener la frecuencia observada ($f_{i\alpha}$) es igual a una constante por la expresión:

$$\prod_{\alpha=1}^{N_A} \prod_{i=1}^{N_I} Q_{i\alpha}(\Theta)^{f_{i\alpha}}$$

Los estimados máximo verosímiles para los parámetros Θ se encontrarán mediante maximizar la ecuación anterior o, equivalentemente, mediante maximizar la función log-verosímil con respecto a este parámetro, es decir :

$$\max \sum_{\alpha=1}^{N_A} \sum_{i=1}^{N_I} f_{i\alpha} \ln(Q_{i\alpha}(\Theta))$$

El estadístico A , introducido en el análisis de frecuencias de longitud de Schnute y Fournier (1980) es más conveniente que la función log-verosímil,

$$A = -2 \sum_{\alpha=1}^{N_A} \sum_{i=1}^{N_I} f_{i\alpha} \ln \left(\frac{Q_{i\alpha}(\Theta)}{\tilde{Q}_{i\alpha}} \right)$$

La ventaja de la ecuación anterior es que bajo la hipótesis de que el modelo es correcto, A se distribuye asintóticamente como una variable χ^2 con $N_A N_I$ (número de parámetros en el modelo) grados de libertad, lo que hace posible tener una idea de lo bien que el modelo ajusta los datos. Minimizar el estadístico A es equivalente a maximizar la función log-verosímil.

6.1.1.2. Estimación robusta

El método de máximo verosimilitud goza de una posición prominente entre los procedimientos de estimación estadística. A fines de la década pasada, se logró comprender

que, aunque los estimados máximo verosímiles tienen buenas propiedades cuando las suposiciones del modelo son satisfechas, su desempeño puede degradar rápidamente cuando las suposiciones del modelo no son satisfechas. La propiedad de un estimador estadístico que le permite comportarse bien en todo el rango de desviaciones, desde las suposiciones estadísticas, es llamado robustez.

En aplicaciones reales, a menudo son más importantes las consideraciones de robustez que las óptimas propiedades teóricas de un estimado máximo verosímil convencional. La ventaja de MULTIFAN es retener las ventajas de la estimación máximo verosímil, pero incorpora en la estructura del modelo la posibilidad de unas pequeñas desviaciones del modelo de hipótesis y construye un esquema robusto de estimación verosímil, el cual puede proveer una adecuada descripción de los datos.

Desde un modelo de hipótesis, dos diferentes tipos de desviaciones pueden ocurrir en un análisis de frecuencia de longitud. La longitud de un individuo puede ser registrada en una región donde el modelo predice que es casi improbable observar este individuo. Tal observación puede surgir de un error en la transcripción de los datos o simplemente representar un evento inusual. En cualquier caso, esto puede tener una mala influencia sobre los estimados máximo verosímiles obtenidos mediante maximizar la expresión de log-verosimilitud. Se denomina desviación Tipo I a la ocasional ocurrencia de un evento de muy baja probabilidad.

El otro tipo de desviación ocurre en una región donde la probabilidad de registrar la longitud de un individuo es alta. En este caso, la frecuencia observada en un intervalo de longitud, sea más alta o más baja que esta, estaría considerando la exactitud de la mayoría de las observaciones. Esto será calificado de desviación Tipo II. MULTIFAN es un modelo intensivo para un pequeño número de desviaciones tipo I o II.

Si la $\tilde{Q}_{i\alpha}$ es derivada de una muestra aleatoria de tamaño S_α , esta sería una variable aleatoria con media $Q_{i\alpha}$ y varianzas $(1-Q_{i\alpha})Q_{i\alpha}/S_\alpha$. Puesto que $\xi_{ia}=(1-Q_{i\alpha})Q_{i\alpha}$, determina las

varianzas relativas de $\tilde{Q}_{i\alpha}$ dentro de una muestra, mientras S_α puede ser considerado como un factor de escala para determinar el tamaño total de todas las varianzas de $\tilde{Q}_{i\alpha}$ en la muestra.

Como $Q_{i\alpha}$ tiende a cero, el correspondiente $\xi_{i\alpha}$ tiende a cero también. Esto refleja el hecho que para muestreos aleatorios, un evento con muy poca probabilidad casi nunca ocurrirá. Para datos del mundo real, no obstante, eventos muy improbables parecen ocurrir en forma muy frecuente. Para que el rendimiento del modelo sea menos sensitivo a la ocurrencia de eventos improbables, un límite bajo es puesto a la varianza relativa de $\tilde{Q}_{i\alpha}$. Los factores de escala, S_α , son reemplazados por los parámetros τ_α , a ser estimados dentro del modelo.

MULTIFAN asume que la varianza de la variable aleatoria $\tilde{Q}_{i\alpha}$ es igual a $(\xi_{i\alpha} + .1/N_I) \tau_\alpha^2$, donde τ_α son parámetros a ser estimados. El término $.1/N_I$ es incluido para que la expresión de varianza relativa no tienda a cero como el correspondiente $Q_{i\alpha}$ tiende a cero. Esto entrega un modelo intensivo para desviaciones tipo I.

Si $\tilde{Q}_{i\alpha}$ fuera independiente, variable aleatoria normalmente distribuida, su función de verosimilitud tendría la forma

$$\prod_{\alpha=1}^{N_A} \prod_{i=1}^{N_I} \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi(\xi_{i\alpha} + .1/N_I)\tau_\alpha}} \exp \left\{ -\frac{(\tilde{Q}_{i\alpha} - Q_{i\alpha})^2}{2(\xi_{i\alpha} + .1/N_I)\tau_\alpha^2} \right\} \right]$$

Esta función de verosimilitud, basada en una distribución normal, es muy sensitiva a grandes desviaciones para los valores esperados de $Q_{i\alpha}$. Para hacer la ecuación anterior más robusta, se asume una pequeña contaminación, uniformemente distribuida, en la distribución normal. Esto hace al modelo intensivo para desviaciones tipo II. La función de verosimilitud es

$$\prod_{\alpha=1}^{N_A} \prod_{i=1}^{N_I} \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi(\xi_{i\alpha} + .1/N_I)\tau_\alpha}} \left(\exp \left\{ -\frac{(\tilde{Q}_{i\alpha} - Q_{i\alpha})^2}{2(\xi_{i\alpha} + .1/N_I)\tau_\alpha^2} \right\} + .01 \right) \right]$$

La razón para poner el valor .01 en la ecuación anterior es que para una distribución normal, uno usualmente comienza a considerar una observación para que sea candidata al estatus de atípica cuando está 3 desviaciones estándar alejada de la media. Por el momento, denote σ la desviación estándar de una variable aleatoria normalmente distribuida, y sea $\mu=3\sigma$. Luego $\exp(-\mu^2/2\sigma^2) \approx 0.011$, así que el uso de .01 en la ecuación anterior asegura que la influencia de las observaciones sobre los parámetros estimados decrezca rápidamente, así como la distancia de más de tres desviaciones estándar con respecto a la media. Aplicando logaritmos a esta ecuación se obtiene la función log-verosimil:

$$-\frac{1}{2} \sum_{\alpha=1}^{N_A} \sum_{i=1}^{N_I} \log_e(2\pi(\xi_{i\alpha} + 0.1/N_I)) - \sum_{\alpha=1}^{N_A} N_I \log_e(\tau_\alpha) + \sum_{\alpha=1}^{N_A} \sum_{i=1}^{N_I} \log_e \left[\exp \left\{ \frac{-(Q_{i\alpha} - Q_{i\alpha})^2}{2(\xi_{i\alpha} + 0.1/N_I)\tau_\alpha^2} \right\} + 0.01 \right]$$

Hay varias posibilidades para reparametrizar τ_α las cuales representan diferentes suposiciones acerca de la exactitud relativa de las frecuencias de longitud observadas que componen los diferentes set de datos de frecuencias de longitud. En la presente formulación del modelo se ha hecho la suposición simplista de que todas las muestras son igualmente exactas. Sea δ un parámetro del modelo que determina la varianza de todas las tallas en el error de muestro. La suposición de que todas las muestras son igualmente exactas es implementada mediante ajustar $\tau_\alpha = \delta$ para todos los α .

La expresión anterior forma la base del esquema de estimación robusta basada en la verosimilitud que MULTIFAN ha adoptado, esto es, los parámetros son estimados mediante maximizar la expresión anterior.

6.1.1.3. Principales supuestos del modelo

En este punto, son muchos los parámetros independientes en el modelo para obtener una conveniente estimación de los parámetros. Más de la estructura del modelo involucra algunas suposiciones biológicas, las cuales son hechas para reducir el número de parámetros independientes. Las principales suposiciones estructurales son:

1. Las longitudes de los organismos en cada clase de edad se distribuyen normal alrededor de una longitud media.
2. La longitud media a la edad está sobre (o cerca) de la curva de crecimiento de von Bertalanffy.
3. Las desviaciones estándar de las longitudes actuales cercanas a la longitud media a la edad son una función simple de la longitud media a la edad.

Si las longitudes de la clase de edad j en el α -ésimo set de datos de frecuencias de longitud están normalmente distribuidas alrededor de su media $\mu_{j\alpha}$ con desviación estándar $\sigma_{j\alpha}$, $q_{ij\alpha}$ puede ser expresado en términos de $\mu_{j\alpha}$ y $\sigma_{j\alpha}$ mediante

$$q_{ij\alpha}(\mu_{j\alpha}, \sigma_{j\alpha}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{j\alpha}} \int_{x_i - w/2}^{x_i + w/2} \exp\left\{-\frac{(x - \mu_{j\alpha})^2}{2\sigma_{j\alpha}^2}\right\} dx$$

Para $\sigma_{j\alpha} > w$ la integral puede ser aproximada suficientemente bien mediante

$$q_{ij\alpha}(\mu_{j\alpha}, \sigma_{j\alpha}) = \frac{w}{\sqrt{2\pi} \sigma_{j\alpha}} \exp\left\{-\frac{(x_i - \mu_{j\alpha})^2}{2\sigma_{j\alpha}^2}\right\}$$

Esta aproximación ha sido usada en el modelo.

Ahora se asume que la longitud media $\mu_{j\alpha}$ esta sobre la curva de von Bertalanffy como

$$\mu_{j\alpha} = L_1 + (L_{N_j} + L_1) \left(\frac{1 - \rho^{j+(m(\alpha)-1)/12}}{1 - \rho^{N_j}} \right)$$

donde L_1 , la longitud media de la primera clase de edad, L_{N_j} , la longitud media de la última clase de edad y ρ , el coeficiente de crecimiento de Brody, son los tres parámetros que determinan la forma de la curva de von Bertalanffy, y $m(\alpha)-1$ es el número de meses después

del mes de cumpleaños presumible en el α -ésimo set de datos de frecuencia de longitud. Esta parametrización de la curva de crecimiento de von Bertalanffy está tomada de Schnute y Fournier (1980).

La parametrización para las desviaciones estándar $\sigma_{j\alpha}$ es una simple función de la longitud, involucrando dos parámetros λ_1 y λ_2 , y está dada por

$$\sigma_{j\alpha} = \lambda_1 \exp \left\{ \lambda_2 \left[-1 + 2 \left(\frac{1 - \rho^{j+(m(\alpha)-1)/12}}{1 - \rho^{N_j}} \right) \right] \right\}$$

donde el término encerrado entre paréntesis cuadrados expresa la longitud dependencia de la desviación estándar, independientemente del valor numérico de los parámetros L_1 y L_{N_j} . Los dos coeficientes, λ_1 y λ_2 , transforman la longitud reescalada a desviación estándar. λ_1 determina la magnitud de la desviación estándar, y λ_2 determina tendencia longitud-dependiente en la desviación estándar. Si $\lambda_2=0$, la desviación estándar es longitud independiente.

Los parámetros $p_{j\alpha}$, L_1 , L_{N_j} , K , λ_1 , λ_2 y δ para $1 < j < N_j$ forman el set de parámetros fundamentales en relación a los cuales todos los otros parámetros pueden ser expresados y la función de log-verosimilitud puede ser expresada. (Si la exactitud relativa de los datos de frecuencia de longitud son estimados, entonces el τ_α es un parámetro independiente del modelo en lugar de δ). Note que $Q_{i\alpha}$ satisface la relación

$$Q_{i\alpha} = \sum_{j=1}^{N_j} p_{j\alpha} q_{ij\alpha}$$

Los pasos en el cálculo de los parámetros del modelo son:

1. Calcular $\sigma_{j\alpha}$ usando los parámetros fundamentales λ_1 , λ_2 y K (recordar que $\rho = \exp(-K)$).
2. Calcular $\mu_{j\alpha}$ usando L_1 , L_{N_j} y ρ .
3. Calcular $q_{ij\alpha}$ usando $\mu_{j\alpha}$ y $\sigma_{j\alpha}$.
4. Calcular $Q_{i\alpha}$ usando $q_{ij\alpha}$ y $p_{j\alpha}$.

6.1.1.4. Inclusión de variación estacional en el crecimiento

Para incluir la variación estacional en la curva de crecimiento en MULTIFAN se ha usado la forma propuesta por Pauly y Gaschütz (1979).

$$\mu_{j\alpha} = L_1 + (L_{N_j} - L_1) \left(\frac{1 - \rho^{j + (\text{mes}(\alpha) - 1)/12 + \frac{\phi_1}{2\pi} \sin(2\pi(\text{mes}(\alpha)/12 - \phi_2))}}{1 - \rho^{N_j}} \right)$$

donde $0 \leq \phi_1 \leq 1$ y $0 \leq \phi_2 < 1$.

El parámetro ϕ_1 determina la magnitud del efecto estacional. Si $\phi_1=0$ no hay efecto estacional. Si $\phi_1=1$ el individuo actualmente para de crecer hasta el punto donde la componente estacional del crecimiento alcanza el valor mínimo.

El parámetro ϕ_2 determina el mes donde la componente estacional de la tasa de crecimiento alcanza los valores máximos y mínimos.

6.1.1.5. Estimación de la selectividad a la talla para la primera clase de edad

Para algunos sets de datos de frecuencia de longitud, el procedimiento de muestreo de la pesquería no selecciona los individuos pequeños en la primera clase de edad. El efecto de esta selectividad a la talla es que la longitud media de los ejemplares en la primera clase de edad, en el set de datos de frecuencias de longitud, es más grande que la media de los ejemplares en la población. Si el sesgo del muestreo no es considerado, se producen estimaciones de parámetros sesgadas. Aquí se asume que el sesgo de la selectividad a la talla ocurre para los individuos en la primera clase de edad y que este decrece linealmente con la edad hasta que los individuos alcanzan la segunda clase de edad.

$$\mu_{1\alpha} = L_1 + (L_{N_j} - L_1) \left(\frac{1 - \rho^{1 + (m(\alpha) - 1)/12}}{1 - \rho^{N_j}} \right) + b_1(12 - m(\alpha))/12$$

6.1.1.6. La secuencia analítica

La secuencia analítica seguida con MULTIFAN consiste en los siguientes pasos :

a) **Proceso de inicialización**

Esta es la parte más importante, donde se toman decisiones en base a los aspectos biológicos del recurso. En esta etapa se debe indicar : (i) el “Mes 1”, que consiste en el grupo de erizos con la talla modal más pequeña en la serie de tiempo ; (ii) la desviación estándar de una moda bien definida, y (III) algunas longitudes promedio para asegurar que el modelo ajuste las modas apropiadamente y exhiba un comportamiento estable. Finalmente se debe indicar : (iv) el número de clases de edad que se supone están presentes en la distribución de frecuencias de tallas, y (v) valores probables del parámetro K .

b) **Estimación inicial o búsqueda sistemática inicial**

En esta etapa se estiman los parámetros, considerando el modelo con las hipótesis estructurales más simples, para cada número de clases de edad y manteniendo constante el parámetro K .

c) **Estimación del parámetro K**

Sólo después que todos los otros parámetros han sido estimados, se procede a estimar el valor definitivo de K .

d) **Modificación de la búsqueda inicial**

Según las siguientes hipótesis estructurales del modelo : (i) dependencia de la desviación estándar con la talla promedio a la edad ; (ii) sesgo por selección de la longitud promedio de la primera clase de edad ; y, (iii) inclusión de los parámetros de crecimiento estacional (amplitud y fase). En *Loxechinus albus* se analizaron todas las combinaciones posibles de estas hipótesis, lo que conllevó a la estimación de 8 modelos, cuya estructura se presenta en la Tabla 17.

e) **Selección de los modelos con distinto número de clases de edad**

El modelo seleccionado, entre distinto número de clases de edad, será aquel que genere un significativo incremento en la función de máximo verosimilitud entre clases de edad consecutivas. Para ello, se utilizó un nivel de confianza del 90%, recomendado por Fournier *et al.* (1990) para reducir la probabilidad de ocurrencia de un error de tipo II, i.e. rechazar un modelo conteniendo una clase de edad extra cuando esta se encuentra realmente presente en la distribución de frecuencias de tallas.

f) **Selección de modelos con hipótesis estructurales alternativas**

Esta es la etapa final, donde se debe seleccionar entre modelos con hipótesis estructurales alternativas. En esta etapa se selecciona el modelo que tiene el más alto valor de máxima verosimilitud, al ser incluido un parámetro más en el modelo. Esto se realiza a través de la función χ^2 , esta vez al nivel de confianza 95%.

Tabla 17. Resumen de los parámetros estimados en cada modelo. Un signo + indica que el parámetro fue estimado por el modelo

Parám.	MODELOS							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
K	+	+	+	+	+	+	+	+
λ_2	-	+	-	+	-	+	-	+
b_1	-	-	+	+	-	-	+	+
ϕ_1	-	-	-	-	+	+	+	+
ϕ_2	-	-	-	-	+	+	+	+
D E S C R I P C I O N	Desviación estándar constante e independiente de la longitud media de los grupos de edad	Desviación estándar dependiente de la longitud media de los grupos de edad	Toma en cuenta el sesgo por selección en el primer grupo modal	Se toman en cuenta las hipótesis de los modelos (2) y (3)	Se considera crecimiento estacional solamente	Crecimiento estacional con desviación estándar dependiente de la edad	Crecimiento estacional con sesgo por selección del primer grupo modal	Crecimiento estacional e hipótesis estructurales (2) y (3)

6.1.2. Relación somatométrica

Para caracterizar el modelo de crecimiento en peso según la talla de los ejemplares se consideró el clásico modelo potencial con dos parámetros, es decir

$$\text{Peso} = aDT^b$$

donde *Peso* es el peso total del erizo en gramos ; *DT* es el diámetro de la testa en mm y *a, b* son los parámetros de la ecuación.

Con el objeto de averiguar si el parámetro *b* es estadísticamente distinto de 3 (isometría del crecimiento), se aplicará el test *t* de Student.

Este test se basa en la comparación entre pendientes donde la dócima de hipótesis es la siguiente :

$$H_0: \quad b=3$$

$$H_1: \quad b \neq 3$$

Bajo una distribución *t*-Student con $(n-2)$ grados de libertad y un 95% de confianza, en que el *t* calculado se define por :

$$t = \frac{S_x(\hat{b} - 3)}{s}$$

donde :

$$S_x^2 = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$S_y^2 = \sum (y_i - \bar{y})^2$$

$$SSE = S_y^2 - \hat{b}^2 S_x^2$$

$$s = \sqrt{\frac{SSE}{n-2}}$$

$$MSE = \frac{S_y^2}{n-2}$$

$$SE_{(b1)} = \sqrt{\frac{MSE}{S_x^2}}$$

con un *t* de tabla igual a :

$$t^* = \frac{\hat{b} - 3}{SE_{(B1)}}$$

en el caso en que el t calculado sea menor que el t de tabla (t^*), entonces la hipótesis nula es aceptada, ya que cae en la región de aceptación (a la izquierda del umbral crítico), sin embargo, si el t calculado es mayor que el t de tabla, entonces el valor cae en la región de rechazo (a la derecha del umbral crítico) y la hipótesis nula es descartada para dar supremacía entonces a la hipótesis alternativa H_1 .

Alternativamente, y dado que los registros de peso pueden presentar una alta variabilidad a la talla, se estimará la relación somatométrica según la ecuación propuesta por Beyer (1991):

$$\overline{Peso} = aDT^b(1 + 0,5b(b-1)CV^2)$$

donde \overline{Peso} es el peso medio de los individuos de talla DT ; a, b son los parámetros de la ecuación; y, CV representa el coeficiente de variación de los pesos de cada longitud.

Los modelos propuestos fueron ajustados utilizando el programa de ajuste de curvas *Jandel Scientific - Table Curve 2D*, mediante el procedimiento de Levenburg-Marquardt y asumiendo un error de tipo Gaussiano.

6.1.3. Índice de crecimiento efectivo (Φ')

El crecimiento efectivo de *L. albus* será caracterizado, además, a través del índice promedio de crecimiento efectivo (*growth performance index*) de Pauly y Munro (1984), el cual, se ha visto que al menos para un grupo de peces, presenta una distribución normal con coeficientes de variación que decrecen desde el nivel de familia al de especie. El índice se calcula según la siguiente expresión:

$$\Phi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_{\infty} \quad (2)$$

donde Φ' es el índice de crecimiento efectivo ; K y L_{∞} son los parámetros de crecimiento del modelo de VB.

El valor promedio de este índice permitirá caracterizar el crecimiento de *L. albus*, con respecto a grupos de equinodermos del mismo género, antecedentes que serán recopilados desde la literatura.

6.2. RESULTADOS

6.2.1. Temporada de pesca 1994-1995 y 1996-1997

6.2.1.1. Distribuciones de frecuencias de tallas

Los principales atributos de las distribuciones de frecuencias de tallas mensuales de la captura del recurso para las temporadas de pesca anteriores se resumen en las Tablas 18, 19 y 20. Aquí es posible observar que la mayor intensidad de muestreo se efectuó en la XII Región, mientras que la menor cantidad de muestras se recolectó en la X Región.

Las mayores tallas promedio se registraron en la X Región, con un registro máximo de 84,47 mm en octubre de 1994, en tanto que las menores tallas promedio se registraron en la XI Región con un registro mínimo de 72,67 mm en octubre de 1994. Por otro lado, se puede apreciar que la menor variabilidad de la talla en relación al promedio la presentaron los erizos cuyas zonas de procedencia o de pesca se ubican en la X Región, en tanto que la menor variabilidad, dada por la desviación estándar, se presenta en la X Región (Tablas 18 a 20).

Tabla 18. Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas de la captura de *Loxechinus albus* en la X Región (1994-1995)

Mes	Diámetro de la testa (mm)			Desviación estándar	Tam. Muestra (núm)	Tam. Captura (núm)
	Mínimo	Promedio	Máximo			
Sep. 94	53,00	80,13	107,00	8,83	440	3.596
Oct. 94	71,00	84,47	106,00	6,68	261	1.373
Ene. 95	50,00	79,92	104,00	11,15	321	12.633
Feb. 95	50,00	75,13	107,00	10,17	620	63.848
Mar. 95	51,00	72,67	114,00	9,02	1.375	20.911
Abr. 95	55,00	76,80	105,00	7,15	952	113.518
Total		78,19		8,83	3.969	215.879

Tabla 19. Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas de la captura de *Loxechinus albus* en la XI Región (1994-1995)

Mes	Diámetro de la testa (mm)			Desviación estándar	Tam. Muestra (núm)	Tam. Captura (núm)
	Mínimo	Promedio	Máximo			
Ago. 94	52,00	78,31	104,00	9,04	441	137.001
Sep. 94	50,00	77,33	122,00	10,14	5.794	1.681.480
Oct. 94	49,00	72,67	126,00	9,70	8.122	2.245.165
Ene. 95	56,00	75,94	109,00	8,09	1.348	247.105
Feb. 95	50,00	73,61	111,00	9,37	2.246	553.084
Mar. 95	50,00	76,91	117,00	7,22	6.825	2.669.155
Abr. 95	56,00	78,88	117,00	8,86	3.498	765.713
Total		76,23		8,92	28.274	8.298.703

Tabla 20. Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas de la captura de *Loxechinus albus* en la XII Región (1996-1997)

Mes	Diámetro de la testa (mm)			Desviación estándar	Tam. Muestra (núm)	Tam. Captura (núm)
	Mínimo	Promedio	Máximo			
Jun. 96	51,00	77,90	108,00	8,52	13.238	2.296.188
Jul. 96	50,00	78,12	114,00	8,95	13.698	1.936.199
Ago. 96	52,00	77,78	109,00	8,30	7.177	817.893
Dic. 96	50,00	77,17	109,00	8,97	9.835	1.476.039
Ene. 97	50,00	77,86	113,00	8,41	10.747	1.548.351
Feb. 97	50,00	75,81	110,00	8,54	6.220	924.083
Mar. 97	50,00	77,40	109,00	10,06	4.994	1.126.127
Abr-97	50,00	75,05	110,00	10,19	9.254	1.576.344
May. 97	50,00	76,91	115,00	8,79	9.989	1.794.916
Total		77,11		8,97	85.152	13.696.140

6.2.1.2. Análisis de crecimiento con MULTIFAN

A partir de los registros consignados en las Bases de Datos de los proyectos elaborados por el Instituto de Fomento Pesquero (Arias *et al.*, 1995; Jerez *et al.*, 1997) se obtuvieron las distribuciones de frecuencias de tallas (diámetro de la testa, mm) muestreadas de *Loxechinus albus* para la X, XI y XII región. En estas mismas bases se indica, entre otras cosas, la captura total de la cual fue obtenida la muestra y el peso de los individuos a la talla. Con estos registros fue posible construir, en forma mensual, las distribuciones de frecuencias de tallas de la captura. Para estos efectos se siguió el procedimiento descrito por Sparre y Venema (1995). Los meses de los cuales se dispuso de información por Región se detallan en la Tabla 21.

Tabla 21 Años, meses y Regiones de los cuales se dispuso de información de distribuciones de frecuencia de tallas (+) para analizar el crecimiento de *Loxechinus albus* (1994-1995; 1996-1997).

Región\Mes	AÑO																			
	1994					1995					1996					1997				
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
X		+	+			+	+	+	+											
XI	+	+	+			+	+	+	+											
XII											+	+	+							

Para analizar el crecimiento de los individuos de *L. albus* en la X, XI y XII regiones, y siguiendo los criterios proporcionados por Gulland y Rosenberg (1992), los registros de distribuciones de frecuencias de talla de la captura se agruparon cada 2 mm. Con esto se conformaron 9, 7 y 6 muestras para la X, XI y XII Región, respectivamente (Figuras 43, 44 y 45).

Por otro lado, para llevar a MULTIFAN a operar en una forma suave y consistente, fue necesario reenumerar los meses de modo que la primera clase de edad de los individuos este en los datos del mes 1. La variabilidad en las tallas a la edad y el set de datos incompletos hizo que este procedimiento fuera algo subjetivo, no obstante el procedimiento fue apoyado a su vez con información bibliográfica del período de reclutamiento en las zonas analizadas (Reyes *et al.*, 1991; Bustos *et al.*, 1990; Bustos *et al.*, 1991a).

Finalmente, una vez estructurados los archivos y renumerado el mes que contiene la menor moda se comenzaron a efectuar las restricciones o constreñimientos a ciertos parámetros de las distribuciones. Se procuró efectuar la menor cantidad de restricciones posibles para dejar libertad de acción a MULTIFAN y permitir de este modo la amplia exploración del espacio paramétrico posible. Las restricciones en las distribuciones por Región se detallan a continuación:

Décima Región:

Muestra que contiene la 1° clase de edad:	4
Moda más pequeña:	52,56 mm
Muestra con moda bien definida:	6
Lim. Inferior de la moda:	89,00 mm
Lím. Superior de la moda:	93,90 mm
Muestra para restringir longitud:	--
Moda de interés:	--
Clase de edad presumida:	--
Lim. Inferior de la moda:	--
Lim. Superior de la moda:	--
Lim. Inferior de la proporción:	--
Lim. Superior de la proporción:	--

Undécima Región:

Muestra que contiene la 1° clase de edad:	3
Moda más pequeña:	52,64 mm
Muestra con moda bien definida:	4
Lim. Inferior de la moda:	95,9 mm
Lím. Superior de la moda:	100,4 mm
Muestra para restringir longitud:	5
Moda de interés:	77,6 mm
Clase de edad presumida:	desconocida (0)
Lim. Inferior de la moda:	75,8 mm
Lim. Superior de la moda:	79,4 mm
Lim. Inferior de la proporción:	0,3
Lim. Superior de la proporción:	1

Duodécima Región:

Muestra que contiene la 1° clase de edad:	8
Moda más pequeña:	52,6 mm
Muestra con moda bien definida:	9
Lim. Inferior de la moda:	72,5 mm
Lím. Superior de la moda:	80,5 mm
Muestra para restringir longitud:	9
Moda de interés:	76,6 mm
Clase de edad presumida:	desconocida (0)
Lim. Inferior de la moda:	72,6 mm
Lim. Superior de la moda:	80,6 mm
Lim. Inferior de la proporción:	0,05
Lim. Superior de la proporción:	0,50

6.2.1.3 Determinación de los mejores ajustes y selección de modelos

Una vez que MULTIFAN terminó los procesos fue necesario determinar cuál es el mejor ajuste. Para determinar cuál es el mejor ajuste en cada modelo y cuál es el mejor ajuste al considerar todos los modelos, se siguió el criterio empleado por Fournier *et al.* (1990). En este sentido, se ejemplificará el procedimiento considerando los resultados obtenidos con los datos correspondientes a la XII Región.

La Tabla 22 muestra los resultados completos de las búsquedas sistemáticas del modelo 1. Las entradas en el cuerpo de la tabla son el doble del valor de la función de log-verosimilitud y el número de parámetros estimados. La primera columna es el número de clases de edad significativas incluidas en el modelo. Las siguientes 4 columnas muestran los valores de la función de log-verosimilitud y el número de parámetros estimados cuando K se ha dejado constante, en los valores indicados. El mejor ajuste para cada número de clases de edad es subrayado y los resultados del ajuste fueron utilizados como valores de partida para la estimación de K . Existen 9 muestras de frecuencias de longitud en cada set de datos, y la adición de una clase de edad al modelo requiere de la estimación de una proporción a la edad adicional para cada muestra en el set de datos. Luego, el número de parámetros en el modelo se incrementa en 9 por cada clase de edad adicionada. La última columna de la Tabla 22 muestra los valores de la función de log-verosimilitud obtenidos y el número de parámetros

estimados cuando K se deja libre para que sea calculado. Los valores en esta columna fueron luego utilizados en las pruebas de hipótesis y son reescritos en la Tabla 23.

Después que los 8 modelos fueron ajustados a los datos, fue necesario comparar los resultados de varias búsquedas sistemáticas y decidir cuál de los ajustes era el mejor. En general este problema es bastante difícil y carece completamente de una solución objetiva (ver por ejemplo Capítulo 6 de Draper y Smith, 1981).

Se definió el mejor ajuste de la siguiente manera:

- (1) No es posible adicionar cualquier parámetro nuevo sin que produzca una mejora significativa en el ajuste del modelo; y,
- (2) No debiera ser posible remover cualquier parámetro del modelo sin producir una degradación significativa en el ajuste.

Por supuesto fue necesario definir que se entiende por “significativo”. Para tales efectos se supuso que dos ajustes están siendo comparados y que un ajuste contiene r parámetros extra. Bajo la hipótesis que el modelo más simple es el correcto, el doble de la diferencia entre los valores de la función log-verosímil será asintóticamente distribuido como una variable aleatoria χ^2 con r grados de libertad. En este estudio se utilizó el nivel de probabilidad 0,90 como nivel de significancia para el número de clases de edad y 0,95 para probar la inclusión de otros parámetros.

La Tabla 23 resume las pruebas de hipótesis para los 8 diferentes modelos con los datos de la XII Región, es decir, los resultados de 8 diferentes búsquedas sistemáticas son comparados. Para cada modelo la Tabla 23 contiene solamente la columna “Máximos para K ” de la tabla de resultados de búsqueda sistemática (ver por ejemplo la primera columna de la Tabla 23 y compárese con la última columna de la Tabla 22), la cual entrega los valores de la función log-verosímil cuando todos los parámetros considerados, incluido K , son estimados.

Tabla 22 Resultados de la búsqueda sistemática para el modelo 1 aplicado a los datos de la XII Región. Se muestra dos veces el valor de la log-verosimilitud para cada modelo con el número de parámetros estimados en paréntesis. El registro máximo para cada número de clases de edad está subrayado

Nº de clases de edad	Valores de K				Máximos para K
	0,1	0,2	0,3	0,4	
8	<u>6140,10</u> (66)	6032,72 (66)	5890,12 (66)	5673,51 (66)	6151,37 (67)
9	<u>6159,43</u> (75)	6068,69 (75)	5932,82 (75)	5710,43 (75)	6161,03 (76)
10	<u>6237,89</u> (84)	6112,79 (84)	5950,10 (84)	5733,60 (84)	6244,16 (85)
11	<u>6257,69</u> (93)	6126,69 (93)	5964,50 (93)	5748,04 (93)	6265,31 (94)
12	<u>6268,06</u> (102)	6139,44 (102)	5975,57 (102)	5757,36 (102)	6268,44 (103)
13	<u>6272,00</u> (111)	6149,69 (111)	5985,47 (111)	5763,16 (111)	6272,50 (112)

Al considerar la columna 1 de la Tabla 23 y al moverse de 8 a 9 clases de edad, el modelo adiciona 9 parámetros (un parámetro por cada muestra). El valor de la variable aleatoria χ^2 con 9 grados de libertad, al nivel 0,90 es 14,68. La diferencia en el valor del ajuste entre los modelos con 8 y 9 clases de edad es 9,66, una mejora poco significativa para un nivel 0,90. Siguiendo hacia abajo la diferencia siguiente es 83,13, una mejora significativa. Se prosiguió así hasta que se obtuvo que el Modelo 1 entregó mejoras significativas hasta la clase de edad 12, ajuste que produce una mejora de solamente 3.13. Luego el único candidato para el mejor ajuste es el modelo con 11 clases de edad. Se repitió este proceso para el modelo 2 en la columna 2 y así sucesivamente.

Hasta aquí se limitó la lista de posibles candidatos al mejor ajuste mediante considerar mejoras en el ajuste debido a la inclusión de clases de edad. Ahora se considerará el efecto de adherir un parámetro. El nivel de probabilidad 0,95 para una variable aleatoria distribuida χ^2 con 1 grado de libertad es 3,84. El modelo 1 ajustado (Tabla 23) puede ser removido de la lista de posibles candidatos debido a que el modelo 2 ajustado con el mismo número de clases de edad produce mejoras significativas en el

ajuste. El modelo 2 también puede ser eliminado de la lista al compararlo con el modelo 8 ($\chi^2_{0,95; 3} = 7,81$). Este procedimiento se repitió sucesivamente, y se determinó que el mejor ajuste de todos los considerados correspondió al modelo 5 con 12 clases de edad.

Tabla 23 Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencias de tallas de *Loxechinus albus* provenientes de las capturas de la XII Región (entre junio 1996 y mayo 1997). En paréntesis el número de parámetros estimados. Los valores subrayados corresponden a los mejores ajustes para cada modelo y el valor encerrado en un cuadrado al mejor modelo

N° de clases de edad	Modelo Evaluado							
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
8	6151,37 (67)	6177,92 (68)	6253,28 (68)	6182,44 (69)	6215,21 (69)	6196,56 (70)	6229,19 (70)	6203,37 (71)
9	6161,03 (76)	6206,30 (77)	6268,67 (77)	6256,98 (78)	6142,88 (78)	6260,52 (79)	6262,48 (79)	6269,73 (80)
10	6244,16 (85)	6274,78 (86)	6264,65 (86)	6283,70 (87)	6256,18 (87)	6288,58 (88)	<u>6281,40</u> (88)	6298,74 (89)
11	<u>6265,31</u> (94)	<u>6293,92</u> (95)	<u>6284,02</u> (95)	<u>6309,60</u> (96)	6271,13 (96)	<u>6304,41</u> (97)	6293,13 (97)	<u>6318,50</u> (98)
12	6268,44 (103)	6298,10 (104)	6296,22 (104)	6313,18 (105)	6338,11 (105)	6298,67 (106)	6297,55 (106)	6316,55 (107)
13	6272,50 (112)	6302,56 (113)	6393,40 (113)	6311,27 (114)	6338,78 (114)	6329,81 (115)	6401,30 (115)	6340,94 (116)

Tabla 24 Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencias de tallas de *Loxechinus albus* provenientes de las capturas de la XI Región (entre agosto 1994 y abril 1995). En paréntesis el número de parámetros estimados. Los valores subrayados corresponden a los mejores ajustes para cada modelo y el valor encerrado en un cuadrado al mejor modelo

Nº de clases de edad	Modelo Evaluado							
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
8	4443,55 (53)	4457,42 (54)	4454,61 (54)	4464,39 (55)	4459,67 (55)	4498,31 (56)	4473,22 (56)	4499,45 (57)
9	4574,17 (60)	4561,06 (61)	4533,91 (61)	4562,96 (62)	4557,49 (62)	4613,64 (63)	4553,51 (63)	4613,64 (64)
10	4637,20 (67)	4648,50 (68)	4634,16 (68)	4648,19 (69)	4640,23 (69)	4650,06 (70)	4643,81 (70)	4646,16 (71)
11	4689,31 (74)	4696,67 (75)	<u>4751,21</u> (75)	4695,02 (76)	<u>4772,71</u> (76)	4781,83 (77)	<u>4775,30</u> (77)	<u>4783,10</u> (78)
12	4742,61 (81)	4722,33 (82)	4746,21 (82)	4726,07 (83)	4776,92 (83)	4750,07 (84)	4777,88 (84)	4750,51 (85)
13	<u>4754,91</u> (88)	<u>4873,26</u> (89)	4754,59 (89)	<u>4874,78</u> (90)	4803,49 (90)	4887,21 (91)	4812,63 (91)	4847,44 (92)

Tabla 25 Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencias de tallas de *Loxechinus albus* provenientes de las capturas de la X Región (entre septiembre 1994 y abril 1995). En paréntesis el número de parámetros estimados. Los valores subrayados corresponden a los mejores ajustes para cada modelo y el valor encerrado en un cuadrado al mejor modelo

Nº de clases de edad	Modelo Evaluado							
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
8	3693,65 (46)	3692,86 (47)	3702,75 (47)	3703,63 (48)	3711,79 (48)	3696,88 (49)	3719,04 (49)	3712,47 (50)
9	3724,74 (52)	3769,51 (53)	3767,90 (53)	3770,14 (54)	3768,34 (54)	3770,60 (55)	3771,22 (55)	3771,78 (56)
10	<u>3778,27</u> (58)	3786,77 (59)	3787,54 (59)	3788,59 (60)	<u>3785,80</u> (60)	3786,99 (61)	<u>3798,40</u> (61)	3787,03 (62)
11	3758,25 (64)	<u>3837,01</u> (65)	<u>3820,09</u> (65)	3847,62 (66)	3791,67 (66)	<u>3838,24</u> (67)	3758,51 (67)	<u>3838,97</u> (68)
12	3757,88 (70)	3830,28 (71)	3757,56 (71)	3834,26 (72)	3763,82 (72)	3845,89 (73)	3757,53 (73)	3846,84 (74)
13	3804,19 (76)	3843,70 (77)	3816,31 (77)	3845,13 (78)	3808,74 (78)	3846,30 (79)	3821,48 (79)	3847,95 (80)

El procedimiento descrito anteriormente se aplicó también a los resultados obtenidos para la XI y X Regiones (Tablas 24 y 25), determinándose que los mejores ajustes fueron los correspondientes al modelo 6 con 13 clases de edad y al modelo 4 con 11 clases de edad, respectivamente. Los resultados de estos ajustes por Región, así como los parámetros estimados se indican en la Tabla 26.

El análisis de los datos mensuales de frecuencias de tamaño de *L. albus*, provenientes de tres zonas distintas, resultan ser parcialmente concordantes en cuanto al número de clases de edad presentes en los datos, entre 11 y 13 clases de edad. Por otro lado se puede apreciar que las hipótesis estructurales que más se presentan son (i) la existencia de crecimiento estacional, y (ii) la existencia de una dependencia de la desviación estándar en relación a la longitud media de los grupos de edad.

La hipótesis de crecimiento estacional ha podido ser validada para otras especies de erizos por Walker (1981). Este autor al analizar 2 poblaciones de *Evechinus chloriticus* de Nueva Zelandia determinó la existencia de crecimiento estacional y correlacionó positivamente este hecho con ciclos de producción algal y temperatura del agua.

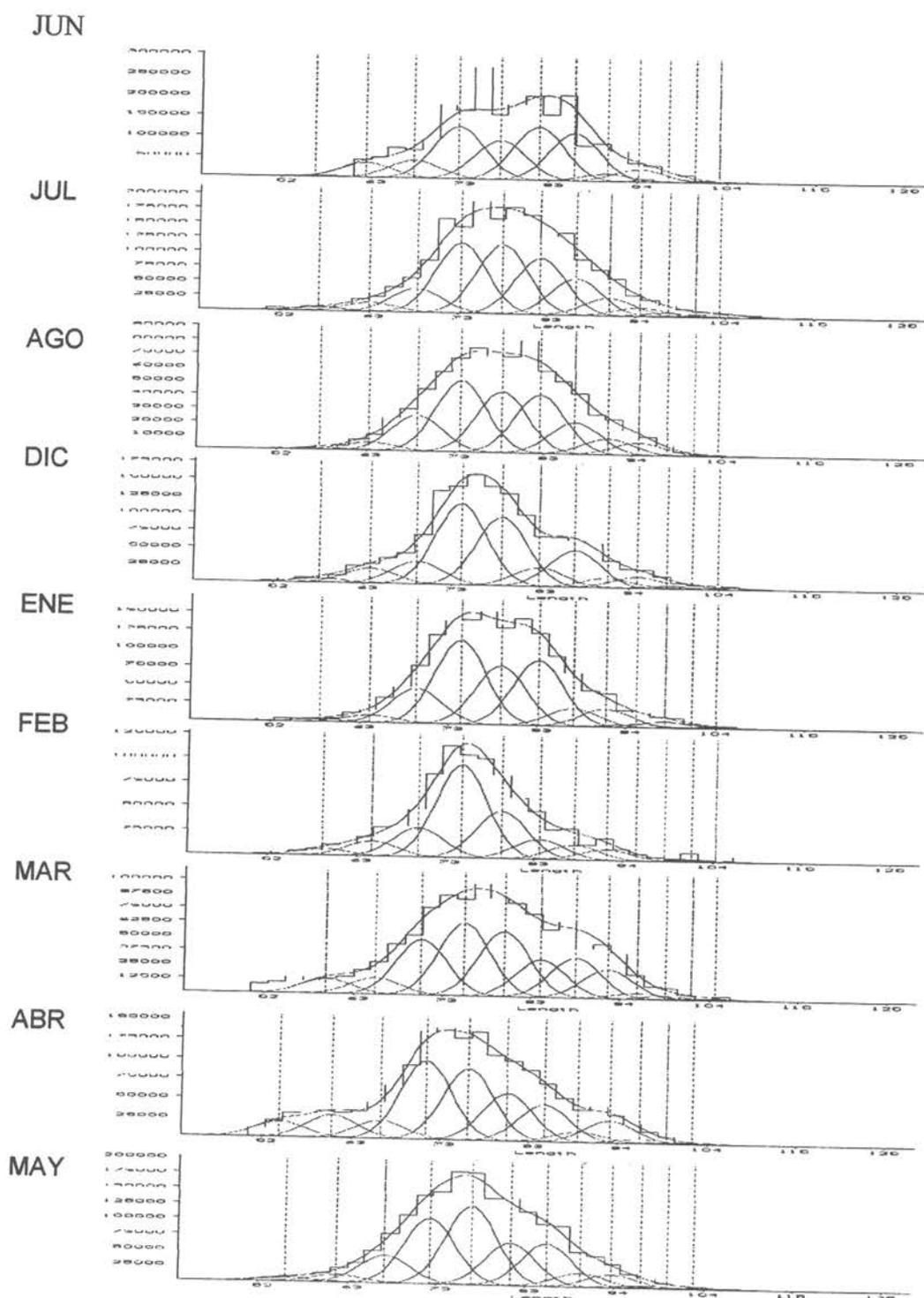


Figura 43 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en la XII Región, entre junio 1996 y mayo 1997. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes la distribución estimada y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.

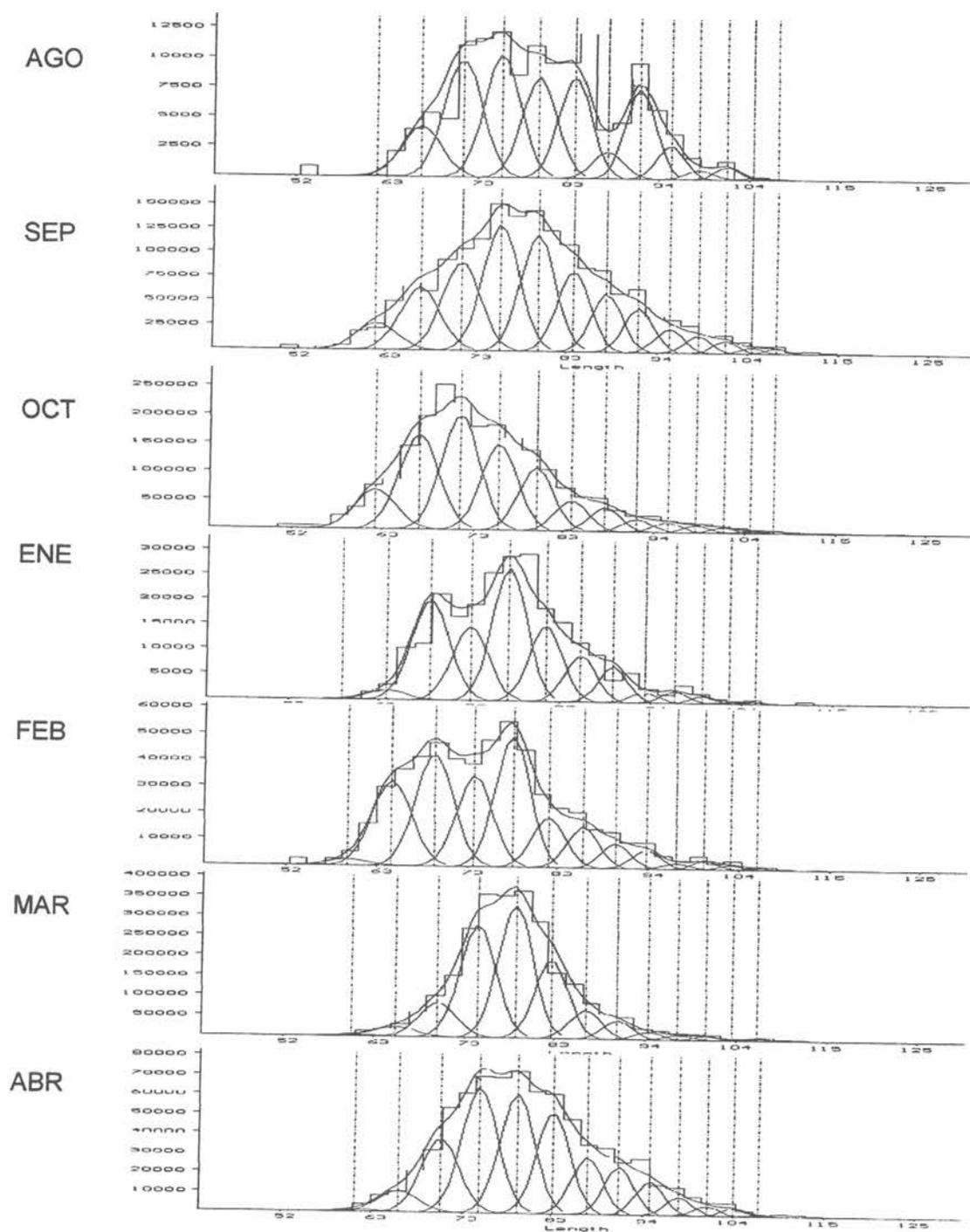


Figura 44 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en la XI Región, entre agosto 1994 y abril 1995. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes la distribución estimada y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.

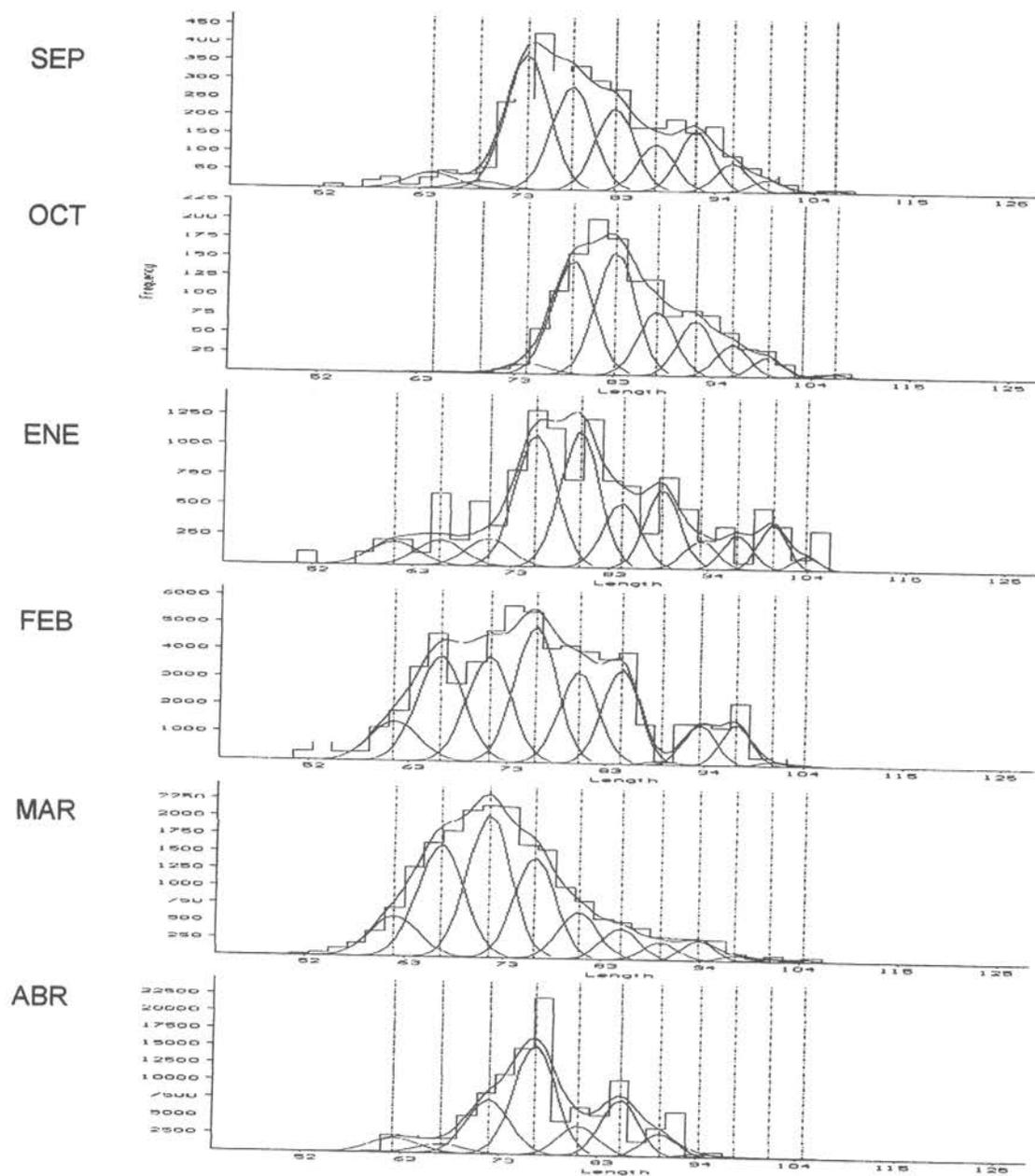


Figura 45 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en la X Región, entre septiembre 1994 y abril 1995. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes la distribución estimada y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.

6.2.1.4. Determinación de los parámetros y del modelo matemático de crecimiento

Los parámetros de los modelos de crecimiento seleccionados en la sección anterior se derivaron de la lectura de los archivos correspondientes a los mejores ajustes, y se transcriben en la Tabla 26, a su vez los modelos se gráficán en la Figura 46. Es posible observar, en general, que los resultados encontrados entregan altos valores de longitud asintótica en relación a los descritos en la literatura (Arias, 1990; Bustos, 1987; Reyes *et al.*, 1992; Gebauer y Moreno, 1995). Por otro lado, los valores de la tasa de crecimiento (K) son bajos, lo cual es consistente con L_{∞} , pero son más bajas a las estimaciones efectuadas por los autores mencionados.

En todo caso, los resultados con MULTIFAN deben considerarse con precaución ya que lo ideal para obtener buenos resultados es considerar una serie de tiempo de frecuencias de tallas sin lagunas, como no ha sido el caso de este estudio. En este sentido se debe destacar que la divergencia entre los análisis y entre los resultados de este estudio y los de otros autores, se podría atribuir a tres aspectos importantes que deben tomarse en cuenta:

- a) El análisis agrupado por región de la información puede resultar inválido, en términos de que ciertas características de la progresión modal se vean alteradas al agrupar bancos de pesca con diferentes características de crecimiento del recurso.
- b) Los análisis que se llevaron a cabo no efectuaron constreñimientos a ciertas modas, en términos de asignarles una edad particular.
- c) Es posible que en los datos analizados una o más clases de edad no estén representadas, lo que genera un aumento en la tasa de crecimiento. Este punto no escapa a la realidad observada ya que Reyes *et al.* (1991) observó que existían años en que el recurso no manifiesta reclutamientos.

Tabla 26 Parámetros estimados desde el mejor ajuste sobre todos los efectuados, para los datos de la X, XI y XII Región

PARAMETRO	Región		
	X	XI	XII
Función de log-verosimilitud	3847,621	4887,208	6338,106
Parámetros estimados	(66)	(91)	(105)
Modelo	4	6	5
Clases de edad significativas	11	13	12
L_{∞}	180,1	162,2	142,7
K	0,046	0,051	0,072
b_1 (sesgo por selección, mm)	0,602	0	0
Razón d.e.	0,518	0,518	1
ϕ_1 (amplitud del crec. Estacional)	-	0,948	0,950
ϕ_2 (fase del crec. Estacional)	-	0,139	0,079
Edad estimada (años)	8,88	8,78	6,64
d.e. promedio	1,928	1,783	2,962

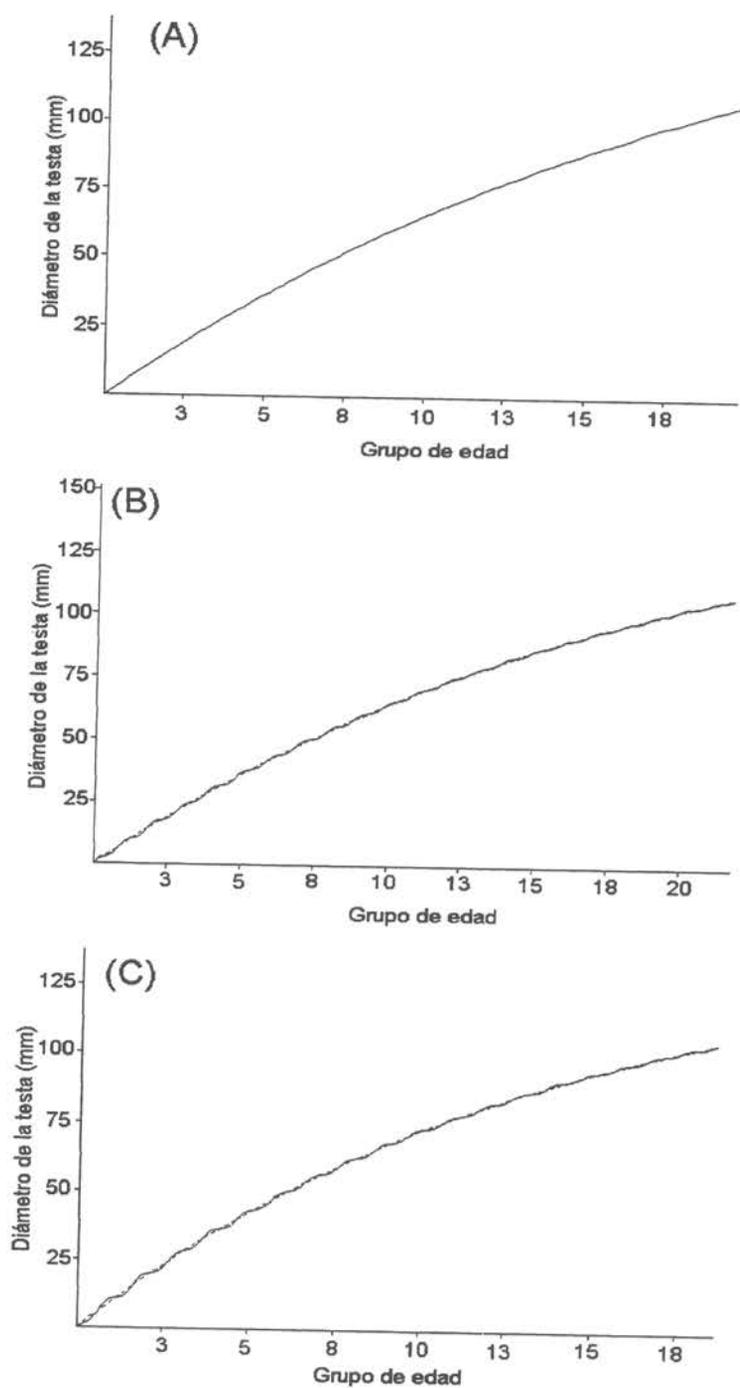


Figura 46 Representación gráfica de los modelos de crecimiento de *Loxechinus albus* para la (a) Décima Región, (b) Undécima Región y (c) Duodécima Región (1994-1995; 1996-1997).

6.2.1.5. Determinación de la relación somatométrica

Los resultados de la relación somatométrica por Región se observan en las Figuras 47 a 49 y Tablas 27 a 29. Se puede apreciar que el parámetro a de la relación longitud-peso varió entre 0,00075 y 0,00313, mientras que la pendiente de la ecuación estuvo comprendida entre 2,51 y 2,81. Los resultados encontrados en la X Región son concordantes con los descritos por Reyes et al. (1991), Reyes et al. (1992) y Gebauer y Moreno (1995). De estos resultados se desprende que el recurso aumenta su peso en relación a la talla con mayor velocidad en la X Región; y, disminuye la rapidez de su crecimiento en peso a medida que su localización se hace más austral.

Un punto interesante se deduce de la Figura 47. En esta figura se aprecia una nube de puntos que a simple vista pareciera estar dividida en dos, lo que podría llevar a pensar que cierto grupo de datos corresponde a machos y otro a hembras. Por otro lado, se puede plantear la hipótesis que los dos grupos de datos que se visualizan corresponden a dos stocks con diferentes ritmos de crecimiento, lo que estaría avalando lo planteado en el punto (a) del capítulo “*Determinación de los parámetros y modelo matemático de crecimiento*”.

Al docimar la hipótesis nula (H_0 : isometría del crecimiento) se detectó que el erizo crece isométricamente en la X Región. En tanto que en la XI y XII Región el recurso presenta una pendiente estadísticamente diferente de 3.

Los resultados concernientes al modelo talla-peso que utiliza la ecuación propuesta por Beyer (1991), $Peso = a * DT^b * (1 + 0,5 * b * (b-1) * CV^2)$, se entregan en la Tabla 30. Aquí es posible observar mejores ajustes que con el modelo anterior, no obstante, los valores del parámetro b son menores y estadísticamente diferentes de 3.

X Región

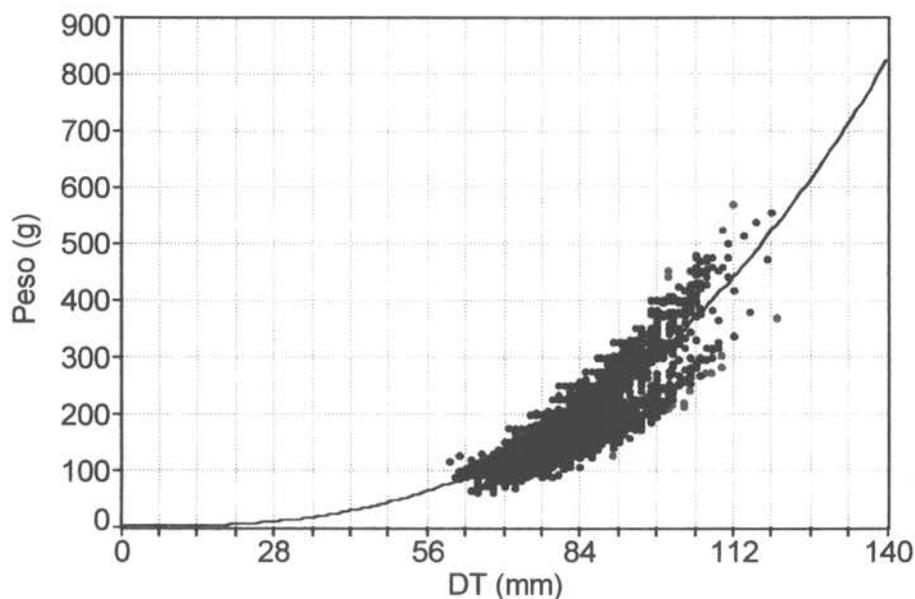


Figura 47 Relación diámetro de la testa (DT, mm) y peso corporal (Peso, g) de *Loxechinus albus* en la X Región, para registros recolectados entre septiembre de 1994 y abril de 1995. Los puntos rojos indican los valores superiores a ± 4 desviaciones estándar.

Tabla 27 Resultados del ajuste de la relación somatométrica y del análisis de varianza de *Loxechinus albus* en la X Región (1994-1995).

Param.	Value	Std. Error	t-value	Coef. Det.
a	0,000758551	0,00009226	8,221780603	0,757625587
b	2,812135782	0,02710557	103,7475243	

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F
Regr	1.4021.387	1	14.021.387	10.165,3
Error	4.485.626,7	3.252	1.379,344	
Total	18.507.014	3.253		

Lack Fit	168.433,59	59	2.854,8066	2,11142
Pure Err	4.317.193,1	3.193	1.352,0805	

XI Región

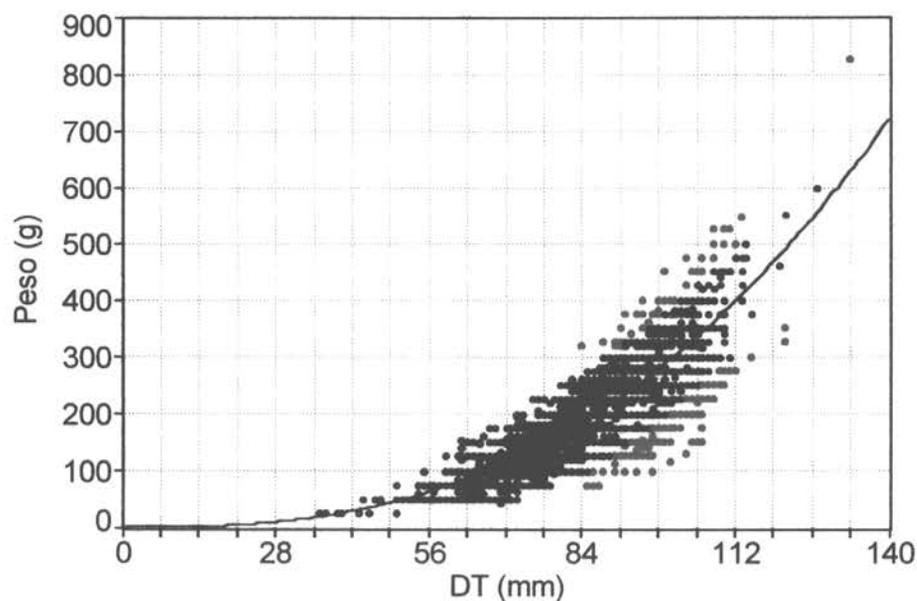


Figura 48 Relación diámetro de la testa (DT, mm) y peso corporal (Peso, g) de *Loxechinus albus* en la XI Región, para registros recolectados entre agosto de 1994 y abril de 1995. Los puntos rojos indican los valores superiores a ± 4 desviaciones estándar.

Tabla 28 Resultados del ajuste de la relación somatométrica y del análisis de varianza de *Loxechinus albus* en la XI Región (1994-1995).

Param.	Value	Std. Error	t-value	Coef. Det.
a	0,001408731	0,00006969	20,21329581	0,770289954
b	2,659848131	0,01113763	238,8163021	

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F
Regr	48.939.465	1	48.939.465	53.287,5
Error	14.594.357	15.891	918,40394	
Total	63.533.822	15.892		

Lack Fit	366.345,45	78	4.696,7365	5,21995
Pure Err	14.228.012	15.813	899,76675	

XII Región

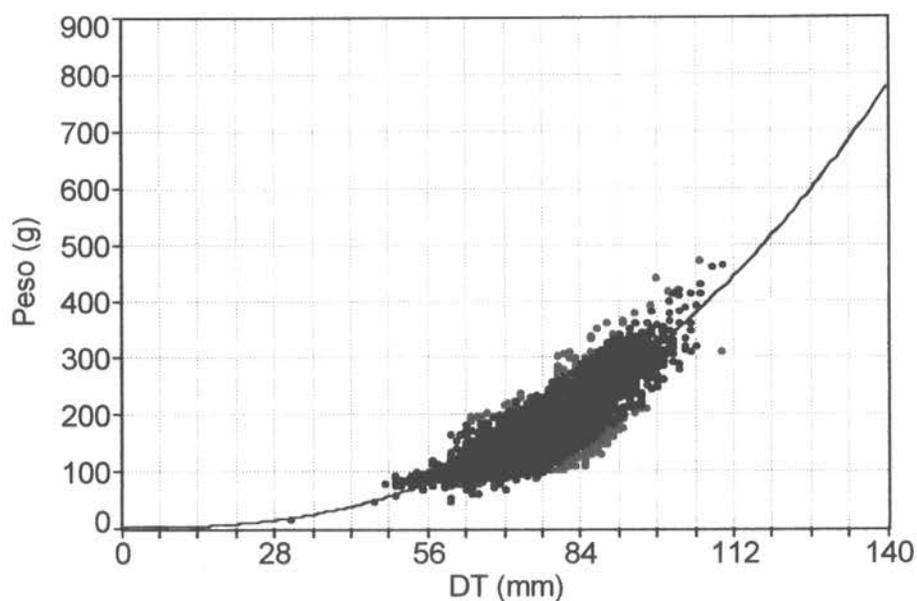


Figura 49 Relación diámetro de la testa (DT, mm) y peso corporal (Peso, g) de *Loxechinus albus* en la XII Región, para registros recolectados entre junio de 1996 y mayo de 1997. Los puntos rojos indican los valores superiores a ± 4 desviaciones estándar.

Tabla 29 Resultados del ajuste de la relación somatométrica y del análisis de varianza de *Loxechinus albus* en la XII Región (1996-1997).

Param.	Value	Std. Error	t-value	Coef. Det.
a	0,003132497	0,00020496	15,28337259	0,745449790
b	2,512921747	0,01493148	168,2968213	

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F
Regr	17.486.519	1	17.486.519	26.350,6
Error	5.971.156,1	8.998	663,60926	
Total	23.457.675	8.999		

Lack Fit	104.906,19	60	1.748,4366	2,66397
Pure Err	5.866.249,9	8.938	656,32691	

Tabla 30 Resultados de la ecuación propuesta por Beyer (1991), en *Loxechinus albus* por Región (X y XI, 1994-1995; XII, 1996-1997).

Región	Parámetro	Valor	Error estándar	T-value	Coef. Det.
X	a	0,002779	0,001402	1,981	0,9231
	b	2,512734	0,107548	23,364	
XI	a	0,001123	0,000558	2,013	0,9362
	b	2,694880	0,104899	25,690	
XII	a	0,004468	0,001169	3,823	0,978
	b	2,427273	0,057317	42,392	

6.2.2. Temporada de pesca 1998-1999

6.2.2.1. Distribuciones de frecuencia de tallas

Los principales atributos de las distribuciones de frecuencias de tallas mensuales de la captura del recurso para la temporada de pesca 1998-1999 se resumen en las Tablas 31, 32 y 33. Aquí es posible observar que la mayor intensidad de muestreo se efectuó en la XII Región, mientras que la menor cantidad de muestras se recolectó en la XI Región.

Las mayores tallas promedio se registraron en la X Región, con un registro máximo de 83,17 mm en septiembre, en tanto que las menores tallas promedio se registraron en la XI Región con un registro mínimo de 72,70 mm en septiembre. Por otro lado, se puede apreciar que la menor variabilidad de la talla en relación al promedio la presentan los erizos cuyas zonas de procedencia o pesca se ubican en la XI Región, en tanto que la mayor variabilidad, dada por la desviación estándar, se presenta en la XII Región (Tablas 31, 32 y 33).

Tabla 31 Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas de la captura de *Loxechinus albus* en la X Región (1998).

Mes	Diámetro de la testa (mm)			Desviación Estándar	Tam. Muestra (núm)
	Mínimo	Promedio	Máximo		
Feb. 98	60,00	76,28	108,00	7,12	2.682
Mar. 98	52,00	76,52	126,00	7,07	7.783
Abr. 98	11,00	78,99	121,00	8,46	7.604
May. 98	58,00	82,25	118,00	9,56	7.476
Jun. 98	38,00	81,88	120,00	8,80	7.267
Jul. 98	10,00	81,77	125,00	11,64	7.266
Ago. 98	55,00	80,44	122,00	8,98	7.267
Sep. 98	60,00	83,17	112,00	8,54	7.250
Oct. 98	11,00	81,30	116,00	8,78	5.155
Total		80,29		8,77	59.750

Tabla 32 Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas de la captura de *Loxechinus albus* en la XI Región (1998).

Mes	Diámetro de la testa (mm)			Desviación Estándar	Tam. Muestra (núm)
	Mínimo	Promedio	Máximo		
Feb. 98	66,00	79,61	99,00	5,39	200
Mar. 98	60,00	75,54	108,00	5,89	3.756
Abr. 98	10,00	75,20	173,00	8,30	4.276
May. 98	52,00	75,11	112,00	5,56	3.824
Jun. 98	61,00	74,84	121,00	6,16	3.440
Jul. 98	50,00	72,81	98,00	5,41	2.000
Ago. 98	58,00	73,65	112,00	6,01	3.382
Sep. 98	57,00	72,71	112,00	4,93	3.353
Oct. 98	58,00	72,70	100,00	4,73	3.013
Total		74,69		5,82	27.244

Tabla 33 Parámetros mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas de la captura de *Loxechinus albus* en la XII Región (1998-1999).

Mes	Diámetro de la testa (mm)			Desviación estándar	Tam. Muestra (núm)
	Mínimo	Promedio	Máximo		
Feb. 98	15,00	76,80	113,00	8,26	3.571
Mar. 98	12,00	74,79	110,00	8,62	4.000
Abr. 98	16,00	76,92	124,00	8,80	3.598
May. 98	11,00	76,47	110,00	8,87	4.000
Jun. 98	6,00	78,03	109,00	8,74	3.000
Jul. 98	24,00	75,57	107,00	17,34	2.403
Ago. 98	37,00	76,08	101,00	7,60	1.399
Dic. 98	11,00	77,56	114,00	9,99	3.602
Ene. 99	8,00	73,97	130,00	10,94	4.000
Feb. 99	10,00	74,23	125,00	11,97	4.000
Mar. 99	11,00	73,88	107,00	10,11	4.000
Total		75,85		10,11	37.573

6.2.2.2. Análisis de crecimiento con MULTIFAN

A partir de los registros colectados en el presente proyecto se obtuvieron las distribuciones de frecuencias de tallas (DFT, Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* muestreadas por lancha en la X y XI regiones, y las distribuciones de frecuencia de tallas muestreadas por camión en la XII Región. Con estos registros fue posible construir, en forma mensual, las distribuciones de frecuencias de tallas de las capturas. Para estos efectos (amplificación de la muestra a la captura) se siguió el procedimiento descrito por Sparre y Venema (1995). Los meses de los cuales se dispuso información por Región se detallan en la Tabla 34.

Tabla 34 Meses y Regiones en los cuales se dispuso de información de distribuciones de frecuencia de tallas de los desembarques para analizar el crecimiento de *Loxechinus albus* (++) . Meses (--) en los que se dispuso de información pero no se pudo amplificar al desembarque muestreado y no fue utilizada en el análisis de crecimiento 1998-1999 (ver Anexo 8).

Región	1998												1999		
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
X		++	++	++	++	++	++	++	++	++					
XI			++	++	++	++	++	++	++	++					
XII		++	++	++	++	++	++	++				++	--	--	--

Para analizar el crecimiento de los individuos de *L. albus* en la X, XI y XII Regiones, y siguiendo los criterios proporcionados por Gulland y Rosenberg (1992), los registros de DFT de la captura se agruparon cada 2 mm. Con esto se conformaron 9, 9 y 8 muestras para la X, XI y XII regiones, respectivamente (Figuras 50, 51 y 52). Por otro lado para llevar a MULTIFAN a operar en forma suave y consistente, fue necesario reenumerar los meses de modo que la primera clase de edad de los individuos esté en los datos del mes 1. La variabilidad en las tallas a la edad y el set de datos incompletos hizo que este procedimiento fuera algo subjetivo; no obstante, el procedimiento fue apoyado a su vez con información bibliográfica del período de reclutamiento en las zonas analizadas (Reyes *et al.*, 1991 ; Bustos *et al.*, 1990 ; Bustos *et al.*, 1991) y con los resultados encontrados en el análisis de la información histórica, es decir, a partir de los registros consignados en las

Bases de Datos de los proyectos elaborados por el Instituto de Fomento Pesquero (Arias *et al.*, 1995 ; Jerez *et al.*, 1997).

Una vez estructurados los archivos y renumerado el mes que contiene la menor moda se efectuaron restricciones a ciertos parámetros de las DFT de las capturas. Se procuró efectuar la menor cantidad de restricciones posibles para dejar en libertad de acción a MULTIFAN y permitir, de este modo, la amplia exploración del espacio paramétrico posible. Las restricciones en las DFT de la captura por región se detallan en la Tabla 35.

Tabla 35 Restricciones efectuadas a las DFT de las capturas por Región, para inicializar los procesos de MULTIFAN.

Item \ Región	X Región	XI Región	XII Región
Muestra que contiene la 1° clase de edad :	3	1	2
Moda más pequeña	59,26	54,45	58,10
Muestra con moda bien definida :	2	2	3
Lím. Inferior de la moda :	57,00	58,20	62,20
Lím. Superior de la moda :	62,90	65,10	87,30
Muestra para restringir longitud :	3	2	3
Moda de interés :	84,10	61,40	75,30
Clase de edad presumida :	0	0	5
Lím. Inferior de la moda :	81,40	58,00	68,10
Lím. Superior de la moda :	85,90	63,90	82,60
Lím. Inferior de la proporción :	0,10	0,05	0,05
Lím. Superior de la proporción :	0,90	0,50	0,50

6.2.2.3. Determinación de los mejores ajustes y selección de modelos

Una vez que MULTIFAN terminó los procesos fue necesario determinar cuál es el mejor ajuste. Para determinar cuál es el mejor ajuste en cada modelo y cuál es el mejor ajuste al considerar todos los modelos, se siguió el criterio empleado por Fournier *et al.* (1990) y que fue detallado *in extenso* en el Informe de Avance. Los resultados de los mejores ajustes por modelo y por Región se detallan en las Tablas 36 a 38.

Tabla 36 Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencias de tallas de *Loxechinus albus* provenientes de las capturas de la X Región (entre febrero y octubre de 1998). Entre paréntesis el número de parámetros estimados. Los valores subrayados corresponden a los mejores ajustes para cada modelo y el valor encerrado en un rectángulo al mejor modelo.

N° de clases de edad	Modelo Evaluado							
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
8	6.683,09 (67)	6.688,13 (68)	6.683,09 (68)	6.688,50 (69)	6.694,92 (69)	6.721,37 (70)	6.713,92 (70)	6.718,49 (71)
9	<u>6.717,27</u> (76)	6.725,88 (77)	<u>6.717,27</u> (77)	<u>6.727,69</u> (78)	<u>6.754,47</u> (78)	<u>6.768,35</u> (79)	<u>6.752,34</u> (79)	<u>6.771,76</u> (80)
10	6.731,93 (85)	6.740,63 (86)	6.731,93 (86)	6.740,63 (87)	6.761,15 (87)	6.782,00 (88)	6.758,12 (88)	6.782,00 (89)
11	6.749,17 (94)	<u>6.777,60</u> (95)	6.751,05 (95)	6.775,17 (96)	6.760,78 (96)	6.774,30 (97)	6.760,78 (97)	6.775,04 (98)
12	6.789,01 (103)	6.778,53 (104)	6.789,01 (104)	6.778,38 (105)	6.837,54 (105)	6.842,60 (106)	6.837,54 (106)	6.853,22 (107)
13	6.787,90 (112)	6.790,00 (113)	6.787,90 (113)	6.797,80 (114)	6.033,84 (114)	6.858,73 (115)	6.833,84 (115)	6.858,73 (116)

Tabla 37 Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencias de tallas de *Loxechinus albus* provenientes de las capturas de la XI Región (entre marzo y octubre de 1998). Entre paréntesis el número de parámetros estimados. Los valores subrayados corresponden a los mejores ajustes para cada modelo y el valor encerrado en un rectángulo al mejor modelo.

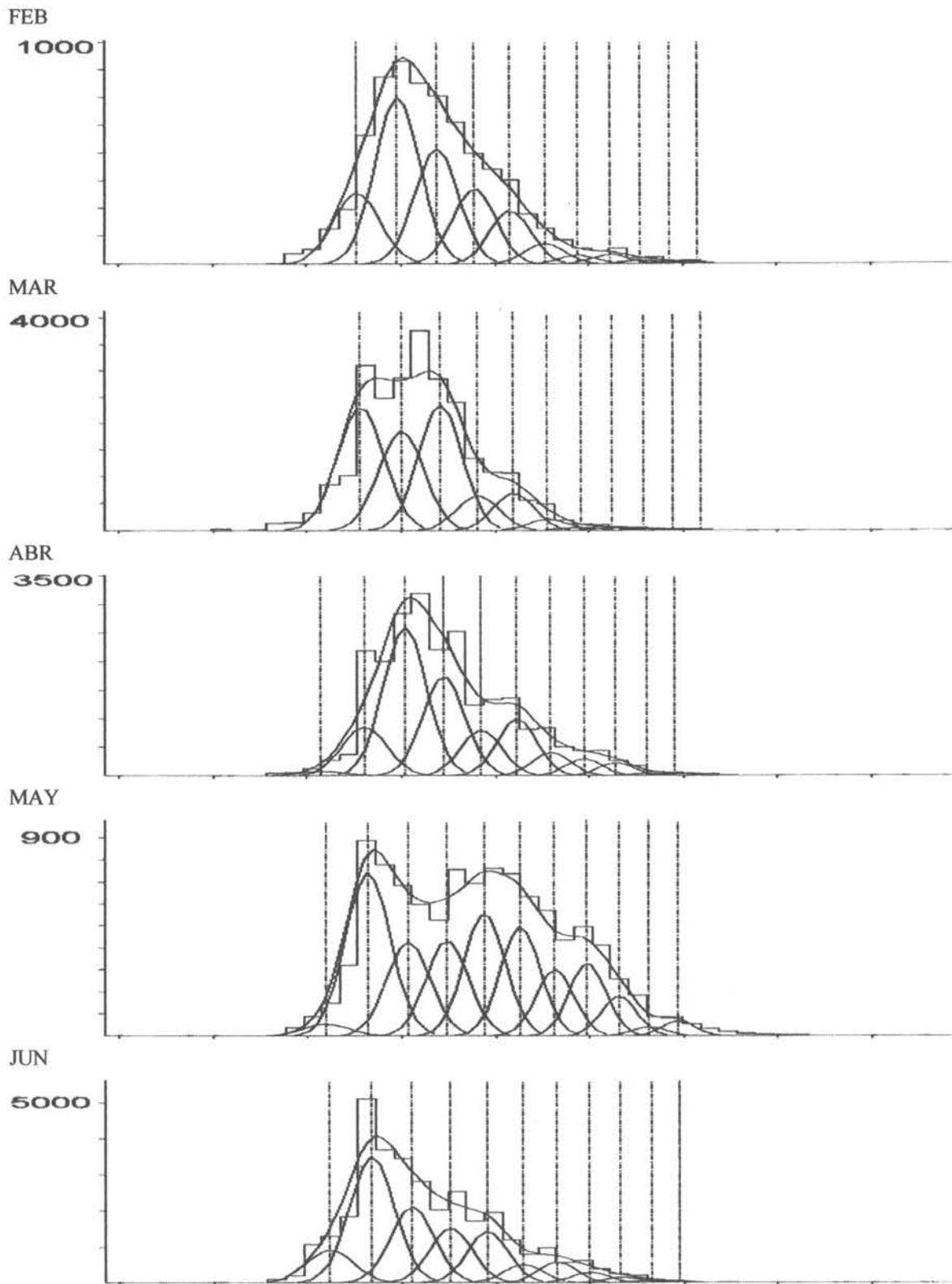
N° de clases de edad	Modelo Evaluado							
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
8	<u>6.292,01</u> (60)	<u>6.332,03</u> (61)	<u>6.292,01</u> (61)	<u>6.333,09</u> (62)	<u>6.352,89</u> (62)	<u>6.331,81</u> (63)	<u>6.293,76</u> (63)	<u>6.331,02</u> (64)
9	6.263,37 (68)	6.302,34 (69)	6.263,37 (69)	6.302,34 (70)	6.271,66 (70)	6.309,43 (71)	6.271,66 (71)	6.309,69 (72)
10	6.347,64 (76)	6.347,66 (77)	6.348,69 (77)	6.351,51 (78)	6.350,38 (78)	6.350,38 (79)	6.349,08 (79)	6.349,20 (80)
11	6.318,39 (84)	6.320,78 (85)	6.325,21 (85)	6.328,06 (86)	6.330,40 (86)	6.329,22 (87)	6.333,17 (87)	6.334,08 (88)
12	6.343,10 (92)	6.388,14 (93)	6.343,10 (93)	6.388,14 (94)	6.446,65 (94)	6.470,91 (95)	6.446,87 (95)	6.471,28 (96)
13	6.348,96 (100)	6.353,99 (101)	6.349,36 (101)	6.354,01 (102)	6.394,38 (102)	6.398,71 (103)	6.395,92 (103)	6.398,71 (104)

Tabla 38 Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencias de tallas de *Loxechinus albus* provenientes de las capturas de la XII Región (entre febrero y diciembre de 1998). Entre paréntesis el número de parámetros estimados. Los valores subrayados corresponden a los mejores ajustes para cada modelo y el valor encerrado en un rectángulo al mejor modelo.

N° de clases de edad	Modelo Evaluado							
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
8	5.937,83 (52)	5.948,70 (53)	5.937,81 (53)	5.948,69 (54)	5.943,17 (54)	5.956,67 (55)	5.943,09 (55)	5.956,85 (56)
9	<u>6.004.52</u> (60)	<u>6.011.11</u> (61)	<u>6.004.52</u> (61)	<u>6.011.25</u> (62)	<u>6.010.24</u> (62)	6.011.40 (63)	<u>6.010.24</u> (63)	<u>6.013.15</u> (64)
10	6.011.78 (68)	6.020.93 (69)	6.011.78 (69)	6.020.93 (70)	6.013.69 (70)	6.027.44 (71)	6.013.69 (71)	6.021.65 (72)
11	6.015.52 (76)	6.033.86 (77)	6.016.27 (77)	6.033.86 (78)	6.018.05 (78)	<u>6.041.42</u> (79)	6.018.34 (79)	6.041.41 (80)
12	6.019.40 (84)	6.045.73 (85)	6.019.40 (85)	6.045.73 (86)	6.038.35 (86)	6.051.36 (87)	6.038.35 (87)	6.051.36 (88)
13	6.030.55 (92)	6.035.24 (93)	6.030.55 (93)	6.035.24 (94)	6.033.69 (94)	6.035.48 (95)	6.033.69 (95)	6.035.60 (96)

Los resultados de estos ajustes por Región, así como los parámetros estimados se indican en la Tabla 39. El análisis de los datos mensuales de frecuencias de tamaño de *L. albus*, provenientes de tres zonas distintas, resultan ser parcialmente concordantes en cuanto al número de clases de edad presentes en los datos, entre 8 y 11 clases de edad. Por otro lado se puede apreciar que las hipótesis estructurales que más se presentan son (i) la existencia de crecimiento estacional, y (ii) la existencia de una dependencia de la desviación estándar en relación a la longitud media de los grupos de edad.

La hipótesis de crecimiento estacional ha podido ser validada para otras especies de erizos por Walker (1981). Este autor al analizar 2 poblaciones de *Evechinus chloriticus* de Nueva Zelandia determinó la existencia de crecimiento estacional y correlacionó positivamente este hecho con ciclos de producción algal y temperatura del agua.



(continuación Figura 50 en la siguiente página)

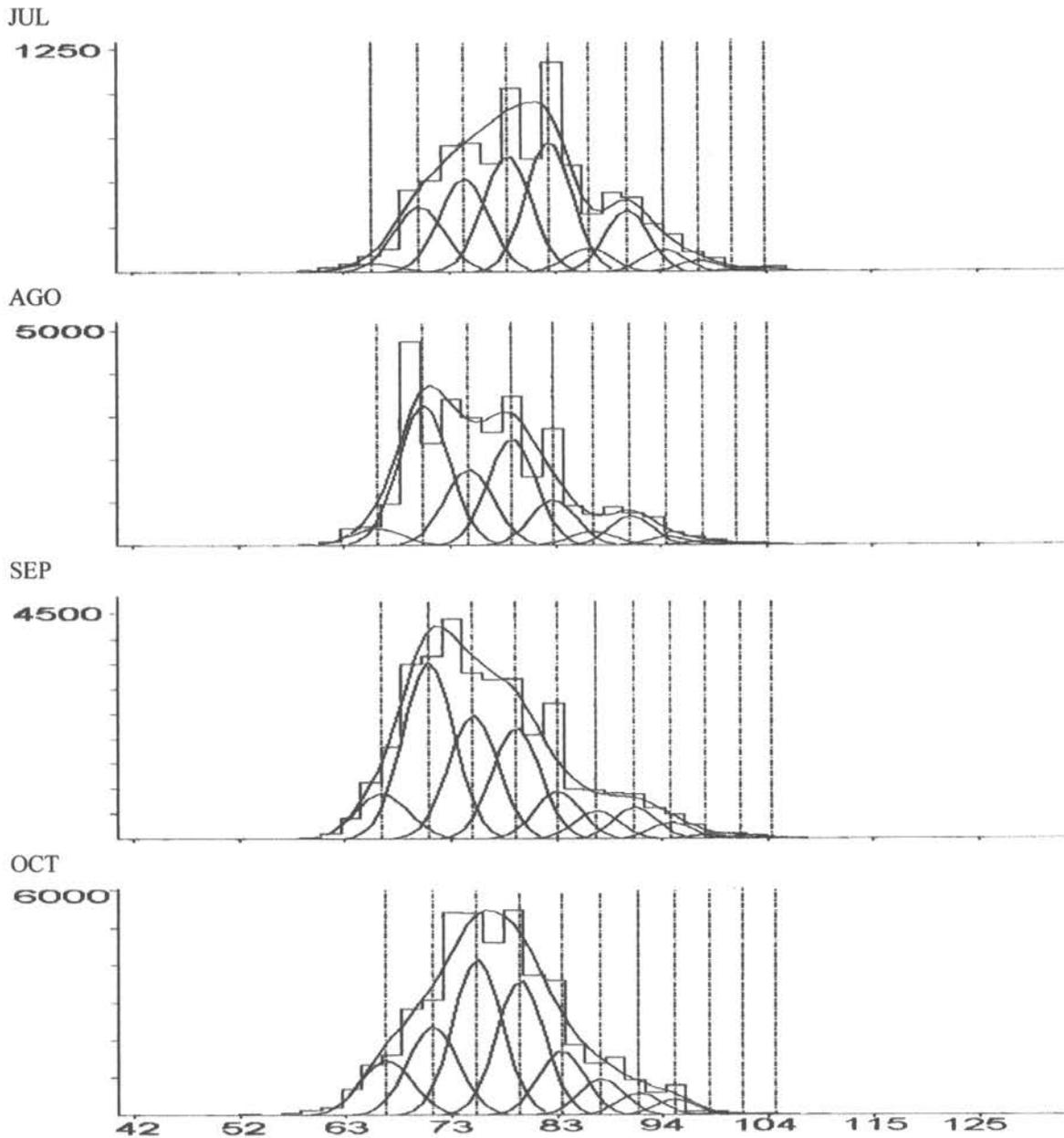
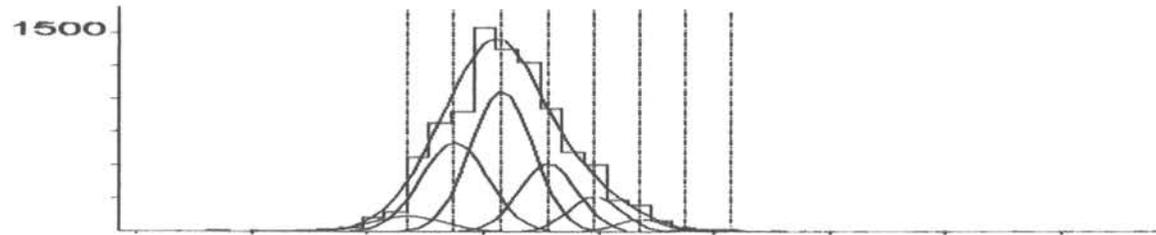
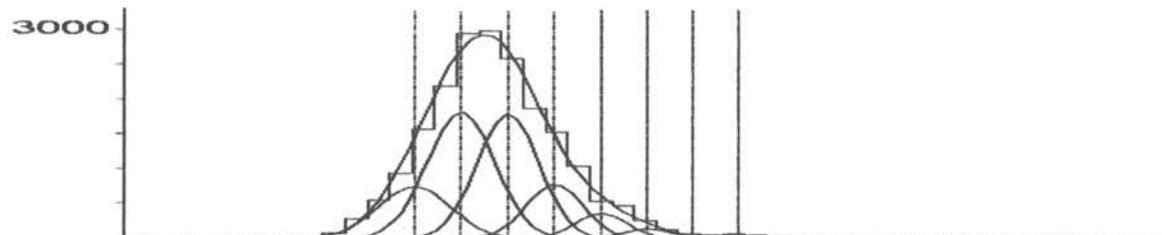


Figura 50 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en la X Región, entre febrero y octubre de 1998. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimadas y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad

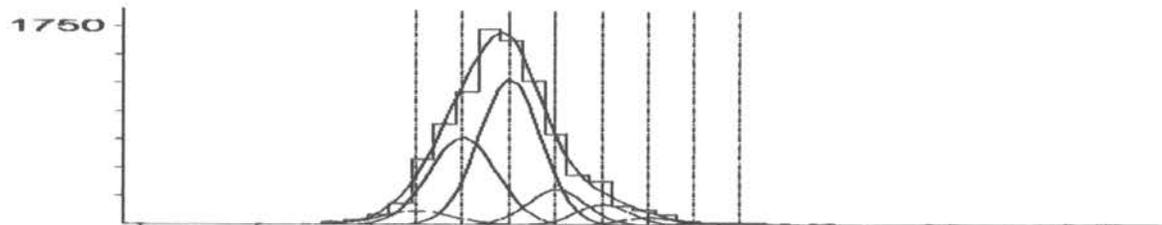
MAR



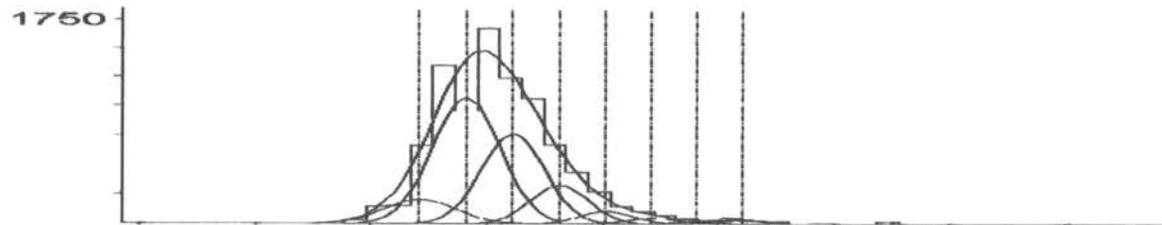
ABR



MAY



JUN



(continuación Figura 51 en la siguiente página)

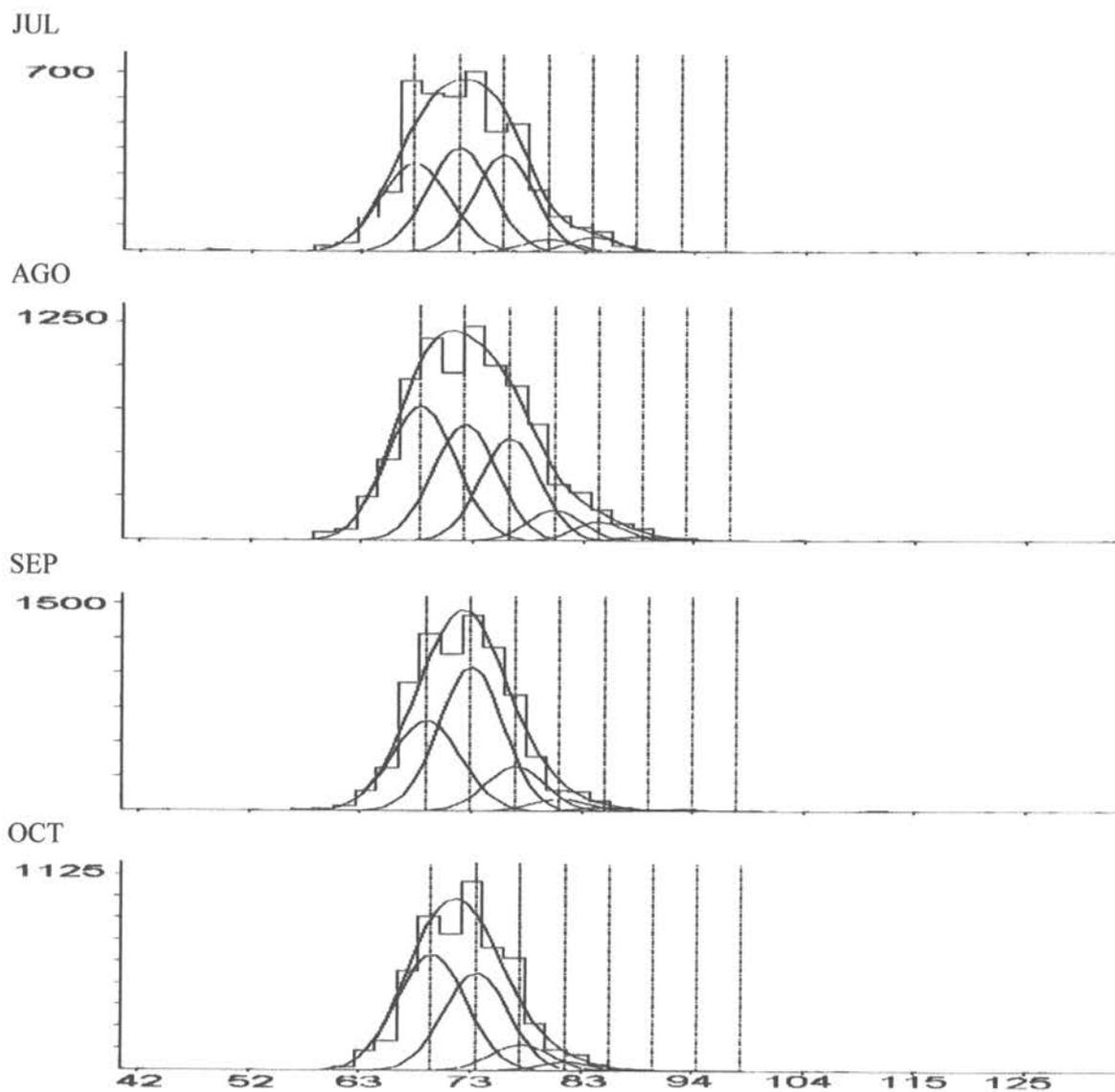
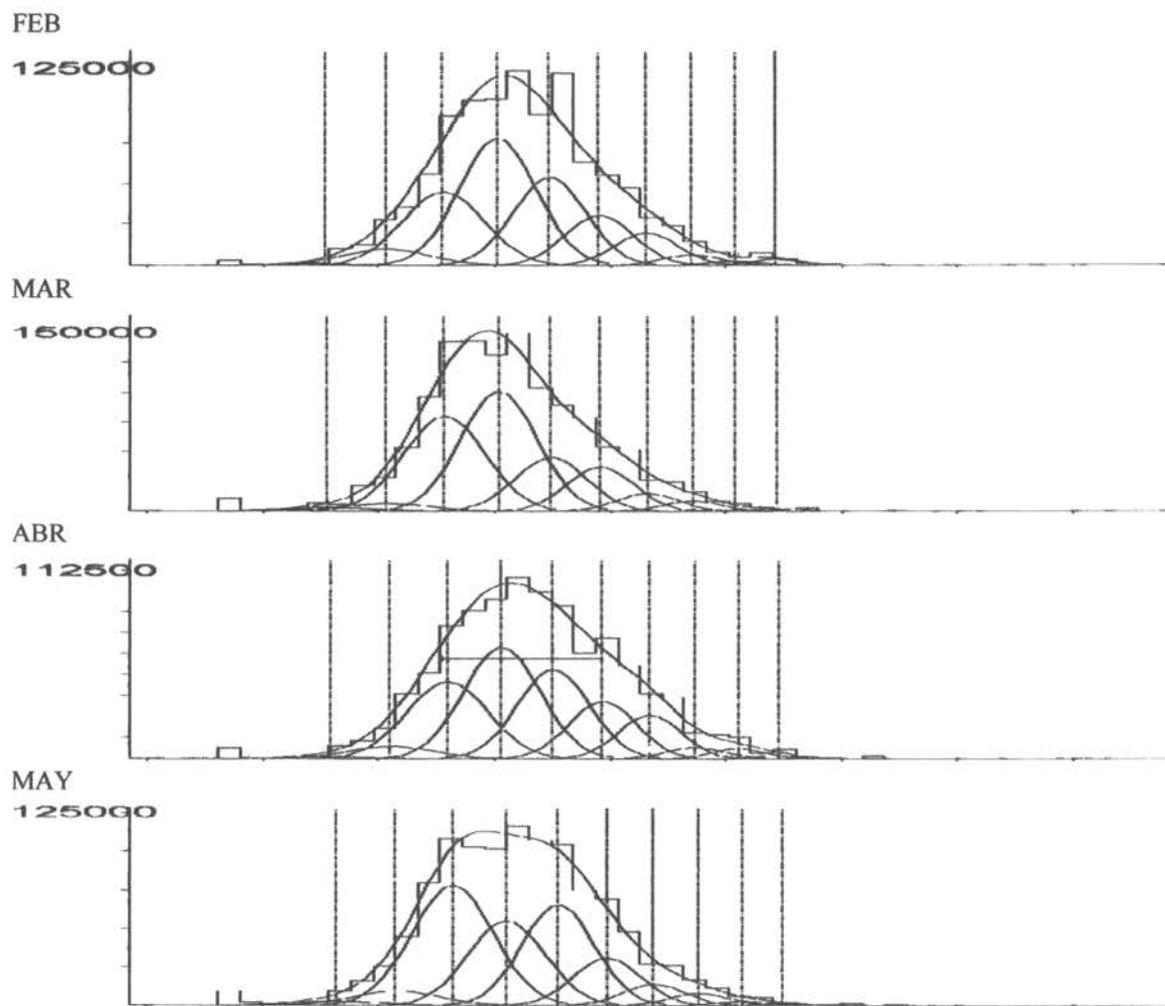


Figura 51 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en la XI Región, entre marzo y octubre de 1998. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimadas y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.



(continuación Figura 52 en la siguiente página)

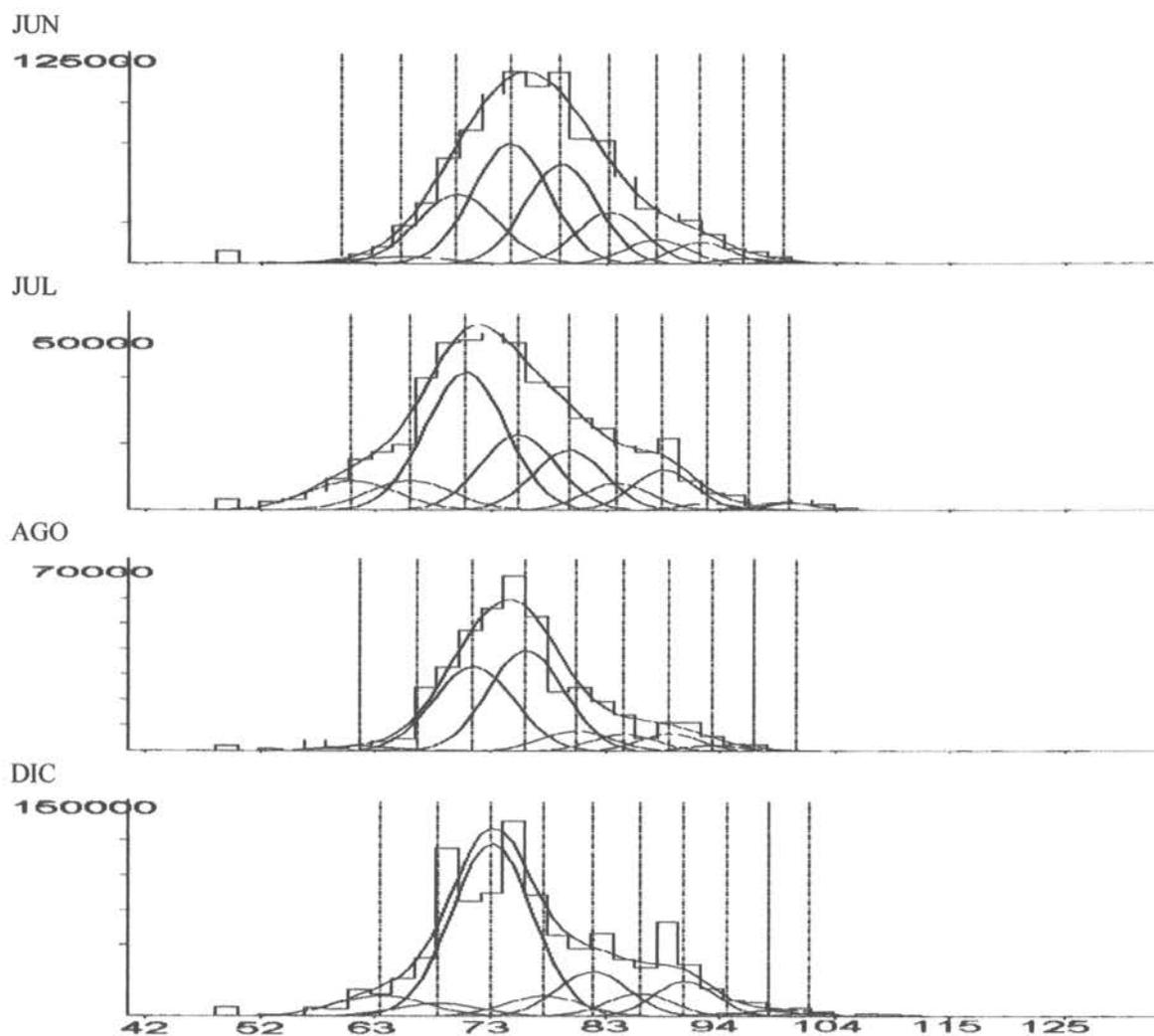


Figura 52 Distribución de frecuencias de talla (Diámetro de la testa, mm) de *Loxechinus albus* en la XII Región, entre febrero y diciembre de 1998. Las curvas normales representan el número estimado a cada grupo de edad, las curvas envolventes a las distribuciones estimadas y las líneas seccionadas verticales representan la longitud media estimada a cada grupo de edad.

6.2.2.4. Determinación de parámetros y modelo matemático de crecimiento

Los parámetros de los modelos de crecimiento seleccionados en la sección anterior se derivaron de la lectura de los archivos correspondientes a los mejores ajustes, y se transcriben en la Tabla 39, a su vez los modelos se grafican en le Figura 53. Es posible observar, en general, que los resultados encontrados entregan altos valores de longitud

asintótica en relación a los descritos en la literatura (Arias, 1990; Bustos, 1987; Reyes *et al.*, 1992; Gebauer y Moreno, 1995). Por otro lado, los valores de la tasa de crecimiento (K) son bajos, lo cual es consistente con L_{∞} , pero son más bajas a las estimaciones efectuadas por los autores mencionados.

En todo caso, los resultados con MULTIFAN deben considerarse con precaución ya que lo ideal para obtener buenos resultados es considerar una serie de tiempo de frecuencias de tallas sin lagunas, como no ha sido el caso de este estudio. En este sentido se debe destacar que la divergencia entre los análisis y entre los resultados de este estudio y los de otros autores, se podría atribuir a dos aspectos importantes que deben tomarse en cuenta:

- a) El análisis agrupado por región de la información puede resultar inválido, en términos de que ciertas características de la progresión modal se vean alteradas al agrupar bancos de pesca con diferentes características de crecimiento del recurso.
- b) Es posible que en los datos analizados una o más clases de edad no estén representadas, lo que genera un aumento en la tasa de crecimiento. Este punto no escapa a la realidad observada ya que Reyes *et al.* (1991) observó que existían años en que el recurso no manifiesta reclutamientos.

Tabla 39 Parámetros estimados desde el mejor ajuste sobre todos los efectuados, para los datos de la X, XI y XII Región (1998).

PARAMETRO	Región		
	X	XI	XII
Función de log-verosimilitud	6.777,598	6.331,015	6.041,418
Parámetros estimados	95	64	79
Modelo	2	8	6
Clases de edad significativas	11	8	11
L_{∞}	180,0	175,2	179,8
K	0,041	0,053	0,045
b_1 (sesgo por selección, mm)	0	0,132	-
Razón d.e.	0,706	0,529	0,546
ϕ_1 (amplitud del crec. Estacional)	-	0,926	0,931
ϕ_2 (fase del crec. Estacional)	-	0,692	-0,404
Edad estimada (años)	10,660	14,74	8,61
d.e. promedio	2,193	2,469	3,131

6.2.2.5. Índice de crecimiento efectivo (ϕ')

Se determinaron los índices de crecimiento efectivo para *L. albus*, en base a los parámetros descritos en la literatura disponible (Tabla 40). Además se determinó este índice para otras especies de erizos de las cuales se disponía de información.

Tabla 40 Parámetros de crecimiento de *Loxechinus albus* y de otras especies de erizos

Autor	Año	Especie	Zona	K	Loo	ϕ'
Arias	(1990)	<i>Loxechinu albus</i>	X Región, Chile	0,1838	125,615	3,4625
Bustos	(1987)	<i>Loxechinu albus</i>	X Región, Chile	0,3600	136,000	3,8233
Reyes <i>et al.</i>	(1992)	<i>Loxechinu albus</i>	X Región, Chile	0,1414	131,268	3,3868
Stotz <i>et al.</i>	(1992)	<i>Loxechinu albus</i>	IV Región, Chile	0,2200	130,000	3,5703
Gebauer y Moreno	(1995)	<i>Loxechinu albus</i>	Valdivia, Chile	0,1600	131,700	3,4432
Gebauer y Moreno	(1995)	<i>Loxechinu albus</i>	Valdivia, Chile	0,1300	141,200	3,4136
Zegers <i>et al.</i>	(1983)	<i>Loxechinu albus</i>	Chile	0,1270	102,000	3,1210
Este estudio*	(1999)	<i>Loxechinu albus</i>	X Región, Chile	0,0460	180,100	3,1737
Este estudio*	(1999)	<i>Loxechinu albus</i>	XI Región, Chile	0,0510	162,200	3,1276
Este estudio*	(1999)	<i>Loxechinu albus</i>	XII Región, Chile	0,0720	142,700	3,1661
Este estudio**	(1999)	<i>Loxechinu albus</i>	X Región, Chile	0,0410	180,000	3,1233
Este estudio**	(1999)	<i>Loxechinu albus</i>	XI Región, Chile	0,0530	175,200	3,2113
Este estudio**	(1999)	<i>Loxechinu albus</i>	XII Región, Chile	0,0450	179,800	3,1627
Gage	(1992)	<i>Psammechinus miliaris</i>	Western Scotland	0,5300	28,100	2,6216
Sumich y McCauley	(1973)	<i>Allocentrotus fragilis</i>	Newport, Oregon	1,5400	113,560	4,2979
Kakuda	(1989)	<i>Pseudocentrotus depressus</i>	Ymaguchi, Japón	0,3442	84,100	3,3864

(*) Datos recolectados por IFOP (Temporada 94-95 y 96-97); (**) Datos recolectados en el presente proyecto (Temporada 1998)

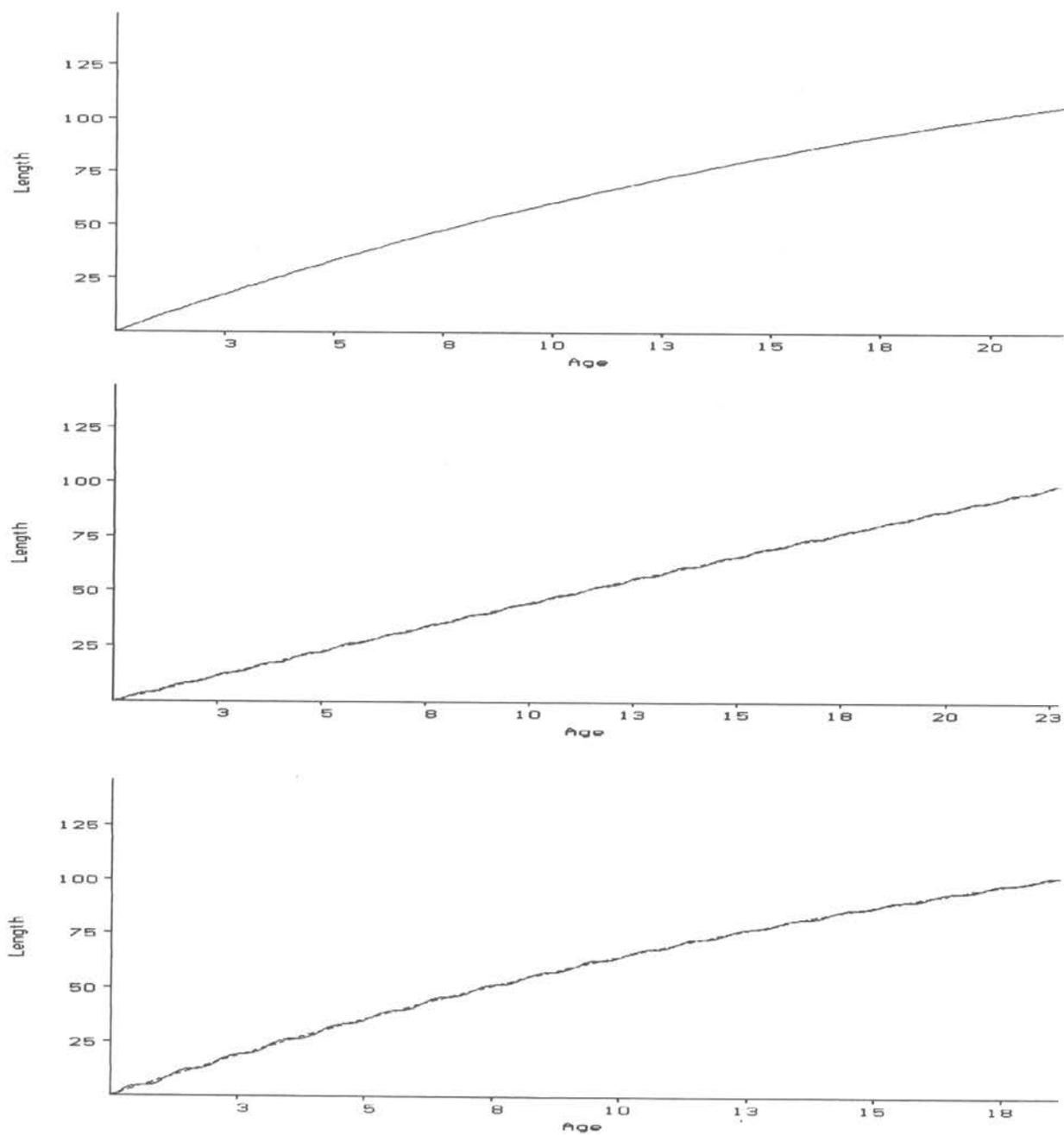


Figura 53 Representación gráfica de los modelos de crecimiento de *Loxechinus albus* para la X, XI y XII Región, respectivamente.

6.2.2.6. Determinación de la relación somatométrica

Los resultados de la relación somatométrica por Región se observan en las Figuras 54 a 56 y Tablas 41 a 43. Se puede apreciar que el parámetro a de la relación longitud-peso varió entre 0,000931817 y 0,030692228, mientras que la pendiente de la ecuación estuvo comprendida entre 1,98 y 2,77. Los resultados encontrados en la X Región son concordantes con los descritos por Reyes *et al.* (1991), Reyes *et al.* (1992) y Gebauer y Moreno (1995). De estos resultados se desprende que el recurso aumenta su peso en relación a la talla con mayor velocidad en la X Región; y, disminuye la rapidez de su crecimiento en peso a medida que su localización se hace más sureña.

Al docimar la hipótesis nula (H_0 : isometría del crecimiento) se detectó que el erizo crece isométricamente en la X Región. En tanto que en la XI y XII región el recurso presenta una pendiente estadísticamente diferente de 3.

Los resultados concernientes al modelo talla-peso que utiliza la ecuación propuesta por Beyer (1991), $\overline{Peso} = aDT^b(1 + 0,5b(b-1)CV^2)$, se visualizan en la Tabla 44. Aquí es posible observar mejores ajustes que con el modelo anterior, no obstante, los valores del parámetro b son menores y estadísticamente diferentes de 3.

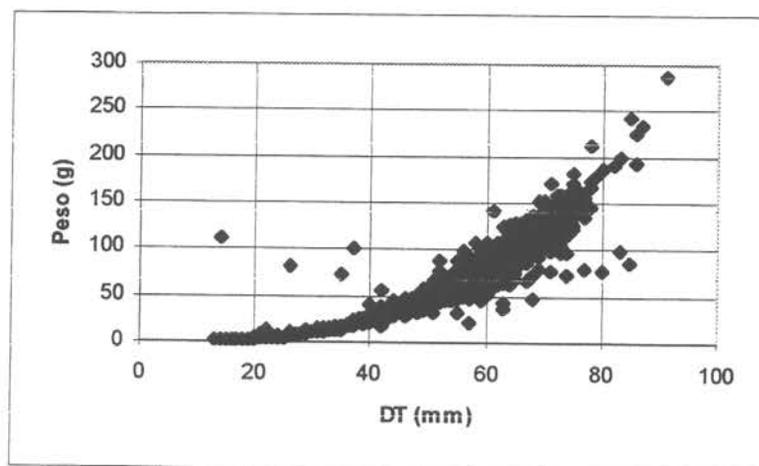


Figura 54 Relación diámetro de la testa (mm) y peso corporal (g) de *Loxechinus albus* en la X Región, para registros recolectados entre febrero y octubre de 1998.

Tabla 41 Resultados del ajuste de la relación somatométrica y del análisis de varianza de *Loxechinus albus* en la X Región (1998).

Param.	Value	Std. Error	t-value	Coef. Det.
A	0,000931817	5,4392E-05	17,1315922	0,93117126
B	2,775358695	0,01406368	197,34226	

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F
Regr	3.035.819,3	1	3.035.819,3	47.662
Error	224.396,54	3.523	63,694732	
Total	326.0215,8	3.524		

Lack Fit	-25.289,96	72	-351,24944	-4,85474
Pure Err	249.686,5	3451	72,351927	

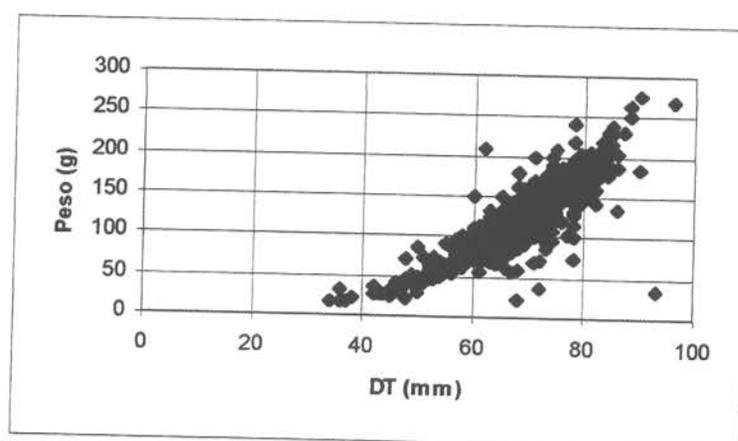


Figura 55 Relación diámetro de la testa (mm) y peso corporal (g) de *Loxechinus albus* en la XI Región, para registros recolectados entre febrero y octubre de 1998.

Tabla 42 Resultados del ajuste de la relación somatométrica y del análisis de varianza de *Loxechinus albus* en la XI Región (1998).

Param.	Value	Std. Error	t-value	Coef. Det.
A	0,001056444	0,000151	6,99617846	0,84352662
B	2,752598176	0,0334199	82,3640374	

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F
Regr	1.736.101,5	1	1.736.101,5	8.032,39
Error	322.045,16	1.490	216,13769	
Total	2.058.146,7	1.491		

Lack Fit	-29512,168	50	-590,24335	-2,41767
Pure Err	351.557,33	1.440	244,13704	

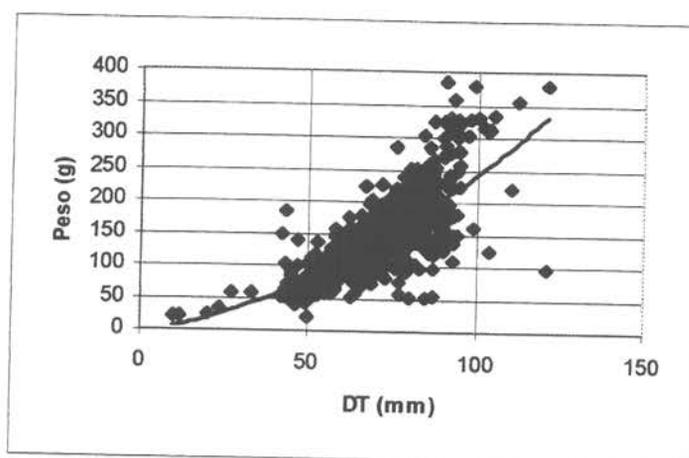


Figura 56 Relación diámetro de la testa (mm) y peso corporal (g) de *Loxechinus albus* en la XII Región, para registros recolectados entre febrero y diciembre de 1998.

Tabla 43 Resultados del ajuste de la relación somatométrica y del análisis de varianza de *Loxechinus albus* en la XII Región (1998).

Param.	Value	Std. Error	t-value	Coef. Det.
A	0,030692228	0,00586559	5,23259143	0,66637686
B	1,978424156	0,0439534	45,011856	

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F
Regr	2.152.184,4	1	2.152.184,4	2.368,91
Error	1.077.496,1	1.186	908,51277	
Total	3.229.680,5	1.187		

Lack Fit	-8.788.782	67	-131.175,85	-14,8775
Pure Err	9.866.278,1	1.119	8.817,0493	

Tabla 44 Resultados de la ecuación propuesta por Beyer (1991) en *Loxechinus. albus* por Región.

Región	Param.	Value	Std. Error	t-value	Coef. Det.
X	a	0,0009	0,0001	17,1316	0,9312
	b	2,7754	0,0141	197,3422	
XI	a	0,0011	0,0002	6,9962	0,8435
	b	2,7526	0,0334	82,3640	
XII	a	0,0307	0,0059	5,2326	0,6664
	b	1,9784	0,0440	45,0119	

7. CONCLUSIONES

El erizo comestible es un animal altamente sensible a la manipulación y a la fijación de elementos extraños sobre su testa. Aunque se utilizó la marca plástica fijada mediante banda elástica en futuros experimentos se sugiere aplicar la marca "T-Bar", ya que se observó que la mortalidad y la tasa de crecimiento no son significativamente diferente al control sin marca.

En los experimentos de marcaje y recaptura, las marcas afectaron la tasa de crecimiento observándose una tendencia a la disminución de las tallas medias de los individuos recapturados.

La metodología desarrollada de lectura de bandas de crecimiento permite observar y discriminar el número de bandas en las placas genitales. Nueve fue el número máximo de bandas de crecimiento observada.

Para una misma edad el rango de tallas observado es amplio, hecho que ha sido observado en otras especies de erizos. La clave talla edad para las 4 Regiones estudiadas presentan índices de separación inferiores a 2 lo que indica la superposición de tallas.

La asignación de edad a la estructura de tallas del desembarque permite concluir que el stock explotado de la XII Región presenta una estructura etaria desplazada hacia la derecha. Los erizos extraídos de Punta Arenas, en promedio, son más viejos que aquellos extraídos en las Regiones X y XI, siendo estos últimos los más jóvenes.

El modelo de crecimiento del erizo de la X Región en la temporada 1994-1995 y 1996-1997 está descrito por un modelo de von Bertalanffy que incluye las hipótesis de desviación estándar dependiente de la longitud media de los grupos modales y toma en cuenta el sesgo por selección del primer grupo de edad. Los parámetros clásicos de crecimiento son $L_{\infty}=180,1$ y $K=0,046$.

El crecimiento del erizo en la XI Región esta descrito por un modelo de von Bertalanffy que incluye las hipótesis de crecimiento estacional y toma en cuenta el sesgo por selección del primer grupo de edad. Los parámetros clásicos de crecimiento son $L_{00}=162,2$ y $K=0,051$.

El crecimiento del erizo en la XII Región esta descrito por un modelo de von Bertalanffy que incluye la hipótesis de crecimiento estacional. Los parámetros clásicos de crecimiento son $L_{00}= 142,7$ y $K=0,072$.

Los parámetros de los ajustes de la relación somatométrica potencial por Región son:

X Región: $a = 0,000758$ y $b = 2,812135$

XI Región: $a = 0,001409$ y $b = 2,659848$

XII Región: $a = 0,003132$ y $b = 2,512921$

En la temporada 1998 el crecimiento del erizo en la X Región esta descrito por un modelo de von Bertalanffy que incluye las hipótesis de desviación estándar dependiente de la longitud media de los grupos modales. Los parámetros clásicos de crecimiento son $L_{00}= 180,0$ y $K=0,041$.

El crecimiento del erizo en la XI Región esta descrito por un modelo de von Bertalanffy que incluye las hipótesis de crecimiento estacional e hipótesis estructurales y toma en cuenta el sesgo por selección del primer grupo de edad. Los parámetros clásicos de crecimiento son $L_{00}=175,2$ y $K=0,053$.

El crecimiento del erizo en la XII Región esta descrito por un modelo de von Bertalanffy que incluye la hipótesis de crecimiento estacional con desviación estándar dependiente de la edad. Los parámetros clásicos de crecimiento son $L_{00}= 179,8$ y $K=0,045$.

Los parámetros de los ajustes de la relación somatométrica potencial por Región son:

$$\text{X Región: } a = 0,0009 \text{ y } b = 2,7754$$

$$\text{XI Región: } a = 0,0011 \text{ y } b = 2,7526$$

$$\text{XII Región: } a = 0,0307 \text{ y } b = 1,9784$$

Al comparar los resultados del análisis de crecimiento, a través de MULTIFAN, de las temporadas anteriores (1994-1995 y 1996-1997) con la temporada 1998, es posible encontrar similitud en los valores de K y L_{oo} obtenidos, con excepción de la XII Región. En esta Región el resultado más consistente es el obtenido con los datos de la temporada 1996-1997, debido al mayor valor de la función log-verosimil (ver Tabla 26 y 39).

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANA, P. 1995. El Boom del erizo en la región de Magallanes. Boletín Informativo SIM, N° 33: 19-22.
- ARANA, P. 1996. Análisis de la pesquería y evaluación del stock de erizo (*Loxechinus albus*), explotado en la región de Magallanes. Estudios y Documentos, Universidad Católica de Valparaíso, 23/96: 286 pp. Requirente: Asociación de Industriales del erizo (XII Región).
- ARIAS, E. 1990. Determinación de la edad y crecimiento del erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782). *In litteris*.
- ARIAS, E.; BARAHONA, N.; JEREZ, G. y E. LOZADA. 1995. Monitoreo de la Pesquería del Recurso Erizo en la X y XI Región, 1994. Informe Final, Proyecto FIP 93-13, 74 pp + anexos.
- ARRAU, L. 1958. Desarrollo del erizo comestible de Chile *Loxechinus albus* Mol. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 7(1-2-3): 39-61.
- BAY-SCHMITH, E. 1982. Erizo *Loxechinus albus* (Molina). En: Estado Actual de las Principales Pesquerías Nacionales. Bases para el Desarrollo Pesquero.
- BAY-SCHMITH, E.; WERLINGER, C. y J. SILVA. 1981. Ciclo anual de reproducción del recurso *Loxechinus albus* entre la X y XII Región. Informe Final Proyecto de Investigación Subsecretaría de Pesca. Universidad de Concepción, 68 pp.
- BERTALANFFY, L. VON. 1934. Untersuchungen über die Gesetzlichkeiten des Wachstums. I. Roux'Archiv Entwicklungsmech. 131 : 613-652.
- BEYER, J.E. 1991. On the length-weight relationship. Part II. Computing the mean weight of the fish in a given length class. Fishbyte, 9(2): 50-54.
- BÜCKLE, L.F. 1973. El erizo comestible, (*Loxechinus albus* (Mol.)) (Echinodermata: Echinoidea). Noticiario Mensual, Museo Nacional de Historia Natural, Chile, 17(205): 8-11.
- BÜCKLE, F.; GUISADO, CH.; TARIFEÑO, E.; ZULETA, A.; CORDOVA, L.; SERRANO, C. y R. MALDONADO. 1976. Estudios biológicos del erizo *Loxechinus albus* (Molina) (Echinoidea: Echinodermata). I. Investigaciones preliminares en cultivos masivos de larvas de erizo. Biol. Pesq. Chile., N° 8: 31-64.

- BÜCKLE, F.; GUISTADO, CH.; SERRANO, C.; CORDOVA, L.; PEÑA, L. y E. VASQUEZ. 1977a. Estudio de crecimiento en cautiverio del erizo *Loxechinus albus* (Molina) en las costas de Valparaíso y Chiloé, Chile. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 4(1): 141-152.
- BÜCKLE, F.; GUISTADO, CH.; SERRANO, C. y E. VASQUEZ. 1977b. Estudio de la alimentación en cautiverio del erizo *Loxechinus albus* (Molina) en las costas de Valparaíso y Chiloé, Chile. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 4(1): 153-160.
- BÜCKLE, F.; GUISTADO, CH.; TARIFEÑO, E.; ZULETA, A.; CORDOVA, L. y C. SERRANO. 1978. Biological studies on the Chilean sea urchin *Loxechinus albus* (Molina) (Echinodermata: Echinoidea). 4. Maturation cycle and seasonal biochemical changes in the gonad. Cienc. Mar., 5(1): 1-18.
- BÜCKLE, F.; ALVEAL, K.; TARIFEÑO, E.; GUISTADO, CH.; CORDOVA, L.; SERRANO, C. y J. VALENZUELA. 1980. Biological studies on the Chilean sea urchin *Loxechinus albus* (Molina) (Echinodermata: Echinoidea). V. Food analysis and seasonal feeding rate. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 7(1): 149-158.
- BUSTOS, E. 1987. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Bentónicas III, IV y X Región – 1986. Estado de situación del recurso. CORFO-IFOP (AP 87/5): 163 pp + anexos.
- BUSTOS, E.; OLAVE, S. y R. TRONCOSO. 1990. Estudio repoblamiento de recursos bentónicos Area piloto IV Región, Etapa III. Investigaciones en erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782). CORFO-IFOP (AP90/1c), 186 pp.
- BUSTOS, E.; GODOY, C.; OLAVE, S. y R. TRONCOSO. 1991a. Desarrollo de técnicas de producción de semillas y repoblación de recursos bentónicos. I. Investigaciones en el erizo chileno *Loxechinus albus* (Molina, 1782). PNUD - IFOP, Chile: 3-30.
- BUSTOS, E.; GODOY, C. y R. TRONCOSO. 1991b. Investigación repoblamiento de recursos bentónicos Area piloto IV Región, Etapa III. 4. Investigaciones en erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782). CORFO-IFOP (SGI-IFOP 91/5), 138 pp.
- BUSTOS, E.; PACHECO, E.; SASSO, L.; CARMONA, A.; SEPULVEDA, A.; ARIAS, E.; GONZALEZ, C.; LOZADA, E.; MEDRANO, S. y C. ROJAS. 1991c. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales. 1989. Pesquerías bentónicas III, IV y X Región. Estado de situación y perspectivas del recurso. CORFO/IFOP, AP91/3, Stgo., 173 pp.
- BUSTOS, E. OLAVE, S.; TRONCOSO, R. y C. GODOY. 1992. Investigación repoblamiento de recursos bentónicos Area piloto IV Región, Etapa IV. 5. Investigaciones en erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782). CORFO-IFOP, 157 pp.

- CARLANDER, K.D. 1981. Caution on the use of the regression method of back-calculating length of the scales measurement. *Fisheries*, 6: 2-4.
- CASTILLA, J.C. 1988. La problemática de la repoblación de mariscos en Chile: Diagnóstico, estrategias y ejemplos. *Inv. Pesq. Chile*, 35: 41-48.
- CASTILLA, J.C. 1990. El erizo chileno *Loxechinus albus*: Importancia pesquera, historia de vida, cultivo en laboratorio y repoblación natural. En: *Cultivo de Moluscos en América Latina. Memorias Segunda Reunión, Grupo de Trabajo Técnico, Ancud, Chiloé, Chile.*: 83-98.
- CASTILLA, J.C. y C. MORENO. 1982. Sea urchin and *Macrosystis pyrifera*: Experimental test of their ecological relations in southern Chile. En: "International Echinoderms Conference, Tampa Bay". J.M. Laurence (Ed.), A.A. Balkena, Rotterdam: 257-263.
- 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*, 5(2): 5-9.
- CASTILLA, J.C.; GUISADO, CH.; OBERTI, C. y V. ALCAZAR. 1988. El cultivo de erizos, experiencias con el erizo chileno (*Loxechinus albus*). *Bol. Red. Acuicultura*, 2(1-2): 3-6.
- COCHRAN, W.G. 1971. *Técnicas de muestreo*. John Wiley y Sons, Inc. Ed. Continental México.
- CONTRERAS, S. y J.C. CASTILLA. 1987. Feeding behavior and morphological adaptations in two sympatric sea urchin species in central Chile. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 38: 217-224.
- CORFO-IFOP. 1992. Estado de situación y perspectivas del recurso. *Pesquerías bentónicas III, IV y X Región*. SGI-IFOP 92/6, 57 pp.
- DEPPE, R. y C. VIVIANI. 1977. La pesquería artesanal del erizo comestible *Loxechinus albus* (Molina) (Echinodermata, Echinoidea, Echinidae) en la región de Iquique. *Bio. Pesq. Chile*, 9: 23-41.
- DERISO R.B.; QUINN, T.J. y P.R. NEAL. 1985. Catch-at-age analysis with auxiliary information. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 815-824.
- DRAPER, N.R. y H. SMITH. 1981. *Applied regression analysis*. 2nd. Ed. John Wiley and Sons. New York, NY. 709 pp.
- DUINEVELD, G.C.A. y J. JENNESS. 1984. Differences in growth rates of the sea urchin *Echinocardium cordatum* as estimated by the parameters of the von Bertalanffy equation applied to skeletal rings. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 19(1-2): 64-72.

- EBERT, T. 1967. Negative growth and longevity in the purple sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). *Science*, 157: 557-558.
- EBERT, T. 1968. Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abrasion. *Ecology*, 49: 1075-1091.
- EBERT, T. 1980. Estimating parameters in a flexible growth equation, the Richards function. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37(4): 687-692.
- EBERT, T. 1986. A new theory to explain the origin of growth lines in sea urchin spines. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 34(1-2): 197-199.
- EBERT, T. 1988. Growth, regeneration and damage repair of spines of the slate-pencil sea urchin *Heterocentrotus mammillatus* (L.) (Echinodermata, Echinoidea). *Pacific Science*, 42(3-4): 160-172.
- EBERT, T. y M.P. RUSSELL. 1992. Growth and mortality estimates for red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* from San Nicolas Island, California. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 81(1): 31-41.
- EDWARDS, P.B. y T.A. EBERT. 1991. Plastic responses to limited food availability and spine damage in the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 145(2): 205-220.
- FABENS, A.J. 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growth* 29: 265-289.
- FAO. 1979-1984-1994. Anuario de Capturas Mundiales. NU.
- FRANCIS, R.I.C.C. 1988. Are growth parameters estimated from tagging and age-length data comparable? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 936-942.
- FOURNIER D.A. y C. ARCHIBALD. 1982. A general theory for analyzing catch at age data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 1195-1207.
- FOURNIER, D.A., SIBERT, J.R.; MAJKOWSKI, J. y J. HAMPTON. 1990. MULTIFAN a likelihood-based method for estimating growth parameters and age composition from multiple length frequency data sets illustrated using data for bluefin tuna (*Thunus maccoyii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47(2):301-317.
- FOURNIER, D.A., SIBERT, J.R. y M. TERCEIRO. 1991. Analysis of length frequency samples with relative abundance data for the Gulf of Maine northern shrimp (*Pandalus borealis*) by MULTIFAN method. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48(4): 591-598.

- FUJI, A. 1967. Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz). Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ., 15(2): 1-160.
- FUJI, A. y K. KAWAMURA. 1970a. Studies on the biology of the sea urchin. VI. Habitat structure and regional distribution of *Strongylocentrotus intermedius* on a rocky shore of southern Hokkaido. Bull. Jap. Soc. of Sci. Fish., 36(8): 755-762.
- FUJI, A. y K. KAWAMURA. 1970b. Studies on the biology of the sea urchin. VII. Bio-economics of the population of *Strongylocentrotus intermedius* on a rocky shore of southern Hokkaido. Bull. Jap. Soc. of Sci. Fish., 36(8): 7635-775.
- GAGE, J.D. 1991. Skeletal growth zones as age-markers in the sea urchin *Psammechinus miliaris*. Mar. Biol., 110: 217-228.
- GAGE, J.D. 1992a. Growth bands in the sea urchin *Echinus esculentus*: results from Tetracycline-mark/recapture. J. mar. biol. Ass. U. K., 72: 257-260.
- GAGE, J.D. 1992b. Natural growth bands and growth variability in the sea urchin *Echinus esculentus*: Results from Tetracycline tagging. Mar. Biol., 114: 607-616.
- GAGE, J.D.; TYLER, P.A. y D. NICHOLS. 1986. Reproduction and growth of *Echinus acutus* var. *norvegicus* Duben y Koren and *E. elegans* Duben y Koren on the continental slope off Scotland. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 101: 61-83.
- GALVEZ, M. 1996. Evaluación indirecta del stock de erizo comestible (*Loxechinus albus*) al sur del Estrecho de Magallanes (Chile), durante la temporada 1995. Estudios y Documentos, Universidad Católica de Valparaíso, 23/96: 254-286.
- GEBAUER, P. 1992. Validación experimental de los anillos de crecimiento de *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en la reserva marina de Mehuín, Chile. Tesis de Grado para optar al grado de Licenciado en Biología Marina. Escuela de Biología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, 66 pp.
- GEBAUER, P. y C. MORENO. 1995. Experimental validation of the growth rings of *Loxechinus albus* (Molina, 1782) in southern Chile (Echinodermata: Echinoidea). Fisheries Research, 21: 423-435.
- GODOY, C. y R. TRONCOSO. 1990. Recuperación de bancos de erizos sobreexplotados: Un experimento de repoblación en Chiloé. Resúmenes Xmas Jornadas Ciencias del Mar, Pont. Univ. Católica de Chile (Organizador), Santiago, Chile.
- GONZALEZ, L., CASTILLA, J.C. y CH. GUIADO. 1987. Effect of larval diet and rearing temperature on metamorphosis and juvenile survival of the edible sea urchin *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (ECHINOIDEA, ECHINIDAE). J. Shellfish. Res., 6(2): 109-115.

- GONZALEZ, M.L.; PEREZ, M.C.; LOPEZ, D.A. y J.M. URIBE. 1990. Crecimiento del erizo *Loxechinus albus* (Molina), en condiciones artificiales. *Biota*, Vol. 6: 35-44.
- GONZALEZ, M.L.; PEREZ, M.C.; LOPEZ, D.A. y C.A. PINO. 1993. Effects of algal diet on the energy available for growth of juvenile sea urchins *Loxechinus albus* (Molina, 1782). *Aquaculture*, 115(1-2): 87-95.
- GULLAND, J.A. y A.A. ROSENBERG. 1992. Exámen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO Documento Técnico de Pesca N° 323, 112 pp.
- GUISADO, CH. y J.C. CASTILLA. 1987. Historia de vida, reproducción y avances en el cultivo del erizo comestible chileno *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinoidea: Echininidae). In: Manejo y Desarrollo Pesquero, P. Arana (Ed.), Universidad Católica de Valparaíso: 59-88.
- GUISADO, CH. y J.C. CASTILLA. 1988. Avances en el cultivo de larvas del erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782) en criaderos de ambiente controlado. En: Producción de larvas y juveniles de especies marinas, E. Uribe (Ed.), Universidad Católica del Norte: 113-114.
- GUISADO, CH. y P. ROJAS. 1971. Estudios sobre la variación estacional de algunos contenidos químicos de *Loxechinus albus* (Molina) (Echinoidea) y de *Pinnaxodes chilensis* (M Edwards) (Decapoda Brachyura), en relación a sus procesos biológicos. Tesis de Licenciatura en Filosofía y Educación, Univ. Católica de Valparaíso, sin paginar.
- GUTIERREZ, J. y I. OTSU. 1975. Periodicidad en las variaciones biométricas de *Loxechinus albus* Molina. *Rev. Biol. Mar.*, 15(2): 179-199.
- HAGEN, N. 1996. Taggin sea urchins a new technique for individual identification. *Aquaculture*, 139: 271-284.
- HAN-LIN-LAI. 1987. Optimum allocation for estimating age composition using age length key. *Fish. Bull.* 85(2): 179-185.
- HIMMELMAN, J.H.; LAVERGNE, Y.; ALEXSEN, F.; CARDINAL, A. y E. BOURGET. 1983. Sea urchins in the Saint Lawrence Estuary: Their abundance, Size-Structure, and Suitability for Commercial Exploitation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40(4): 474-486.
- HOENIG, J.M. y D.M. HEISEY. 1987. Use of a log-linear model with the EM algorithm to correct estimates of stock composition and to convert length to age. *Transactions of the American Fisheries Society*, 116: 232-243.
- JENSEN, M. 1969. Age determination of Echinoids. *Sarsia*, 37: 41-44.

- JEREZ, G.; BARAHONA, N.; MUÑOZ, A; LOZADA, E. y V. ASCENCIO. 1997. Monitoreo de la Pesquería del Recurso Erizo en la XII Región, 1996. Informe Final, Proyecto FIP 94-27A, 70 pp + anexos.
- JONES, R. 1984. Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data. FAO Fisheries Technical Paper 256.
- KAKUDA, N. 1989. Age determining character and growth of a sea urchin *Pseudocentrotus depressus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 55(11): 1899-1905.
- KALVAS, P.E. y J.M. HENDRIX. _____. Laboratory comparison of three internal tagging methods for red sea urchin. En prensa.
- KIMURA, D.K. 1980. Likelihood methods for the con Bertalanffy growth curve. Fish. Bull., 77(4): 765-776.
- KIMURA, D.K. 1990. Approaches to the age-structured separable sequential population analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 2364-2374.
- LARRAIN, A. 1975. Los equinoideos regulares fósiles y recientes de Chile. Gayana Zool., 35: 1-189.
- LE GALL, P. 1991. El Cultivo de Erizos. En: Acuicultura, G. Bernabé Ed., Edit. Omega, España, 756 pp.
- LEVITAN, D.R. 1991. Skeletal changes in the test and jaws of the sea urchin *Diadema antillarum* in response to food limitation. Mar. Biol., 111: 431-435.
- LUMINGAS, L.J.L. y M. GUILLOU. 1994. Growth zones and back-calculation for the sea urchin, *Sphaerechinus granularis*, from the bay of Brest, France. J. mar. biol. Ass. U. K., 74: 671-686.
- MacGLADE, J.M. y S.J. SMITH. 1983. Principal component methods for exploratory data analysis of comercial length-frequency data, p. 235-239. In W.G. Doubleday y D. Rivard. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 66.
- MARTIN, I. y R.M. COOK. 1990. Combined analysis of length and age-at-length data. J. Cons. int. Explor. Mer, 46: 178-186.
- MIRANDA, O. 1978. Líneas de crecimiento en algunos organismos marinos. Tesis de grado de Doctor en Filosofía del Departamento de Ciencias Marinas, Universidad de Puerto rico. 213 pp.
- MOORE, H. 1935. A comparison of the biology of *Echinus esculentus* in different habitats. Part II. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 20: 109-128.

- OLAVE, S.; GODOY, C. y R. TRONCOSO. 1993. 4. Erizo (*Loxechinus albus*). En: Investigación en Repoblamiento de Recursos Bentónicos. Area piloto IV Región, Etapa V. SIG-IFOP 93/8: 59-82.
- OTTER RESEARCH. 1991. MULTIFAN 3 user's guide and reference manual. Otter Research Ltd., Nanaimo, Canada.
- 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.
- PAULY, D. y G. GASCHUTZ. 1979. A simple method for fitting oscillating growth data, with a program for pocket calculators. ICES C.M. 1979/G: 24 (mimeo).
- PAULY, D. y J.L. MUNRO. 1984. Once more on growth comparison in fish and invertebrates. Fishbyte, 2(1): 21.
- PEARSE, J.S. y V.B. PEARSE. 1975. Growth Zones in the Echinoid Skeleton. Amer. Zool. 731-753.
- POPE J.G. y J.G. SHEPHERD. 1982. A simple method for the consistent interpretation of catch at age data. Journal du Conseil, Conseil International pour l'Exploration de la Mer 40: 176-184.
- PROCHILE. 1996. Directorio de Exportaciones. 355 pp.
- REYES, A.; CARMONA, A.; SEPULVEDA, E.; ARIAS, E.; ROJAS, C.; BARAHONA, N., SASSO, L. y E. LOZADA. 1991. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales bentónicas. III, IV y X Región. Informe Técnico. CORFO/IFOP. 85 pp.
- REYES, A.; ARIAS, E.; ROJAS, C.; BARAHONA, N.; LOZADA, E.; SEPULVEDA, A.; y A. CARMONA. 1992. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales bentónicas. III, IV y X Región. 1991. CORFO-IFOP 57 pp.
- RICKER, W.E. 1992. Back-calculation of fish lengths band on proportionality between scale and length increments. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 49: 1018-1026.
- ROBOTHAM, H.; ZULETA, A.; ARIAS, E.; ARIAS, J.; POTOENJAK, C.; JARA, F. y R. WILLIAMS. 1997. Diseño de Monitoreo de Pesquerías Bentónicas. Informe Final, Proyecto FIP 95-26, 133 pp + anexos.
- SÁNCHEZ-CRESPO, J.L. 1980. Curso intensivo de muestreo en poblaciones finitas (2a edición). Curso Taller Interamericano Sobre Métodos de Muestreo en Poblaciones Biológicas. FAO-CIENES. Santiago, Chile, 1996.
- SCHNUTE, J y D. FOURNIER. 1980. A new approach to length frequency analysis: growth structure. J. Fish. Res. Board Can., 37: 1337-1351.

- SERNAP. 1975-1994. Anuario Estadístico de Pesca. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción. Chile.
- SERNAPESCA. 1997. Anuario Estadístico de Pesca. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción. Chile.
- SERNAPESCA. 1998. Anuario Estadístico de Pesca. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción. Chile.
- SMITH, A. 1991. Biomineralization in Echinoderms, p. 413-443. In J.G. Carter (ed.), Skeletal Biomineralization: Patterns, Processes and Evolutionary Trends. V1. Van Nostrand Reinhold, New York.
- SPARRE, P. y S.C. VENEMA. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual FAO Documento Técnico de Pesca N° 306.1 Rev. 1, 440 pp.
- STOTZ, W.; GONZALEZ, S. y C. LOPEZ. 1992. Siembra experimental del erizo rojo *Loxechinus albus* (Molina) en la costa expuesta del centro-norte de Chile: efectos del erizo negro *Tetrapygus niger* (Molina) sobre la permanencia y crecimiento de los juveniles. Invest. Pesq. (Chile), 37: 107-117.
- SUBSECRETARIA DE PESCA. 1996. Chile Azul. 89 pp.
- SUMICH, J. y J. McCAULEY. 1973. Growth of a sea urchin, *Allocentrotus fragilis*, off the Oregon Coast. Pacific Science, 27(2): 156-167.
- TAKI, J. 1978. Formation of growth lines in test plates of the sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius*, reared with different algae. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44(9): 955-960.
- UNDERWOOD, A.J. 1998. Experiments in ecology. Cambridge University Press.
- VASQUEZ, J.A. y CH. GUISSADO. 1992. Fishery of the sea urchin *Loxechinus albus* in Chile. The management and enhancement of sea urchins and other kelp bed resources: A Pacific rim perspective, 35 pp.
- VASQUEZ, J.A.; CASTILLA, J.C. y B. SANTELICES. 1984. Distributional patterns and diets of four species of sea urchin and giant kelp forest (*Macrocystis pyrifera*) of Puerto Toro, Navarino Island, Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser., 19(1-2): 55-63.
- WALKER, M.M. 1981. Influence of season on growth of the sea urchin *Evechinus chloroticus*. New Zeland Journal of Marine and Freshwater Research, 15(2): 201-205.
- ZABALA, A. 1987. Determinación de una metodología para establecer edad en erizo comestible *Loxechinus albus* (Molina 1782). Informe final para optar al título de

Técnico Marino. Depto. Biología y Tecnología del Mar, Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano, 54pp.

ZAMORA, S. y W. STOTZ. 1992. Ciclo reproductivo de *Loxechinus albus* (Molina 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en Punta Lagunillas, IV Región, Coquimbo, Chile. Rev. Chilena de Historia Natural, 65(1): 121-133.

ZEGERS, J.; OLIVA, M.; HIDALGO, C. y L. RODRIGUEZ. 1983. Crecimiento de *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en sistemas de jaulas suspendidas a media agua. Mems. Asoc. Latinoam. Acuicult., 5(2): 369-378.

9. AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer al equipo de muestreadores de las Regiones XII, XI y X Región por la labor desarrollada; al Sr. Sergio Olave del Centro de Cultivo IFOP-Putemún por el material proporcionado; al Sr. Ricardo Troncoso por las facilidades y ayuda otorgada en su concesión de Hueihue para la realización de los experimentos de marcaje y recaptura y al Sindicato de Pescadores de Caleta El Quisco quienes accedieron a colaborar con el proyecto y de esta manera pudimos cumplir con la sobreoferta de la V Región.

10. ANEXOS

ANEXO

Nº

1. Formulario de muestreo poblacional. Ficha P 1-4: Información general.

MUESTREO POBLACIONAL DE ERIZOS
FICHA P 1-4

FECHA: _____
LOCALIDAD: _____
UBICACION GEOGRAFICA (GPS): _____
HORA ZARPE: _____
NOMBRE EMBARCACION: _____
TIPO EMBARCACION (BOTE/LANCHA): _____
PATRON: _____
MUESTREADOR: _____
BUZO: _____
HORA INICIO BUCEO: _____
HORA TERMINO BUCEO: _____
PROFUNDIDAD DE BUCEO: _____
Nº EJEMPLARES EXTRAIDOS: _____
Tª AGUA: _____
HORA RECALADA: _____
ESTADO DEL MAR: CALMA () ; REGULAR () ; MALO ()
VIENTO: NULO () ; SUAVE () ; MODERADO () ; FUERTE ()
VISIBILIDAD AGUA: CLARA () ; REGULAR () ; TURBIA ()

OBSERVACIONES:

BASE DE DATOS: _____

DIGITADOR: _____

FECHA DE INGRESO: _____

FECHA DE REVISION: _____

ANEXO

Nº

- 2 Formulario de muestreo poblacional. Ficha P 2-4: Datos de longitudes (diámetro de testa) de *Loxechinus albus*.

FICHA P 2-4

MES:

LOCALIDAD:

Nº	L (mm)	Nº	L (mm)	Nº	L (mm)	Nº	L (mm)	Nº	L (mm)	Nº	L (mm)
1		51		101		151		201		251	
2		52		102		152		202		252	
3		53		103		153		203		253	
4		54		104		154		204		254	
5		55		105		155		205		255	
6		56		106		156		206		256	
7		57		107		157		207		257	
8		58		108		158		208		258	
9		59		109		159		209		259	
10		60		110		160		210		260	
11		61		111		161		211		261	
12		62		112		162		212		262	
13		63		113		163		213		263	
14		64		114		164		214		264	
15		65		115		165		215		265	
16		66		116		166		216		266	
17		67		117		167		217		267	
18		68		118		168		218		268	
19		69		119		169		219		269	
20		70		120		170		220		270	
21		71		121		171		221		271	
22		72		122		172		222		272	
23		73		123		173		223		273	
24		74		124		174		224		274	
25		75		125		175		225		275	
26		76		126		176		226		276	
27		77		127		177		227		277	
28		78		128		178		228		278	
29		79		129		179		229		279	
30		80		130		180		230		280	
31		81		131		181		231		281	
32		82		132		182		232		282	
33		83		133		183		233		283	
34		84		134		184		234		284	
35		85		135		185		235		285	
36		86		136		186		236		286	
37		87		137		187		237		287	
38		88		138		188		238		288	
39		89		139		189		239		289	
40		90		140		190		240		290	
41		91		141		191		241		291	
42		92		142		192		242		292	
43		93		143		193		243		293	
44		94		144		194		244		294	
45		95		145		195		245		295	
46		96		146		196		246		296	
47		97		147		197		247		297	
48		98		148		198		248		298	
49		99		149		199		249		299	
50		100		150		200		250		300	

FICHA P 2-4

MES:

LOCALIDAD:

Nº	L (mm)										
301		351		401		451		501		551	
302		352		402		452		502		552	
303		353		403		453		503		553	
304		354		404		454		504		554	
305		355		405		455		505		555	
306		356		406		456		506		556	
307		357		407		457		507		557	
308		358		408		458		508		558	
309		359		409		459		509		559	
310		360		410		460		510		560	
311		361		411		461		511		561	
312		362		412		462		512		562	
313		363		413		463		513		563	
314		364		414		464		514		564	
315		365		415		465		515		565	
316		366		416		466		516		566	
317		367		417		467		517		567	
318		368		418		468		518		568	
319		369		419		469		519		569	
320		370		420		470		520		570	
321		371		421		471		521		571	
322		372		422		472		522		572	
323		373		423		473		523		573	
324		374		424		474		524		574	
325		375		425		475		525		575	
326		376		426		476		526		576	
327		377		427		477		527		577	
328		378		428		478		528		578	
329		379		429		479		529		579	
330		380		430		480		530		580	
331		381		431		481		531		581	
332		382		432		482		532		582	
333		383		433		483		533		583	
334		384		434		484		534		584	
335		385		435		485		535		585	
336		386		436		486		536		586	
337		387		437		487		537		587	
338		388		438		488		538		588	
339		389		439		489		539		589	
340		390		440		490		540		590	
341		391		441		491		541		591	
342		392		442		492		542		592	
343		393		443		493		543		593	
344		394		444		494		544		594	
345		395		445		495		545		595	
346		396		446		496		546		596	
347		397		447		497		547		597	
348		398		448		498		548		598	
349		399		449		499		549		599	
350		400		450		500		550		600	

ANEXO

Nº

3 Formulario de muestreo poblacional. Ficha P 3-4: Datos de longitud (diámetro de testa) y peso de *Loxechinus albus*.

FICHA P 3-4

MES:

LOCALIDAD:

Nº	L (mm)	W (G)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		

Nº	L (mm)	W (G)
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		
68		
69		
70		
71		
72		
73		
74		
75		
76		
77		
78		
79		
80		
81		
82		
83		
84		
85		
86		
87		
88		
89		
90		
91		
92		
93		
94		
95		
96		
97		
98		
99		
100		

Nº	L (mm)	W (G)
101		
102		
103		
104		
105		
106		
107		
108		
109		
110		
111		
112		
113		
114		
115		
116		
117		
118		
119		
120		
121		
122		
123		
124		
125		
126		
127		
128		
129		
130		
131		
132		
133		
134		
135		
136		
137		
138		
139		
140		
141		
142		
143		
144		
145		
146		
147		
148		
149		
150		

FICHA P 3-4

MES:

LOCALIDAD:

Nº	L (mm)	W (G)
151		
152		
153		
154		
155		
156		
157		
158		
159		
160		
161		
162		
163		
164		
165		
166		
167		
168		
169		
170		
171		
172		
173		
174		
175		
176		
177		
178		
179		
180		
181		
182		
183		
184		
185		
186		
187		
188		
189		
190		
191		
192		
193		
194		
195		
196		
197		
198		
199		
200		

Nº	L (mm)	W (G)
201		
202		
203		
204		
205		
206		
207		
208		
209		
210		
211		
212		
213		
214		
215		
216		
217		
218		
219		
220		
221		
222		
223		
224		
225		
226		
227		
228		
229		
230		
231		
232		
233		
234		
235		
236		
237		
238		
239		
240		
241		
242		
243		
244		
245		
246		
247		
248		
249		
250		

Nº	L (mm)	W (G)
251		
252		
253		
254		
255		
256		
257		
258		
259		
260		
261		
262		
263		
264		
265		
266		
267		
268		
269		
270		
271		
272		
273		
274		
275		
276		
277		
278		
279		
280		
281		
282		
283		
284		
285		
286		
287		
288		
289		
290		
291		
292		
293		
294		
295		
296		
297		
298		
299		
300		

ANEXO

Nº

4. Formulario de muestreo poblacional. Ficha P 4-4: Datos de longitud (diámetro de testa) y peso de *Loxechinus albus* para lectura de bandas de crecimiento.

FICHA P 4-4

MES:

LOCALIDAD:

Nº	L (mm)	W (G)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		

ANEXO

Nº

5. Formulario de marcaje y recaptura de erizos. Ficha M 1-2.

MARCAJE Y RECAPTURA DE ERIZOS

FICHA M 1-2

FECHA: _____
REGIÓN: _____
LOCALIDAD: _____
UBICACION GEOGRAFICA (GPS): _____
Tª AGUA: _____
BUZO MUESTREADOR: _____
MUESTREADOR: _____

OBSERVACIONES:

BASE DE DATOS: _____
DIGITADOR: _____

FECHA DE INGRESO: _____
FECHA DE REVISIÓN: _____

FICHA M 1-2

MES:

LOCALIDAD:

Nº	L (mm)	W (g)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		

Nº	L (mm)	W (g)
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		
68		
69		
70		
71		
72		
73		
74		
75		
76		
77		
78		
79		
80		
81		
82		
83		
84		
85		
86		
87		
88		
89		
90		
91		
92		
93		
94		
95		
96		
97		
98		
99		
100		

Nº	L (mm)	W (g)
101		
102		
103		
104		
105		
106		
107		
108		
109		
110		
111		
112		
113		
114		
115		
116		
117		
118		
119		
120		
121		
122		
123		
124		
125		
126		
127		
128		
129		
130		
131		
132		
133		
134		
135		
136		
137		
138		
139		
140		
141		
142		
143		
144		
145		
146		
147		
148		
149		
150		

Nº	L (mm)	W (g)
151		
152		
153		
154		
155		
156		
157		
158		
159		
160		
161		
162		
163		
164		
165		
166		
167		
168		
169		
170		
171		
172		
173		
174		
175		
176		
177		
178		
179		
180		
181		
182		
183		
184		
185		
186		
187		
188		
189		
190		
191		
192		
193		
194		
195		
196		
197		
198		
199		
200		

FICHA M 1-2

MES:
LOCALIDAD:

Nº	L (mm)	W (g)
201		
202		
203		
204		
205		
206		
207		
208		
209		
210		
211		
212		
213		
214		
215		
216		
217		
218		
219		
220		
221		
222		
223		
224		
225		
226		
227		
228		
229		
230		
231		
232		
233		
234		
235		
236		
237		
238		
239		
240		
241		
242		
243		
244		
245		
246		
247		
248		
249		
250		

Nº	L (mm)	W (g)
251		
252		
253		
254		
255		
256		
257		
258		
259		
260		
261		
262		
263		
264		
265		
266		
267		
268		
269		
270		
271		
272		
273		
274		
275		
276		
277		
278		
279		
280		
281		
282		
283		
284		
285		
286		
287		
288		
289		
290		
291		
292		
293		
294		
295		
296		
297		
298		
299		
300		

Nº	L (mm)	W (g)
301		
302		
303		
304		
305		
306		
307		
308		
309		
310		
311		
312		
313		
314		
315		
316		
317		
318		
319		
320		
321		
322		
323		
324		
325		
326		
327		
328		
329		
330		
331		
332		
333		
334		
335		
336		
337		
338		
339		
340		
341		
342		
343		
344		
345		
346		
347		
348		
349		
350		

Nº	L (mm)	W (g)
351		
352		
353		
354		
355		
356		
357		
358		
359		
360		
361		
362		
363		
364		
365		
366		
367		
368		
369		
370		
371		
372		
373		
374		
375		
376		
377		
378		
379		
380		
381		
382		
383		
384		
385		
386		
387		
388		
389		
390		
391		
392		
393		
394		
395		
396		
397		
398		
399		
400		

FICHA M 1-2

MES:

LOCALIDAD:

Nº	L (mm)	W (g)
401		
402		
403		
404		
405		
406		
407		
408		
409		
410		
411		
412		
413		
414		
415		
416		
417		
418		
419		
420		
421		
422		
423		
424		
425		
426		
427		
428		
429		
430		
431		
432		
433		
434		
435		
436		
437		
438		
439		
440		
441		
442		
443		
444		
445		
446		
447		
448		
449		
450		

Nº	L (mm)	W (g)
451		
452		
453		
454		
455		
456		
457		
458		
459		
460		
461		
462		
463		
464		
465		
466		
467		
468		
469		
470		
471		
472		
473		
474		
475		
476		
477		
478		
479		
480		
481		
482		
483		
484		
485		
486		
487		
488		
489		
490		
491		
492		
493		
494		
495		
496		
497		
498		
499		
500		

Nº	L (mm)	W (g)
501		
502		
503		
504		
505		
506		
507		
508		
509		
510		
511		
512		
513		
514		
515		
516		
517		
518		
519		
520		
521		
522		
523		
524		
525		
526		
527		
528		
529		
530		
531		
532		
533		
534		
535		
536		
537		
538		
539		
540		
541		
542		
543		
544		
545		
546		
547		
548		
549		
550		

Nº	L (mm)	W (g)
551		
552		
553		
554		
555		
556		
557		
558		
559		
560		
561		
562		
563		
564		
565		
566		
567		
568		
569		
570		
571		
572		
573		
574		
575		
576		
577		
578		
579		
580		
581		
582		
583		
584		
585		
586		
587		
588		
589		
590		
591		
592		
593		
594		
595		
596		
597		
598		
599		
600		

FICHA M 1-2

MES:
LOCALIDAD:

Nº	L (mm)	W (g)
601		
602		
603		
604		
605		
606		
607		
608		
609		
610		
611		
612		
613		
614		
615		
616		
617		
618		
619		
620		
621		
622		
623		
624		
625		
626		
627		
628		
629		
630		
631		
632		
633		
634		
635		
636		
637		
638		
639		
640		
641		
642		
643		
644		
645		
646		
647		
648		
649		
650		

Nº	L (mm)	W (g)
651		
652		
653		
654		
655		
656		
657		
658		
659		
660		
661		
662		
663		
664		
665		
666		
667		
668		
669		
670		
671		
672		
673		
674		
675		
676		
677		
678		
679		
680		
681		
682		
683		
684		
685		
686		
687		
688		
689		
690		
691		
692		
693		
694		
695		
696		
697		
698		
699		
700		

Nº	L (mm)	W (g)
701		
702		
703		
704		
705		
706		
707		
708		
709		
710		
711		
712		
713		
714		
715		
716		
717		
718		
719		
720		
721		
722		
723		
724		
725		
726		
727		
728		
729		
730		
731		
732		
733		
734		
735		
736		
737		
738		
739		
740		
741		
742		
743		
744		
745		
746		
747		
748		
749		
750		

Nº	L (mm)	W (g)
751		
752		
753		
754		
755		
756		
757		
758		
759		
760		
761		
762		
763		
764		
765		
766		
767		
768		
769		
770		
771		
772		
773		
774		
775		
776		
777		
778		
779		
780		
781		
782		
783		
784		
785		
786		
787		
788		
789		
790		
791		
792		
793		
794		
795		
796		
797		
798		
799		
800		

FICHA M 1-2

MES:

LOCALIDAD:

Nº	L (mm)	W (g)
801		
802		
803		
804		
805		
806		
807		
808		
809		
810		
811		
812		
813		
814		
815		
816		
817		
818		
819		
820		
821		
822		
823		
824		
825		
826		
827		
828		
829		
830		
831		
832		
833		
834		
835		
836		
837		
838		
839		
840		
841		
842		
843		
844		
845		
846		
847		
848		
849		
850		

Nº	L (mm)	W (g)
851		
852		
853		
854		
855		
856		
857		
858		
859		
860		
861		
862		
863		
864		
865		
866		
867		
868		
869		
870		
871		
872		
873		
874		
875		
876		
877		
878		
879		
880		
881		
882		
883		
884		
885		
886		
887		
888		
889		
890		
891		
892		
893		
894		
895		
896		
897		
898		
899		
900		

Nº	L (mm)	W (g)
901		
902		
903		
904		
905		
906		
907		
908		
909		
910		
911		
912		
913		
914		
915		
916		
917		
918		
919		
920		
921		
922		
923		
924		
925		
926		
927		
928		
929		
930		
931		
932		
933		
934		
935		
936		
937		
938		
939		
940		
941		
942		
943		
944		
945		
946		
947		
948		
949		
950		

Nº	L (mm)	W (g)
951		
952		
953		
954		
955		
956		
957		
958		
959		
960		
961		
962		
963		
964		
965		
966		
967		
968		
969		
970		
971		
972		
973		
974		
975		
976		
977		
978		
979		
980		
981		
982		
983		
984		
985		
986		
987		
988		
989		
990		
991		
992		
993		
994		
995		
996		
997		
998		
999		
1000		

ANEXO

Nº

6. Formulario de recaptura de erizos. Ficha M 2-2.

RECAPTURA DE ERIZOS
FICHA M 2-2

FECHA: _____
REGIÓN: _____
LOCALIDAD: _____
UBICACION GEOGRAFICA (GPS): _____
Tª AGUA: _____
BUZO MUESTREADOR: _____
MUESTREADOR: _____

OBSERVACIONES:

BASE DE DATOS: _____
DIGITADOR: _____

FECHA DE INGRESO: _____
FECHA DE REVISION: _____

FICHA M 2-2

MES:

LOCALIDAD:

N°	L (mm)	N°	L (mm)	N°	L (mm)	N°	L (mm)	N°	L (mm)
1		51		101		151		201	
2		52		102		152		202	
3		53		103		153		203	
4		54		104		154		204	
5		55		105		155		205	
6		56		106		156		206	
7		57		107		157		207	
8		58		108		158		208	
9		59		109		159		209	
10		60		110		160		210	
11		61		111		161		211	
12		62		112		162		212	
13		63		113		163		213	
14		64		114		164		214	
15		65		115		165		215	
16		66		116		166		216	
17		67		117		167		217	
18		68		118		168		218	
19		69		119		169		219	
20		70		120		170		220	
21		71		121		171		221	
22		72		122		172		222	
23		73		123		173		223	
24		74		124		174		224	
25		75		125		175		225	
26		76		126		176		226	
27		77		127		177		227	
28		78		128		178		228	
29		79		129		179		229	
30		80		130		180		230	
31		81		131		181		231	
32		82		132		182		232	
33		83		133		183		233	
34		84		134		184		234	
35		85		135		185		235	
36		86		136		186		236	
37		87		137		187		237	
38		88		138		188		238	
39		89		139		189		239	
40		90		140		190		240	
41		91		141		191		241	
42		92		142		192		242	
43		93		143		193		243	
44		94		144		194		244	
45		95		145		195		245	
46		96		146		196		246	
47		97		147		197		247	
48		98		148		198		248	
49		99		149		199		249	
50		100		150		200		250	

Si se remarca al animal colocar un * en el número

FICHA M 2-2

MES:
LOCALIDAD:

Nº	L (mm)								
251		301		351		401		451	
252		302		352		402		452	
253		303		353		403		453	
254		304		354		404		454	
255		305		355		405		455	
256		306		356		406		456	
257		307		357		407		457	
258		308		358		408		458	
259		309		359		409		459	
260		310		360		410		460	
261		311		361		411		461	
262		312		362		412		462	
263		313		363		413		463	
264		314		364		414		464	
265		315		365		415		465	
266		316		366		416		466	
267		317		367		417		467	
268		318		368		418		468	
269		319		369		419		469	
270		320		370		420		470	
271		321		371		421		471	
272		322		372		422		472	
273		323		373		423		473	
274		324		374		424		474	
275		325		375		425		475	
276		326		376		426		476	
277		327		377		427		477	
278		328		378		428		478	
279		329		379		429		479	
280		330		380		430		480	
281		331		381		431		481	
282		332		382		432		482	
283		333		383		433		483	
284		334		384		434		484	
285		335		385		435		485	
286		336		386		436		486	
287		337		387		437		487	
288		338		388		438		488	
289		339		389		439		489	
290		340		390		440		490	
291		341		391		441		491	
292		342		392		442		492	
293		343		393		443		493	
294		344		394		444		494	
295		345		395		445		495	
296		346		396		446		496	
297		347		397		447		497	
298		348		398		448		498	
299		349		399		449		499	
300		350		400		450		500	

Si se remarca al animal colocar un * en el número

FICHA M 2-2

MES:
LOCALIDAD:

N°	L (mm)						
501		551		601		651	
502		552		602		652	
503		553		603		653	
504		554		604		654	
505		555		605		655	
506		556		606		656	
507		557		607		657	
508		558		608		658	
509		559		609		659	
510		560		610		660	
511		561		611		661	
512		562		612		662	
513		563		613		663	
514		564		614		664	
515		565		615		665	
516		566		616		666	
517		567		617		667	
518		568		618		668	
519		569		619		669	
520		570		620		670	
521		571		621		671	
522		572		622		672	
523		573		623		673	
524		574		624		674	
525		575		625		675	
526		576		626		676	
527		577		627		677	
528		578		628		678	
529		579		629		679	
530		580		630		680	
531		581		631		681	
532		582		632		682	
533		583		633		683	
534		584		634		684	
535		585		635		685	
536		586		636		686	
537		587		637		687	
538		588		638		688	
539		589		639		689	
540		590		640		690	
541		591		641		691	
542		592		642		692	
543		593		643		693	
544		594		644		694	
545		595		645		695	
546		596		646		696	
547		597		647		697	
548		598		648		698	
549		599		649		699	
550		600		650		700	

Si se remarca al animal colocar un * en el número

FICHA M 2-2

MES:
LOCALIDAD:

Nº	L (mm)
751	
752	
753	
754	
755	
756	
757	
758	
759	
760	
761	
762	
763	
764	
765	
766	
767	
768	
769	
770	
771	
772	
773	
774	
775	
776	
777	
778	
779	
780	
781	
782	
783	
784	
785	
786	
787	
788	
789	
790	
791	
792	
793	
794	
795	
796	
797	
798	
799	
800	

Nº	L (mm)
801	
802	
803	
804	
805	
806	
807	
808	
809	
810	
811	
812	
813	
814	
815	
816	
817	
818	
819	
820	
821	
822	
823	
824	
825	
826	
827	
828	
829	
830	
831	
832	
833	
834	
835	
836	
837	
838	
839	
840	
841	
842	
843	
844	
845	
846	
847	
848	
849	
850	

Nº	L (mm)
851	
852	
853	
854	
855	
856	
857	
858	
859	
860	
861	
862	
863	
864	
865	
866	
867	
868	
869	
870	
871	
872	
873	
874	
875	
876	
877	
878	
879	
880	
881	
882	
883	
884	
885	
886	
887	
888	
889	
890	
891	
892	
893	
894	
895	
896	
897	
898	
899	
900	

Nº	L (mm)
901	
902	
903	
904	
905	
906	
907	
908	
909	
910	
911	
912	
913	
914	
915	
916	
917	
918	
919	
920	
921	
922	
923	
924	
925	
926	
927	
928	
929	
930	
931	
932	
933	
934	
935	
936	
937	
938	
939	
940	
941	
942	
943	
944	
945	
946	
947	
948	
949	
950	

Nº	L (mm)
951	
952	
953	
954	
955	
956	
957	
958	
959	
960	
961	
962	
963	
964	
965	
966	
967	
968	
969	
970	
971	
972	
973	
974	
975	
976	
977	
978	
979	
980	
981	
982	
983	
984	
985	
986	
987	
988	
989	
990	
991	
992	
993	
994	
995	
996	
997	
998	
999	
1000	

Si se remarca al animal colocar un * en el número

ANEXO

Nº

- 7 Formulario de muestreo de desembarque. Ficha D 1-1: Datos de longitud (diámetro de testa) de *Loxechinus albus*.

ANEXO

Nº

- 8 Distribuciones de frecuencias de tallas (en número) de *Loxechinus albus* amplificadas al desembarque muestreado, considerando el mes, la Región y el puerto de desembarque.

Distribución de frecuencias de tallas del desembarque de erizo en Carelmapu (X Región)

DT (mm)	1998											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
50		0	0	8	0	1	1	0	0	2		
52		0	0	0	0	0	0	0	0	0		
54		0	33	0	0	0	0	0	0	0		
56		0	0	0	0	1	0	0	0	0		
58		0	3	0	1	0	0	0	0	0		
60		3	95	15	0	1	0	5	0	0		
62		49	43	30	1	0	0	2	0	0		
64		68	133	29	8	1	3	149	0	1		
66		160	553	83	9	0	2	107	1	6		
68		247	542	130	9	0	3	362	2	2		
70		581	2299	1662	96	57	116	3752	34	84		
72		845	1603	1559	109	132	129	1671	34	46		
74		917	2073	2384	209	351	255	2703	168	300		
76		818	2966	2852	223	371	299	2330	122	171		
78		761	2405	1922	290	344	239	2086	158	354		
80		642	2073	2296	594	1078	662	2998	746	777		
82		502	1116	1115	563	975	444	1352	366	400		
84		428	932	1225	702	1449	937	2472	1061	839		
86		378	956	1242	694	941	434	786	392	410		
88		226	523	723	604	682	212	620	355	282		
90		162	463	790	547	814	338	794	615	423		
92		109	180	464	424	478	374	685	761	345		
94		71	110	391	481	575	202	595	453	337		
96		58	102	423	405	343	173	303	465	539		
98		69	68	249	257	223	90	204	226	84		
100		27	56	169	181	196	50	123	82	68		
102		33	35	65	81	100	19	49	49	21		
104		14	18	57	86	70	19	59	46	17		
106		18	23	39	53	26	10	38	12	20		
108		4	5	34	34	15	4	3	15	4		
110		0	0	14	21	16	6	15	9	17		
112		0	1	8	12	11	3	17	9	1		
114		0	6	3	10	4	0	2	0	2		
116		0	0	5	7	3	2	8	0	8		
118		0	0	0	8	0	0	0	0	0		
120		0	5	0	0	3	1	0	0	0		
122		0	0	3	0	0	1	0	0	0		
124		0	0	0	0	0	0	0	0	0		
126		0	2	0	0	0	0	0	0	0		
128		0	0	0	0	0	0	0	0	0		
130		0	0	0	0	0	0	0	0	0		
132		0	0	0	0	0	0	0	0	0		
134		0	0	0	0	0	0	0	0	0		
136		0	0	0	0	0	0	0	0	0		
138		0	0	0	0	0	0	0	0	0		
140		0	0	0	0	0	0	0	0	0		
T.Muestra		2682	5780	5599	5458	5400	5249	5257	5250	3150		

Distribución de frecuencias de tallas del desembarque de erizo en Quellón (X Región)

DT (mm)	1998											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
50			0	0	0	0	0	0	0	0		
52			2	0	0	0	0	0	0	0		
54			0	0	0	0	0	0	0	38		
56			0	2	0	0	0	6	0	0		
58			9	7	0	0	0	5	0	55		
60			44	33	4	95	11	34	33	139		
62			111	29	40	190	26	98	109	200		
64			200	100	82	1071	43	242	418	697		
66			306	185	143	1297	88	336	1136	1352		
68			488	247	313	1856	125	604	1848	1627		
70			811	540	792	5067	342	1007	3472	2769		
72			885	451	669	3569	380	709	3635	3054		
74			802	461	476	3106	454	710	4245	5115		
76			803	341	378	2463	423	648	3213	5242		
78			448	295	239	1701	367	551	3041	4286		
80			332	241	163	1453	371	485	2473	4709		
82			226	140	134	750	186	240	1730	3360		
84			146	120	62	512	240	250	1665	2770		
86			117	131	43	262	161	141	605	1484		
88			40	97	31	131	111	107	622	1134		
90			35	62	25	178	106	97	307	1141		
92			18	51	13	107	43	67	136	600		
94			4	44	16	48	65	63	166	267		
96			7	27	9	48	38	9	36	261		
98			0	18	4	36	18	0	63	28		
100			4	13	5	12	25	18	33	38		
102			0	11	7	0	5	20	63	0		
104			0	2	2	0	5	1	28	0		
106			0	0	2	0	16	0	0	0		
108			0	2	0	0	4	0	0	0		
110			2	0	0	0	0	0	0	4		
112			0	0	0	0	0	0	0	0		
114			0	0	0	0	0	0	0	0		
116			0	0	0	0	0	0	0	0		
118			0	0	0	0	0	0	0	0		
120			0	0	0	0	0	0	0	0		
122			0	0	0	0	0	1	0	0		
124			0	0	0	0	0	0	0	0		
126			0	0	0	0	0	0	0	0		
128			0	0	0	0	0	0	0	0		
130			0	0	0	0	0	0	0	0		
132			0	0	0	0	0	0	0	0		
134			0	0	0	0	0	0	0	0		
136			0	0	0	0	0	0	0	0		
138			0	0	0	0	0	0	0	0		
140			0	0	0	0	0	0	0	0		
T.muestra			2003	2005	2018	2017	2016	2010	2000	2005		

Distribución de frecuencias de tallas del desembarque de erizo en Puerto Chacabuco (XI Región)

DT (mm)	1998											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
50			0	5	0	0		0	0	0		
52			0	0	0	0		0	0	0		
54			0	0	0	0		0	0	0		
56			0	0	0	0		0	0	0		
58			0	0	0	0		0	7	2		
60			13	3	10	0		7	2	0		
62			13	20	18	5		2	9	3		
64			5	8	0	6		5	7	9		
66			33	44	44	34		14	32	22		
68			49	23	28	36		41	45	43		
70			357	351	426	242		295	592	400		
72			517	595	659	510		314	576	402		
74			555	462	644	532		489	730	472		
76			885	836	1116	781		637	850	462		
78			707	644	682	456		508	584	412		
80			715	777	626	440		525	280	180		
82			481	508	339	368		229	92	54		
84			352	213	187	215		199	96	62		
86			188	180	113	142		139	43	19		
88			136	123	80	88		80	7	10		
90			64	82	72	68		59	7	9		
92			23	54	36	42		19	4	3		
94			5	43	10	29		18	10	0		
96			21	67	10	44		2	3	0		
98			3	10	8	10		2	0	0		
100			8	38	8	16		3	3	0		
102			0	8	5	3		0	0	0		
104			0	5	5	6		0	0	0		
106			0	8	0	3		0	0	0		
108			0	3	0	0		0	0	0		
110			0	15	3	17		0	0	0		
112			0	8	3	5		0	7	0		
114			0	0	0	0		0	0	0		
116			0	0	0	0		0	0	0		
118			0	0	0	0		0	0	0		
120			0	0	0	0		0	0	0		
122			0	0	0	5		0	0	0		
124			0	0	0	0		0	0	0		
126			0	0	0	0		0	0	0		
128			0	0	0	0		0	0	0		
130			0	0	0	0		0	0	0		
132			0	0	0	0		0	0	0		
134			0	0	0	0		0	0	0		
136			0	0	0	0		0	0	0		
138			0	0	0	0		0	0	0		
140			0	0	0	0		0	0	0		
T.muestra			1995	2001	2000	1562		1381	1343	985		

Distribución de frecuencias de tallas del desembarque de erizo en Melinka (XI Región)

DT (mm)	1998											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
50			12	0	0	0	5	0	0	0		
52			2	0	3	0	0	0	0	0		
54			8	6	0	0	0	0	0	0		
56			6	17	3	0	0	0	0	0		
58			11	5	0	0	0	3	2	0		
60			9	72	13	0	23	38	13	2		
62			17	261	20	26	36	64	29	19		
64			106	547	89	146	133	246	142	104		
66			117	900	147	120	231	451	281	148		
68			514	1558	551	631	671	887	892	528		
70			469	1850	465	1116	622	872	696	486		
72			393	2364	517	451	609	654	566	381		
74			991	2539	1084	1142	708	744	689	616		
76			497	1763	511	467	471	374	342	246		
78			579	1246	596	609	501	385	263	238		
80			217	770	175	234	242	144	118	89		
82			127	539	98	68	140	95	61	66		
84			158	336	194	56	96	80	46	33		
86			52	300	51	8	80	41	34	18		
88			64	143	50	13	24	18	21	6		
90			18	58	20	5	12	13	4	4		
92			11	21	0	3	0	3	11	3		
94			14	16	10	3	8	3	8	3		
96			0	7	3	9	3	5	0	3		
98			3	51	13	18	3	3	0	3		
100			0	0	3	7	0	0	2	3		
102			0	5	0	0	0	3	0	0		
104			3	8	2	0	0	5	0	0		
106			0	0	0	0	0	0	0	0		
108			3	0	0	0	0	0	0	0		
110			0	0	0	0	0	0	0	0		
112			0	7	0	0	0	3	0	0		
114			0	0	0	0	0	0	0	0		
116			0	0	0	0	0	0	0	0		
118			0	0	0	0	0	0	0	0		
120			0	0	0	0	0	0	0	0		
122			0	0	0	0	0	0	0	0		
124			0	0	0	0	0	0	0	0		
126			0	0	0	0	0	0	0	0		
128			0	0	0	0	0	0	0	0		
130			0	0	0	0	0	0	0	0		
132			0	0	0	0	0	0	0	0		
134			0	0	0	0	0	0	0	0		
136			0	0	0	0	0	0	0	0		
138			0	0	0	0	0	0	0	0		
140			0	0	0	0	0	0	0	0		
T.muestra			1761	2273	1824	1878	2000	2001	2010	2028		

Distribución de frecuencias de tallas del desembarque de erizo en Puerto Natales (XII Región).
 (*) Datos no amplificados al desembarque muestreado y no utilizados en el análisis con MULTIFAN

DT (mm)	1998											1999			
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene*	Feb*	Mar*
50		1297	5609	392	7725	4244	1507	259				4059	52	51	19
52		861	379	392	2288	0	0	0				0	2	3	1
54		54	494	0	1267	0	592	259				530	4	3	6
56		0	400	588	248	668	298	259				759	13	8	5
58		1232	4630	617	1749	455	2081	647				4059	33	38	20
60		9522	3177	2046	8664	403	2211	129				3970	55	32	12
62		11687	11912	2451	11805	850	3942	1141				12948	27	28	22
64		24984	17672	7550	20110	3385	4495	460				8678	35	61	21
66		30677	34253	17200	31919	8359	7687	1630				16277	122	115	57
68		41475	61576	23527	56598	15704	15510	6293				22885	81	86	66
70		67060	74914	34312	66344	34047	18205	11181				81268	340	317	271
72		71079	76742	43583	63124	44589	28588	15252				53580	196	200	223
74		76201	66336	46111	54718	48690	24076	20165				57663	140	174	211
76		83003	72647	63436	61704	68979	26892	18734				99900	197	196	219
78		57149	52914	42857	56930	62440	28356	15119				57308	132	139	186
80		85980	34844	30752	46782	71822	22950	9924				39883	184	129	161
82		42921	40109	24119	35190	39014	20442	7220				35304	89	44	95
84		36352	27804	22949	35608	34151	15112	8057				41965	83	111	87
86		31698	24519	21490	24151	27420	18072	3809				30015	68	67	81
88		18155	14502	11115	12673	16558	12402	1929				24907	38	44	44
90		17360	15278	12864	13601	18644	11464	1179				51713	48	45	82
92		6826	11841	4786	10996	18120	16855	1598				27437	28	31	35
94		5160	3657	4156	5117	10012	6631	822				15157	7	24	25
96		1473	3109	3428	3122	6531	4330	388				8599	11	27	32
98		3981	1902	264	2505	4737	4339	201				6059	10	9	10
100		773	1482	2339	1370	2982	1184	129				4030	2	5	4
102		62	1560	0	0	738	1974	259				4590	0	7	5
104		420	162	0	597	0	3001	0				2790	0	1	0
106		54	0	38	1368	0	1241	0				360	0	3	0
108		54	360	392	0	0	592	0				1400	0	1	0
110		0	180	0	354	0	0	0				900	1	0	0
112		0	0	0	0	0	0	0				900	0	0	0
114		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
116		0	0	0	0	0	0	0				0	0	1	0
118		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
120		0	0	0	0	0	0	0				0	2	0	0
122		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
124		0	0	38	0	0	0	0				0	0	0	0
126		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
128		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
130		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
132		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
134		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
136		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
138		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
140		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
T.muestra		1970	2000	1598	2000	1400	1200	600				1600	2000	2000	2000

Distribución de frecuencias de tallas del desembarque de erizo en Punta Arenas (XII Región).
 (*) Datos no amplificados al desembarque muestreado y no utilizados en el análisis con MULTIFAN

DT (mm)	1998												1999		
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene*	Feb*	Mar*
50		1596	5501	6205	1428	3394	1776	2629				2326	38	65	51
52		0	61	0	0	305	353	0				0	1	0	16
54		0	452	0	0	408	1948	642				546	0	3	31
56		189	636	1170	507	0	3056	293				0	2	8	20
58		568	2545	580	659	153	3510	3710				2152	5	34	59
60		908	3073	5790	1120	2103	7384	935				1211	17	21	94
62		1146	9961	8080	3992	4934	11527	1063				6072	20	30	120
64		3366	11384	10911	5718	7168	13263	3396				6740	19	32	64
66		5164	19727	21490	13035	15762	12346	3319				10678	82	86	133
68		15220	35040	27904	23600	22556	23190	18781				18382	84	62	97
70		25148	68374	45369	42227	32370	21883	21708				38326	315	266	292
72		30975	67199	45340	40091	39224	22139	32248				28324	264	187	141
74		26590	65821	49703	47262	57178	27399	35912				29884	174	179	139
76		37226	77992	45374	54922	50826	26566	50367				38608	211	217	142
78		35887	51551	56949	50542	48720	22309	37783				29094	168	147	98
80		32600	55167	60991	57681	47552	15907	13386				17635	181	147	135
82		21007	38725	39181	39579	39755	17118	17884				12745	93	48	61
84		19425	26952	49356	33583	42934	12869	11607				16925	80	90	70
86		16052	27619	34352	24162	27433	6800	10413				10733	72	116	81
88		11194	12483	27555	14101	18099	7271	3227				9754	40	52	27
90		6989	9968	23934	12397	12844	6292	10197				15638	49	99	54
92		7869	4942	10836	5506	9469	4937	9638				9427	32	27	22
94		3091	5374	10284	6211	8426	2271	5190				4543	16	25	25
96		3458	3263	9452	3183	3059	874	2336				2347	9	36	15
98		3916	1347	3129	2960	2656	269	2428				3573	17	13	6
100		3137	0	3279	1001	1622	135	642				1037	4	6	2
102		1251	1455	1079	388	305	269	204				1409	1	1	2
104		390	0	745	127	499	135	0				532	0	1	1
106		0	290	0	0	499	404	0				99	1	0	1
108		427	0	1023	127	0	0	0				447	0	0	1
110		144	290	0	0	76	0	0				489	0	0	0
112		144	0	0	0	0	0	0				0	0	1	0
114		139	0	156	0	0	0	0				61	0	0	0
116		0	0	0	0	0	0	0				0	1	0	0
118		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
120		0	0	0	0	0	0	0				0	1	0	0
122		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
124		0	0	0	0	0	0	0				0	1	0	0
126		0	0	0	0	0	0	0				0	0	1	0
128		0	0	0	0	0	0	0				0	1	0	0
130		0	0	0	0	0	0	0				0	1	0	0
132		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
134		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
136		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
138		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
140		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
T.muestra		1601	2000	2000	2000	1800	1202	799				2002	2000	2000	2000