

# **INFORME FINAL**

**PROYECTO FIP N° 97-36**

**FORMULACION DE UNA METODOLOGIA PARA  
EL ESTUDIO DE EDAD Y CRECIMIENTO EN EL  
RECURSO LOCO**



**PRESENTADO POR**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA MARINA**

**SEPTIEMBRE 2000**

**INFORME FINAL**

**PROYECTO FIP N° 97-36**

**FORMULACION DE UNA METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE EDAD Y  
CRECIMIENTO EN EL RECURSO LOCO**

**AUTOR DEL INFORME**

WOLFGANG STOTZ U.

**EQUIPO DE TRABAJO DEL PROYECTO**

**JEFE PROYECTO**

WOLFGANG STOTZ

**BUZOS-BIOLOGOS Y MUESTREADORES**

LUIS CAILLAUX  
JAIME ABURTO  
RODRIGO IRIART  
FRANCISCO WEIBEL  
MARCELO VALDEBENITO  
SERGIO GONZALEZ  
MARCELO AGUILAR  
CARLOS VALLADARES

**ANALISIS ESTADISTICOS  
ASESORIA**

DOMINGO LANCELLOTTI  
ALEJANDRO ZULETA

## I.- RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto tuvo como objetivo general el validar experimentalmente el crecimiento del recurso loco y asignar las edades correspondientes. Con el fin de lograr este objetivo se diseñó un experimento en el cual se siguió el crecimiento de locos marcados en su ambiente natural en un total de 10 localidades a lo largo de la costa de Chile: Caleta Chanavayita (I Región), Caleta Punta Arenas (II Región), Chañaral de Aceituno (III Región), Punta Choros (IV Región), Playa Temblador (IV Región), Punta Lagunillas (IV Región), Punta Lengua de Vaca (IV Región), Bahía Ancud (X Región), Caleta Puñihuil (X Región) y Golfo Trinidad (XII Región). Con este diseño se buscó conocer la variabilidad del crecimiento del recurso loco a varias escalas espaciales, como además, comparando con datos disponibles de algunos de los mismos sitios de años anteriores, a varias escalas temporales. A su vez, para todos los individuos marcados que se capturaron se estudió la morfometría, investigando la posible relación con el crecimiento. Esto con el objeto de buscar un índice de crecimiento de fácil medición. Cabe hacer notar que el trabajo originalmente comprometido fue ampliado en cuanto a su cobertura espacial y temporal.

En el trabajo se marcaron un total de 5186 individuos de loco, repartidos en las 10 localidades entre Iquique y Golfo Trinidad (Magallanes). Todos los individuos marcados fueron devueltos a su ambiente y población natural, lográndose recapturar un total de 561 individuos, lo cual representa una recuperación del 10,8%. El análisis de los incrementos de talla de los individuos marcados, mediante un método de propuesto por Quinn & Deriso (1999), que ajusta una función de L. van Bertalanffy, entregando los límites de confianza de cada parámetro, mostró que el crecimiento presenta una gran variabilidad a lo largo de la costa, la cual sin embargo se ordena en 3 zonas: la zona norte desde Iquique hasta los 30°S, la zona centro-sur desde los 30°S hasta Chiloe, y la zona extremo sur en Magallanes. Los parámetros de crecimiento presentan diferencias estadísticamente significativas entre zonas, pero no entre localidades al interior de cada zona. El análisis de la variabilidad temporal, para el cual se incorporó información de estudios previos, mostró que en general no existen diferencias estadísticamente significativas entre años. Sólo se detectaron diferencias estadísticamente significativas en una localidad localizada en el límite entre dos zonas

(Punta Lagunillas, IV Región), la cual en un período adoptó las características de la zona vecina.

La morfometría presenta una variabilidad, la cual sin embargo no siempre se relaciona muy claramente al crecimiento. Basado en los resultados, se definió como índice morfométrico que mejor se relaciona con el crecimiento al producto de la pendiente de la relación alto versus largo peristomal por la pendiente de la relación largo total versus largo peristomal. Cuando este índice es  $< 0,44$  el phi de la población es 3,91. Cuando es  $>0,44$  el phi es 3,49, donde phi es  $\phi = \log_{10}(K) + 2 * \log_{10}(L_{\infty})$ .

A su vez se demuestra que el Loo presenta un gradiente a lo largo de la costa. Esto basado en las estimaciones de parámetros de crecimiento utilizando los incrementos de los individuos marcados y recuperados, apoyado por un análisis de la estructura de talla de las capturas del año 1984, antes del gran auge de esa pesquería. El gráfico de ese gradiente (Fig. 1) permite, mediante interpolación, estimar el Loo de cualquier localidad a base a su ubicación geográfica (su latitud). El patrón geográfico del crecimiento también queda reflejado en el phi, teniendo la zona centro-sur (30°S a Chiloe) un phi de 3,91 y la zona norte (Iquique a 30°S) un phi de 3,49. Basado en los datos de Loo que se pueden deducir por interpolación y el phi por zonas o de acuerdo al índice morfométrico, se puede hacer una estimación de parámetros de crecimiento para cada región. En la Tabla siguiente se resumen esas estimaciones:

<b>Región</b>	<b>Loo</b>	<b>K</b>
<b>I</b>	<b>108</b>	<b>0,264</b>
<b>II</b>	<b>110</b>	<b>0,255</b>
<b>III</b>	<b>124</b>	<b>0,201</b>
<b>IV</b>	<b>133</b>	<b>0,459</b>
<b>V</b>	<b>137</b>	<b>0,433</b>
<b>VI</b>	<b>138</b>	<b>0,427</b>
<b>VII</b>	<b>140</b>	<b>0,415</b>
<b>VIII</b>	<b>142</b>	<b>0,403</b>
<b>IX</b>	<b>145</b>	<b>0,387</b>
<b>X</b>	<b>148</b>	<b>0,371</b>

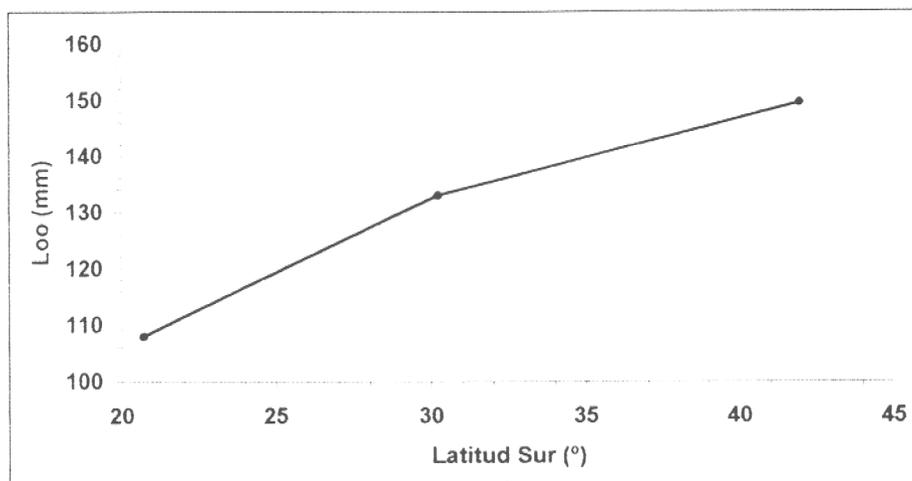


Figura 1. Gradiente de Loo en función de la Latitud a lo largo de la Costa de Chile.

Este gradiente, entre otros aspectos, muestra que la talla mínima de captura de 10 cm para todo el territorio nacional requiere de una revisión, pues en el Norte de Chile es difícilmente lograda (recién a los 9 años de edad del loco), teniendo como consecuencia, entre otros, que la mayor parte de la captura en las Regiones I y II no pueden ser desembarcadas legalmente.

Utilizando los parámetros de crecimiento obtenidos y sus respectivas varianzas, se desarrolló un método para transformar una estructura de talla en una estructura de edades. El método consiste en remuestrear 1000 valores de Loo y K, suponiendo distribución normal con media y varianza de los parámetros estimados. Con cada par de parámetros generados por esta vía se estima la talla en las edades entre 1 y 10 años, generando así una distribución probabilística de tallas para cada edad. Esta permite separar las edades al interior de cada marca de clases de una estructura de tallas.

Con el fin de evaluar las posibilidades de encontrar en las estructuras duras marcas de crecimiento útiles para determinar edad directamente, se realiza un análisis de la variación estacional del crecimiento estacional. Basado en ello, y otras la consideración de las particularidades de la especie y de las características ambientales de la costa chilena se

concluye que las marcas de crecimiento en estructuras duras (concha, opérculo, estatolito) con mucha probabilidad a lo mas podrian ser utilizadas para estimar parámetros de crecimiento a nivel poblacional, pero difícilmente permitirán determinar con certeza la edad de un individuo particular.

La conclusión es, que si bien la existencia de marcas que permiten la determinación de edad de un individuo es un resultado muy deseable, para el loco (y probablemente para la mayoría de los invertebrados chilenos) es un resultado poco esperable. Y si bien comprobar esta hipótesis con nuevos estudios es de indudable interés académico, en el contexto de la administración pesquera podría resultar más eficiente centrar a futuro los esfuerzos mas bien en desarrollar modelos de análisis que no requieran del conocimiento de la edad, sino que utilicen directamente la estructura de talla y su dinámica. Es decir, desarrollar modelos que den cuenta de las particularidades de la especie y nuestra costa, en vez de seguir gastando esfuerzos (y recursos) en buscar en el loco (o los demás invertebrados) atributos que los modelos comúnmente utilizados en otras latitudes exigen.

## II. INDICE DE CONTENIDOS

I.	Resumen Ejecutivo	1
II.	Indice de Contenidos	5
III.	Indice de Tablas y Figuras	7
1.- INTRODUCCIÓN		12
2.- OBJETIVOS		15
2.1.-	OBJETIVO GENERAL	15
2.2.-	OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
3.- MATERIALES Y METODOS		16
3.1.-	Areas de estudio	16
3.2.-	Procedimientos de terreno	28
3.3.	Procedimientos de laboratorio	29
3.4.-	Procesamiento de datos	30
3.4.1.-	Estimación de parámetros utilizando los resultados del marcaje	30
3.4.1.1.	Método de Quinn y Deriso	30
3.4.1.2.	Métodos del FISAT	31
	- Plot de Gulland y Holt	31
	- Método de Munro	32
	- Metodo de Appeldoorn	32
3.4.2.	Estimación de parámetros utilizando la serie de tiempo de estructuras de talla.	33
3.4.2.1.	ELEFAN I	33
3.4.2.2.	Estimación de parámetros basado en series de tiempo de estructura de talla con método propio.	35
3.4.3.	Pruebas de Hipótesis	36
3.4.4.	Análisis de Morfometría	37
3.4.5.	Diseño de índice morfométrico como predictor del crecimiento	38
3.4.6.	Transformación de Talla a Edad	39
3.4.6.1.	Método de Quinn y Deriso (1999)	39
3.4.6.2.	Separación de edades con método propio	41
4.- RESULTADOS		42
4.1.-	Caleta Chanavayita (II Región).	43
4.2.-	Tocopilla - Caleta Punta Arenas (II Región).	47
4.3.-	Chañaral de Aceituno y Punta Choros	52
4.4.-	Playa El Temblador (IV Región).	55
4.5.-	Punta Lagunillas (IV Región).	58
4.6.-	Punta Lengua de Vaca (IV Región).	62
4.7.-	Ancud (X Región).	65
4.8.-	Caleta Puñihuil (X Región, Chiloé).	69
4.9.-	Golfo Trinidad (XII Región, Magallanes).	73
4.10.-	Variabilidad espacial del crecimiento	76
4.11.-	Variabilidad temporal del crecimiento	84
4.12.-	Estimación de parámetros a partir de la estructura de talla con método propio	91

4.13.- Morfometría	92
4.13.1. Análisis de Relaciones	92
Relación Largo Total – Largo Peristomal	92
Relación Ancho versus Largo Peristomal	94
Relación Alto versus Largo Peristomal	96
Relación Grosor de Concha versus Largo Peristomal	97
Relación Rugosidad versus Largo Total	99
Relación Peso de la Concha versus Largo Peristomal	100
4.13.2. Análisis de Conglomerados	103
4.13.3. Índice morfométrico	105
4.13.4. Predictor del crecimiento	106
4.14. Estimación de parámetros de crecimiento para cualquier sitio a lo largo de la costa de Chile.	108
4.15. Transformación de Talla a Edad	110
4.15.1. Método de Quinn y Deriso, 1999	110
3.15.2. Transformación de estructura de talla en estructura de edad con método propio	114
5. DISCUSION	119
5.1. Enfoque metodológico de la investigación	119
5.1.1. Marcaje y recaptura versus lectura de marcas de crecimiento	119
5.1.2. Gompertz o Van Bertalanffy	125
5.1.3. Diferentes métodos de ajuste de parámetros	129
5.1.4. Posibles artefactos del método de marcaje y recaptura	129
5.2. Patrón espacial	131
5.3. Patrón temporal	132
5.4. Variabilidad del crecimiento – influencia en la transformación talla a edad	133
5.5. Morfometría	135
5.6. Proyecciones de crecimiento	135
5.6.1. Análisis general	135
5.6.2. El gradiente de Loo es artefacto del método?	136
5.6.2.1. Influencia del rango de tallas utilizadas en la estimación de Loo	137
5.6.2.2. Otras evidencias del gradiente de Loo	139
Variaciones clinales	139
Evidencias para el loco	139
5.7. Significado de resultados para la administración	141
5.8. Futuras necesidades de investigación	142
6.- CONCLUSIONES	143
6. LITERATURA CITADA	144
8.- ANEXO: Costos de salida de terreno para la realización de un experimento de marcaje y recaptura.	150

### III. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

- Tabla 1.1. Recopilación de estudios de crecimiento realizados para el recurso loco Concholepas concholepas. Para fines comparativos se ha estimado la edad a la talla legal de captura (TMC) de 10 cm de longitud peristomal.
- Tabla 3.1. Coordenadas de los sitios de estudio
- Tabla 4.1. Resumen de sitios de estudio : región, fecha de muestreo y marcaje, número de individuos capturados y número de individuos marcados.
- Tabla 4.2. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Caleta Chanavayita.
- Tabla 4.3. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Caleta Punta Arenas (II Región).
- Tabla 4.4. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Punta de Choros (IV Región).
- Tabla 4.5. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Playa Temblador (IV Región).
- Tabla 4.6. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Punta Lagunillas.
- Tabla 4.7. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Punta Lengua de Vaca.
- Tabla 4.8. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Ancud (X Región).
- Tabla 4.9. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Puñihuil (X Región, Chiloe).
- Tabla 4.10. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Golfo Trinidad (XII Región).
- Tabla 4.11. Estimación de los parámetros de crecimiento para cada sitio mediante el método de Quinn y Deriso (en la primera columna), dejando que el programa busque libremente tanto el Loo como el K. En las columnas 2 a 4 se realizan los análisis por zonas y macrozonas. F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido versus el modelo completo para las localidades y zona. En cada caso se indica el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.
- Tabla 4.12. Matriz de comparación entre pares de localidades de los parámetros de crecimiento. Se indica el F y la probabilidad. F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (las dos localidades con parámetros de crecimiento comunes) versus el modelo completo (cada localidad con sus parámetros de crecimiento propios). En sombreado están los lugares que difieren significativamente entre sí.
- Tabla 4.13. Matriz de comparación entre pares de zonas. Las localidades se agruparon en zonas de acuerdo al análisis de la Tabla 4.11. F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para zonas) versus el modelo completo (cada zona con parámetros propios). IC indica los intervalos de confianza al 95% del respectivo parámetro. En estas estimaciones se permitió que el programa ajuste libremente tanto el Loo como el K.
- Tabla 4.14. Estimación de los parámetros de crecimiento para las diferentes zonas, estimando parámetros comunes para cada zona, agrupando de diferentes formas (columnas 2 a 4). La estimación de parámetros de crecimiento para cada localidad (columna 1) fue realizada, dejando fijo el Loo en el valor que resultó común para la zona de la cual forma parte. Se consideraron parámetros diferentes para la zona centro y sur. F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para la zona) versus el modelo completo (parámetros particulares para cada localidad). En cada caso se señala el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.
- Tabla 4.15. Estimación de los parámetros de crecimiento para las diferentes zonas, estimando parámetros comunes para cada zona, agrupando de diferentes formas (columnas 2 a 4). La estimación de

parámetros de crecimiento para cada localidad (columna 1) fue realizada, dejando fijo el  $L_{oo}$  en el valor que resultó común para la zona de la cual forma parte. Se consideraron parámetros comunes para la zona centro y sur. F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para la zona) versus el modelo completo (parámetros particulares para cada localidad). En cada caso se señala el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.

- Tabla 4.16. Estimación de los parámetros de crecimiento para cada período y sitio mediante el método de Quinn y Deriso (en la primera columna), dejando que el programa busque libremente tanto el  $L_{oo}$  como el K. En las columnas 2 se realizan las comparaciones entre períodos para cada localidad. F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para los diferentes períodos) versus el modelo completo (cada período con parámetros propios). En cada caso se indica el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.
- Tabla 4.17. Comparación de los parámetros de crecimiento entre los dos períodos de estudio en Playa Temblador. Para la comparación se fijó  $L_{oo}=108$ , que es el  $L_{oo}$  de la zona norte a la cual pertenece este sitio (ver texto). F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para los dos períodos) versus el modelo completo (cada período con parámetros propios). En cada caso se indica el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.
- Tabla 4.18. Comparación de los parámetros de crecimiento entre los tres períodos de estudio en Punta Lagunillas. Para la comparación se fijó  $L_{oo}=133$  y  $L_{oo}=145$ , que son los  $L_{oo}$  de la zona centro y macrozona centro-sur respectivamente (ver texto). F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para los dos períodos) versus el modelo completo (cada período con parámetros propios). En cada caso se indica el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.
- Tabla 4.19. Matriz de comparación entre el período 1996 de Punta Lagunillas y las localidades de la zona norte. Se indica el F y la probabilidad. F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (las dos localidades con parámetros de crecimiento comunes) versus el modelo completo (cada localidad con sus parámetros de crecimiento propios). En sombreado están los lugares que difieren significativamente entre sí.
- Tabla 4.20. Comparación de los parámetros de crecimiento entre los períodos 1990 y 1998 en Punta Lagunillas. Para la comparación se fijó  $L_{oo}=133$  y  $L_{oo}=145$ , que son los  $L_{oo}$  de la zona centro y macrozona centro-sur respectivamente (ver texto). Además se incorporaron en el análisis sólo los individuos por sobre 40 mm de longitud peristomal. F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para los dos períodos) versus el modelo completo (cada período con parámetros propios). En cada caso se indica el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.
- Tabla 4.21. Comparación de los parámetros de crecimiento entre los dos períodos de estudio en Punta Lengua de Vaca. Para la comparación se fijó  $L_{oo}=133$  y  $L_{oo}=145$ , que son los  $L_{oo}$  de la zona centro y macrozona centro-sur respectivamente (ver texto). F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para los dos períodos) versus el modelo completo (cada período con parámetros propios). En cada caso se indica el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.
- Tabla 4.22. Parámetros de crecimiento que resultan de la estimación a base del análisis de la estructura de talla (primeras dos filas de la tabla). Para fines de comparación se han colocado en la parte de debajo de la tabla los parámetros estimados mediante los individuos marcados y recapturados.
- Tabla 4.23. Análisis de varianzas, de co-varianza y Test a posteriori de Tukey de la relación Largo Total versus Largo Peristomal de las localidades de estudio.
- Tabla 4.24. Análisis de varianzas, de co-varianza y Test a posteriori de Tukey de la relación Ancho versus Largo Peristomal de las localidades de estudio.
- Tabla 4.25. Análisis de varianzas, y de co-varianza de la relación Alto versus Largo Peristomal de las localidades de estudio.

- Tabla 4.26. Análisis de varianza de la relación Grosor de Concha versus Largo Peristomal de las localidades de estudio.
- Tabla 4.27. Análisis de varianza de la relación Rugosidad de la Concha versus Largo Peristomal de las localidades de e
- Tabla 4.28. Análisis de varianza, de co-varianza y Test a posteriori de Tukey de la relación Peso de la Concha versus Largo Peristomal de las localidades de estudio.
- Tabla 4.29. Resumen de las relaciones morfométricas analizadas, con su respectiva función.
- Tabla 4.30. Valores de  $\phi$  y del índice morfométrico, dado por las pendientes de alto y largo total versus longitud peristomal para las diferentes localidades.
- Tabla 4.31. Valores de Loo y K estimados para las diferentes regiones del país
- Tabla 4.32. Número de individuos de cada edad presentes en cada clase de talla en la población de locos de Punta Lagunillas en enero 1999.
- Tabla 4.33. Número de individuos de cada edad presentes en cada clase de talla en la población de locos de Caleta Punta Arenas en septiembre 1998.
- Tabla 5.1. Comparación de ajustes con la función de van Bertalanffy y Gompertz a los datos de Chanavayita y Tocopilla.
- Tabla 5.2. Determinación del límite crítico de talla máxima incluida en el análisis a partir de la cual se estabilizan los parámetros (considerando como tal que no existan diferencias estadísticamente significativas con determinaciones realizadas con una muestra que tiene un límite máximo de tallas mayor). Para cada sitio se indican los parámetros obtenidos, el número de observaciones (n) y la talla máxima disponible (primera columna) y talla máxima a partir de la cual las diferencias desaparecen. En el margen inferior de cada cuadro se indica el valor de t de student y la probabilidad para la diferencia entre los Loo dentro de una localidad. En todos los casos las estimaciones de Loo y K fueron realizadas sin restricción.
- Tabla 8.1. Relación de costos de las campañas a terreno para la realización de un experimento de marcaje y recaptura de locos en diversos puntos de la costa de Chile.

- Figura 3.1. Localización de los lugares de estudio a lo largo de la costa de Chile y en la IV Región.
- Figura 3.2. Localización del sitio de estudio frente a Caleta Chanavayita (I Región)
- Figura 3.3. Localización del sitio de estudio frente a Caleta Punta Arenas (II Región, Tocopilla)
- Figura 3.4. Localización del sitio de estudio en Punta Choros, entre Isla Gaviota y la Caleta Los Choros (IV Región).
- Figura 3.5. Localización del sitio de estudio en Playa Temblador (IV Región).
- Figura 3.6. Localización de los sitios de estudio en Punta Lagunillas y Punta Lengua de Vaca (IV Región).
- Figura 3.7. Localización del sitio de estudio en Caleta Huentelauquen (IV Región)
- Figura 3.8. Localización del sitio de estudio en Caleta Las Conchas, Los Vilos (IV Región)
- Figura 3.9. Localización del sitio de muestreo y el sitio en que se dejaban los locos marcados en el sector de Ancud (X Región).
- Figura 3.10. Localización del sitio de estudio en Caleta Puñihuil, costa expuesta de Chiloe (X Región).
- Figura 3.11. Localización del sitio de estudio en el Golfo Trinidad, al costado de Isla Camel (XII Región).
- Figura 4.1. Variación de temperatura en Caleta Chanavayita
- Figura 4.2. Estructura de talla de la población de locos en Caleta Chanavayita (I Región) con curva de crecimiento.
- Figura 4.3. Estimación de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Chanavayita. En ambos casos el Loo se fijó en Loo=108.
- Figura 4.4. Variaciones de temperatura en Caleta Punta Arenas (Tocopilla)
- Figura 4.5. Estructura de talla de la población de locos en Caleta Punta Arenas (II Región) con curva de crecimiento.
- Figura 4.6. Ajuste de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Caleta Punta Arenas (Tocopilla). En ambos casos el Loo se fijó en Loo=108.

- Figura 4.7. Estructura de talla de individuos de loco marcados en Caleta Chañaral de Aceituno.
- Figura 4.8. Estructura de talla de los locos marcados en Punta Choros.
- Figura 4.9. Estimación de parámetros con el método de Munro. El Loo se fijó en Loo=124,8 mm, K resulta de la estimación.
- Figura 4.10. Variaciones de la temperatura en playa El Temblador
- Figura 4.11. Estructura de talla de la población de locos en Playa Temblador (IV Región).
- Figura 4.12. Ajuste de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Playa Temblador. En el caso de Appeldoorn se le puso como límite superior a Loo=124,8 mm, en el caso de Munro se fijó en Loo=124,8 mm.
- Figura 4.13. Variaciones de temperatura en Punta Lagunillas.
- Figura 4.14. Estructura de talla de la población de Punta Lagunillas (IV Región) mostrando un ajuste de curva de crecimiento.
- Figura 4.15. Estimación de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Punta Lagunillas. En ambos casos el Loo se fijó en Loo=133 y sólo K es resultado de ajuste.
- Figura 4.16. Variación de la temperatura en Punta Lengua de Vaca.
- Figura 4.17. Estructura de talla de la población de locos en Punta Lengua de Vaca (IV Región).
- Figura 4.18. Estimación de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Punta Lengua de Vaca. En ambos casos se mantuvo Loo fijo, siendo sólo el K producto del ajuste.
- Figura 4.19. Variaciones de la Temperatura en Bahía Ancud, a los pies del Fuerte Ahui
- Figura 4.20. Estructura de talla de la población de locos en Ancud (X Región) con curva de crecimiento.
- Figura 4.21. Estimación de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Ancud. En ambos casos el Loo se fijó en 149,5 y sólo el K es producto del ajuste.
- Figura 4.22. Variaciones de Temperatura en Caleta Puñihuil.
- Figura 4.23. Estructura de talla de la población de Caleta Puñihuil (X Región, Chiloé), mostrando un ajuste de curva de crecimiento.
- Figura 4.24. Estimación de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Puñihuil. En ambos casos el Loo se fijó en 149,5 y sólo el K es producto del ajuste.
- Figura 4.25. Variaciones de Temperatura en el sitio de estudio del Golfo de Trinidad
- Figura 4.26. Estructura de talla de los locos en el Golfo Trinidad (XII Región), mostrando un ajuste de curva de crecimiento.
- Figura 4.27. Estimación de parámetros de crecimiento mediante varios métodos aplicados a los datos de marcaje y recaptura de individuos en el Golfo Trinidad (XII Región).
- Figura 4.28. Relación Largo Total versus Largo Peristomal para las diferentes localidades.
- Figura 4.29. Relación Ancho versus Largo Peristomal para las diferentes localidades.
- Figura 4.30. Relación Alto versus Largo Peristomal para las diferentes localidades.
- Figura 4.31. Relación Grosor de Concha versus Largo Peristomal para las diferentes localidades.
- Figura 4.32. Relación Rugosidad de la Concha versus Largo Peristomal para las diferentes localidades.
- Figura 4.33. Relación Peso de la Concha versus Largo Peristomal para las diferentes localidades.
- Figura 4.34. Análisis de conglomerados de todas las pendientes de las relaciones morfométricas (exceptuando la relación gravimétrica).
- Figura 4.35. Análisis de conglomerados por tallas, considerando todas las relaciones morfométricas (sin la relación gravimétrica)
- Figura 4.36. Relación entre relaciones morfométrica estandarizadas para un individuo de 100 mm de longitud peristomal (1=Chanavayita, 2=Tocopilla, 3=Temblador, 4=Lagunillass, 5=Lengua de Vaca, 6=Ancud, 7=Puñihuil y 8=Golfo Trinidad)
- Figura 4.37. Análisis de relaciones morfométricas en función del crecimiento expresado en términos de  $\emptyset$ . Las medidas morfométricas de la izquierda corresponden a individuos de 100 mm LP. Las de la derecha utilizan las pendiente, or lo que representan a todo el rango de talla. (1=Chanavayita, 2=Tocopilla, 3=Temblador, 4=Lagunillass, 5=Lengua de Vaca, 6=Ancud, 7=Puñihuil y 8=Golfo Trinidad)
- Figura 4.38. Gradiente de L infinito en función de la latitud

- Figura 4.39. Transformación de la estructura de talla de enero 1999 de Punta Lagunillas (arriba) en una estructura de edad.
- Figura 4.40. Transformación de la estructura de talla de septiembre 1998 de Caleta Punta Arenas (Tocopilla) (arriba) en una estructura de edad (abajo).
- Figura 4.41. A: Estructura de talla de Chanavayita (histograma) del muestreo realizado en Diciembre 1998, a la cual se han sobrepuesto las curvas teóricas de la distribución de tallas a la edad. Sobre cada curva se señala la edad que representa. B: Estructura de edades de la misma muestra de A. y C: Tabla de las proporciones de edades dentro de cada talla o viceversa.
- Figura 4.42. A: Estructura de talla de la captura de Diciembre 1984 de Los Vilos (histograma), a la cual se han sobrepuesto las curvas teóricas de la distribución de tallas a la edad. Sobre cada curva se señala la edad que representa. B: Estructura de edades de la misma muestra de A. y C: Tabla de las proporciones de edades dentro de cada talla o viceversa.
- Figura 4.43. A: Estructura de talla de la captura de Diciembre 1984 de Ancud (histograma), a la cual se han sobrepuesto las curvas teóricas de la distribución de tallas a la edad. Sobre cada curva se señala la edad que representa. B: Estructura de edades de la misma muestra de A. y C: Tabla de las proporciones de edades dentro de cada talla o viceversa.
- Figura 5.1. Incrementos versus talla en diferentes épocas del año y para diferentes periodos de tiempo entre marcaje y recaptura. Datos de locos en el centro-sur de Chile 1998-1999.
- Figura 5.2. Análisis del ajuste de la función de Gompertz versus la función von Bertalanffy
- Figura 5.3. Comparación de los ajustes de parámetros de crecimiento a set de datos con periodos experimentales (tiempo entre marcaje y recaptura) crecientes. Los periodos experimentales se indican en la esquina superior derecha de cada figura. Los datos provienen de Punta Lagunillas. Figura 5.5. Curvas de crecimiento para las diferentes zonas del país, con los siguientes parámetros en cada caso: norte  $L_{oo}=108$ ,  $K=0,27$ ; centro  $L_{oo}=133$ ,  $K=0,448$ ; sur  $L_{oo}=1149,5$ ,  $K=0,406$  (ver Tabla 4.14).
- Figura 5.4. Talla media y del 5 y 10% mas grande de las capturas del recurso loco en el año 1984, en diferentes latitudes de la costa de Chile. Los círculos unidos con línea gruesa representan los  $L_{oo}$  estimados en este trabajo.
- Figura 5.5. Curvas de crecimiento para las diferentes zonas del país, con los siguientes parámetros en cada caso: norte  $L_{oo}=108$ ,  $K=0,27$ ; centro  $L_{oo}=133$ ,  $K=0,448$ ; sur  $L_{oo}=1149,5$ ,  $K=0,406$  (ver Tabla 4.14).

## 1.- INTRODUCCIÓN

El conocimiento del crecimiento de una especie constituye la información básica necesaria para realizar una evaluación de stock. Si la información de crecimiento es deficiente, la estimación de producción y su dinámica también lo será, y consecuentemente, también será deficiente la evaluación de stock, basada en esa información.

Para el recurso loco, especie, que por sufrir una intensa pesquería, producto de su alta demanda en el mercado, se ha establecido un régimen de administración (Régimen Bentónico de Extracción) que requiere la fijación anual de cuotas. Estas cuotas deben estar acordes a la producción del recurso cada año, para lo cual es necesario realizar una evaluación de stock.

La información publicada sobre el crecimiento del loco presenta discordancias. Los parámetros de crecimiento, o también tasas de crecimiento, publicados presentan muchas diferencias entre autores. En la Tabla 1.1 se presenta una recopilación de estudios de crecimiento, estimando a base de la información entregada, la edad de primera captura (10 cm de longitud peristomal). Se aprecian diferencias de hasta un factor de 3. En este contexto, dependiendo de cuales parámetros se utilicen, el cálculo de la Captura Total Permisible puede tener diferencias de gran magnitud. En definitiva significa que el cálculo de cuotas contiene una importante fuente de incertidumbre.

La variabilidad de los datos de crecimiento del loco puede tener al menos dos fuentes :

- 1.- pueden ser producto de diferentes procedimientos de estudio, tanto en el método empleado, como en el lugar de estudio o cobertura del estudio. Son escasos los estudios que emplean métodos directos y/o que validan la aplicación del método indirecto con mediciones directas.
- 2.- puede representar una variabilidad propia del crecimiento de la especie. Por Ej. Stotz (1997) sugiere una relación entre producción del loco y la productividad primaria, la cual se canalizaría a través de suspensívoros al loco.

Tabla 1.1. Recopilación de estudios de crecimiento realizados para el recurso loco Concholepas concholepas. Para fines comparativos se ha estimado la edad a la talla legal de captura (TMC) de 10 cm de longitud peristomal.

Concholepas concholepas (TMC: 100 mm)

AUTOR	AÑO	REG.	METOD.	EDAD TMC (meses)	parámetros o tasa (Loo, K) (mm/t)
Tobella G.	1975	VIII	2	28	5.25 mm/mes
Lozada E., M. T. López y R. Desqueyroux	1976	VIII	1	33-36	2.22-6 mm/mes
		VIII	1	33-36	3.2 mm/mes
		IV	1	22-24	3.0 mm/mes
Acuña E. y J. Stuardo	1979	V	1	60	
		VIII	1	60	
Guisado Ch. y J. C. Castilla	1983	V	4	30-32 (juveniles)	110.1 mm/mes
Bustos E., H. Robotham, E. Lara y E. Pacheco	1986	X	3	60-72	189.4 0.35
Zegers J., V. Ishiyama y B. Tarazona	1986	Perú	1	40	
Adlerstein	1987	IV	3	36	131.4 0.36
Varela C. y D. López	1989	X	5	48	
Wolff M.	1989	III	1	22-29	152-160 0.38-0.52
Reyes A. y C.A. Moreno	1990		1 y 4	juveniles	
Lépez M., O. Aracena, O. Olivares y G. Peña	1991	VIII	1	54	
Stotz W. y E. Pérez	1992	IV	2 y 4	36-48	150 0.32

#### METODOS

- 1 = Separación de modas
- 2 = Marcaje y recaptura
- 3 = Lectura de anillos
- 4 = Seguimiento cohortes
- 5 = Experimento

Las diferencias sobre el crecimiento del loco entre regiones, autores y métodos, mostrada en la Tabla 1.1 probablemente contiene tanto artefactos de método, como efectos de la variabilidad propia del proceso de crecimiento. Ambas fuentes de variabilidad además no son independientes una de otra.

Esta incertidumbre frente a los parámetros de crecimiento, plantea, para quien debe utilizar esta información para la toma de decisiones, un grave problema. ¿Cual (o cuales) parámetros utilizar para cada unidad de stock? En ese contexto se sitúa la inquietud planteada por la Subsecretaría de Pesca al Consejo del Fondo de Investigación Pesquera, la cual licitó y en ese proceso adjudicó a la Universidad Católica del Norte la ejecución del proyecto "Proposición de una metodología para el estudio de edad y crecimiento del recurso loco". Por Decreto Exento N° 240 del 29 de mayo 1998 se aprobó el contrato de investigación entre el Consejo de Investigación Pesquera y la Universidad Católica del Norte para el desarrollo del proyecto mencionado. El presente documento entrega los resultados de la ejecución de ese proyecto una vez finalizado todo el trabajo de recolección y análisis de la información.

En el desarrollo del proyecto se estudió el crecimiento en un amplio rango de distribución del recurso loco (I a XII Región) mediante el seguimiento en el tiempo de individuos marcados. En el presente documento se entrega y analiza la información recopilada en el experimento, complementándola con otra información similar, producto de otras investigaciones, que poseen los autores.

## 2.- OBJETIVOS

Concordante con lo requerido por el Fondo de Investigación Pesquera, el proyecto tuvo los siguientes objetivos:

### 2.1.- OBJETIVO GENERAL

Validar experimentalmente el crecimiento del recurso loco y asignar las edades correspondientes.

### 2.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

3.2.1.- Formular una metodología general para estimar el crecimiento individual de las poblaciones de este recurso con su respectiva validación, demostrada empíricamente considerando la mayor minimización de costos posibles, manteniendo niveles aceptables de precisión y representatividad geográfica de los estimados.

2.2.2.- Ajustar una función que describa el crecimiento en longitud y edad

2.2.3.- Establecer un procedimiento que permita la asignación de edad a distribuciones de tallas del recurso.

### 3.- MATERIALES Y METODOS

#### 3.1.- Areas de estudio

El trabajo se realizó en un total de diez localidades, distribuidas a lo largo de la costa entre la I y la XII Regiones (Fig. 3.1). En todas las localidades se trabajó en las poblaciones de loco en el submareal, en zonas habituales de pesca y/o áreas de manejo.

Las localidades fueron las siguientes (coordinadas en Tabla 3.1):

I Región: se trabajó en el área de manejo de Caleta Chanavayita (Fig. 3.2)

II Región: se trabajó en el área de manejo de Caleta Punta Arenas (Fig. 3.3)

III Región: se trabajó en Chañaral de Aceituno. No obstante en este lugar no se logró recuperar ningún individuo marcado, por lo que finalmente se descartó el lugar.

IV Región: se trabajó en cuatro localidades en el marco del presente proyecto. Estas fueron Punta Choros (Fig. 3.4), Playa Temblador (Fig. 3.5), Punta Lagunillas (Fig. 3.6) y Punta Lengua de Vaca (Fig. 3.6). Además se incorporó en el análisis información recopilada en proyectos anteriores, provenientes dos lugares adicionales: Caleta Huentelauquén (Fig. 3.7) y Caleta Las Conchas (Fig. 3.8).

X Región: se trabajó en dos localidades, que fueron Bahía de Ancud (Fig. 3.9) y Caleta Puñihuil (Fig. 3.10).

XII Región: se trabajó en un sitio localizada en un sector del Golfo Trinidad (Fig. 3.11).

Cabe hacer notar que el número de localidades comprometidas en la propuesta original fue ampliado, incluyendo una mayor cobertura espacial y temporal.

Con el fin de conocer las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo en los sectores de estudio, en cada uno de ellos se instaló un termómetro de registro continuo. Los sensores se programaron de tal modo que registraran la temperatura cada una hora. En lo posible, los sensores se instalaron en el mismo punto de muestreo. Sin embargo en algunos sitios, para evitar el riesgo de pérdida, el sensor fue puesto en un sitio cercano, generalmente en la zona de fondeo de la caleta mas cercana. No obstante, varios de los

sensores se perdieron, por lo que en algunos sitios el registro contiene períodos sin datos. Los datos de los sensores fueron vaciados y el sensor reiniciado en cada visita.

Tabla 3.1. Coordenadas de los sitios de estudio

Localidad	Latitud	Longitud
Caleta Chanavayita	20° 42' S	70° 10' W
Caleta Punta Arenas (Tocopilla)	21° 38' S	70° 09' W
Chañaral de Aceituno	20° 03' S	71° 30' W
Punta Choros	29° 14' S	71° 29' W
Playa Temblador	29° 27' S	71° 21' W
Punta Lagunillas	30° 06' S	71° 24' W
Punta Lengua de Vaca	30° 14' S	71° 39' W
Caleta Huentelauquen	31° 38' S	71° 33' W
Caleta Las Conchas	31° 55' S	71° 32' W
Ancud – Isla Cochinos	41° 51' S	73° 52' W
Ancud – Punta Ahui	42° 50' S	73° 52' W
Puñihuil	41° 56' S	74° 04' W
Golfo Trinidad	50° 02' S	74° 46' W

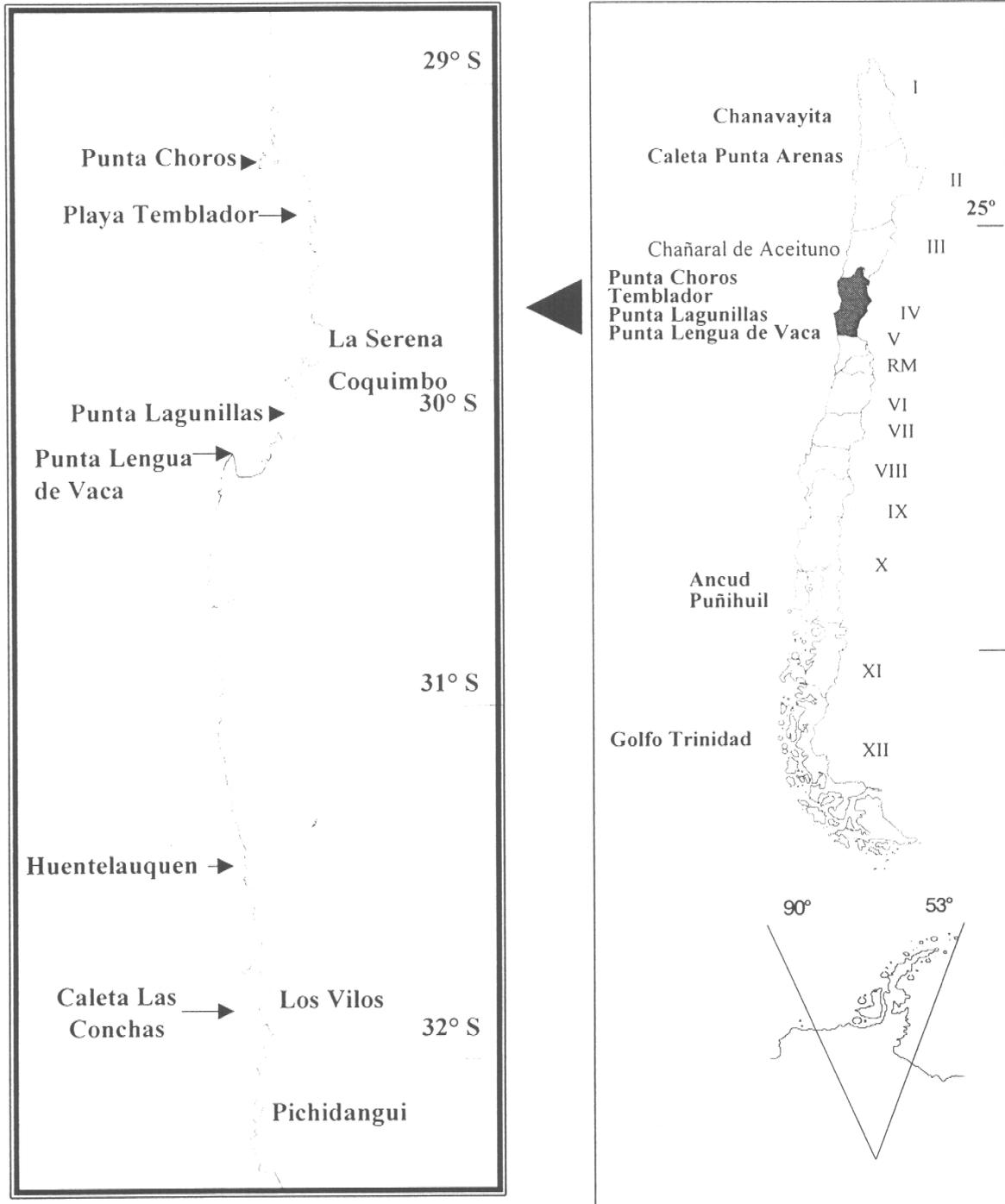


Figura 3.1. Localización de los lugares de estudio a lo largo de la costa de Chile y en la IV Región.

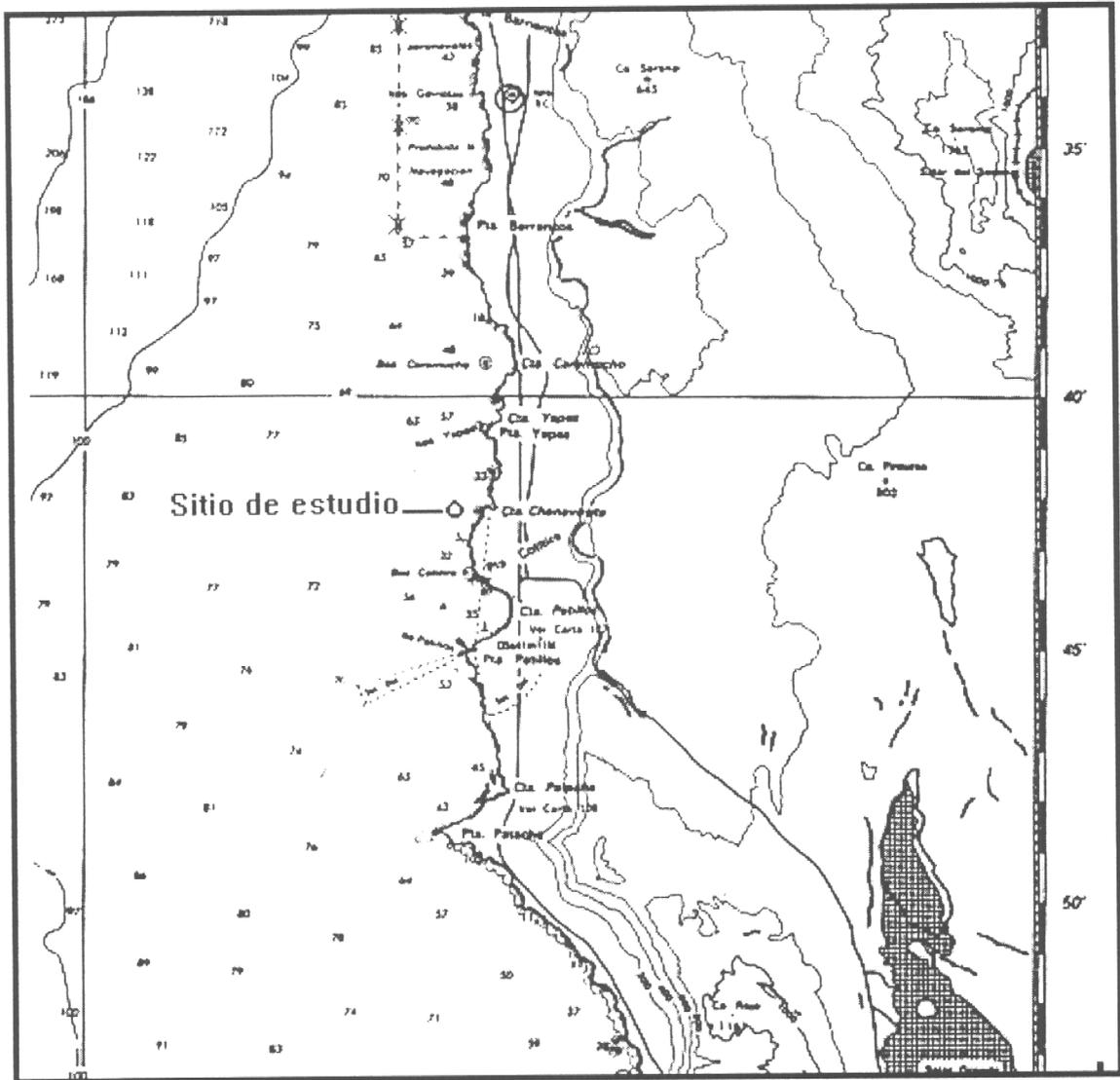


Figura 3.2. Localización del sitio de estudio frente a Caleta Chanavayita (I Región)

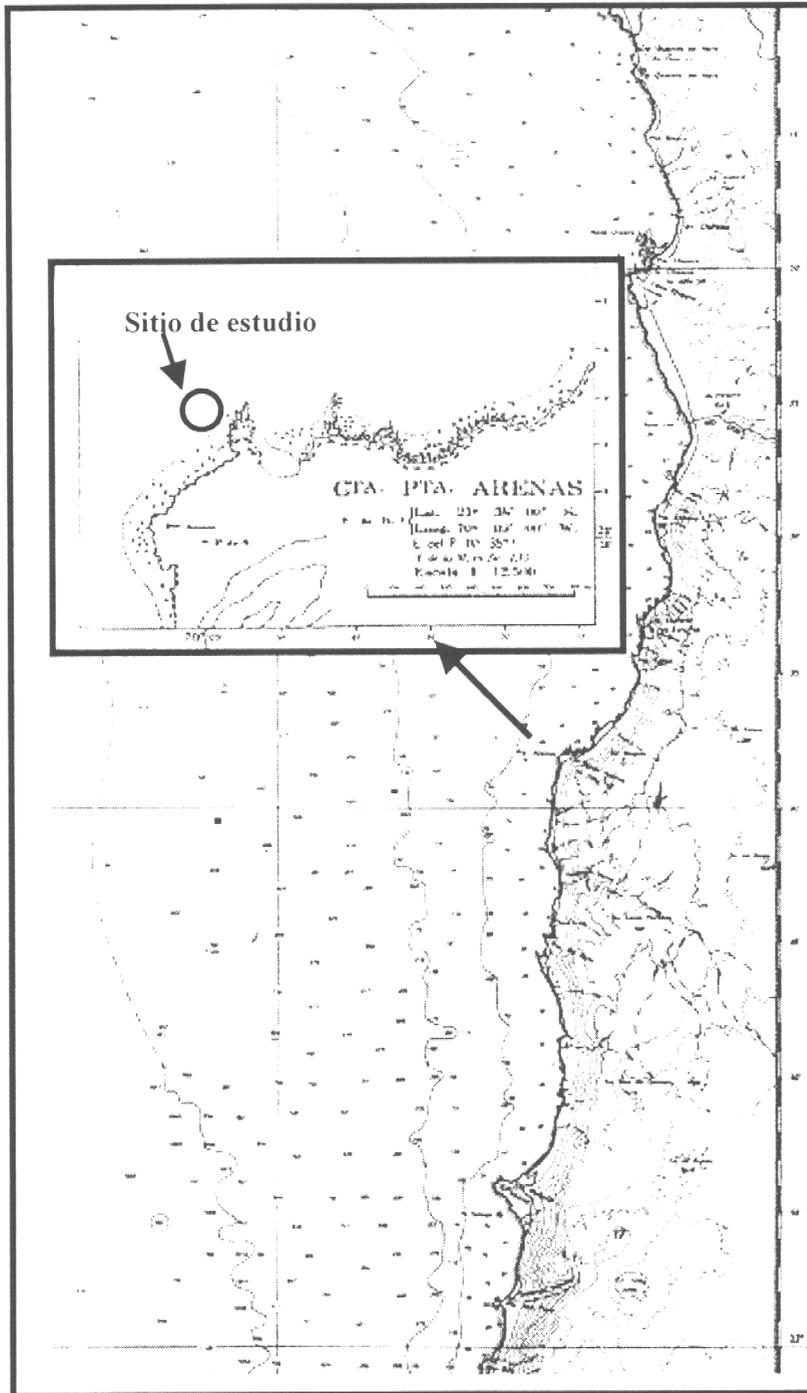


Figura 3.3. Localización del sitio de estudio frente a Caleta Punta Arenas (II Región, Tocopilla)

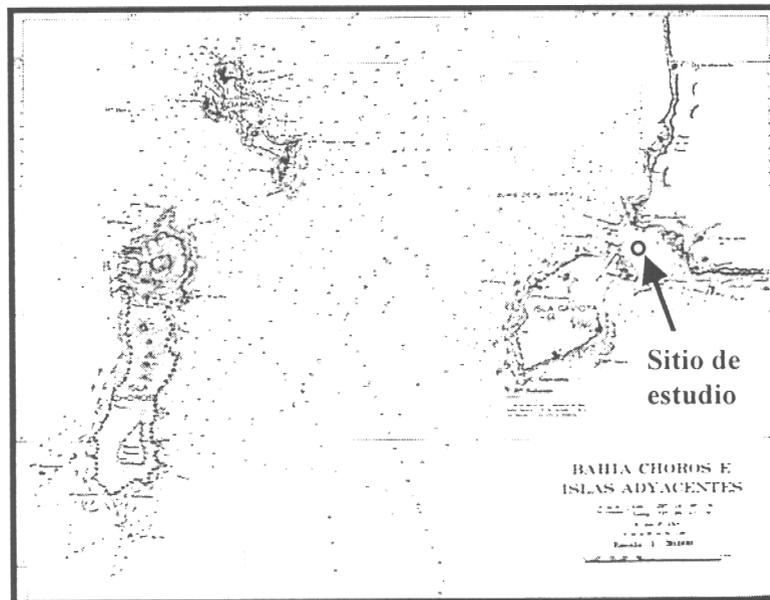


Figura 3.4. Localización del sitio de estudio en Punta Choros, entre Isla Gaviota y la Caleta Los Choros (IV Región).

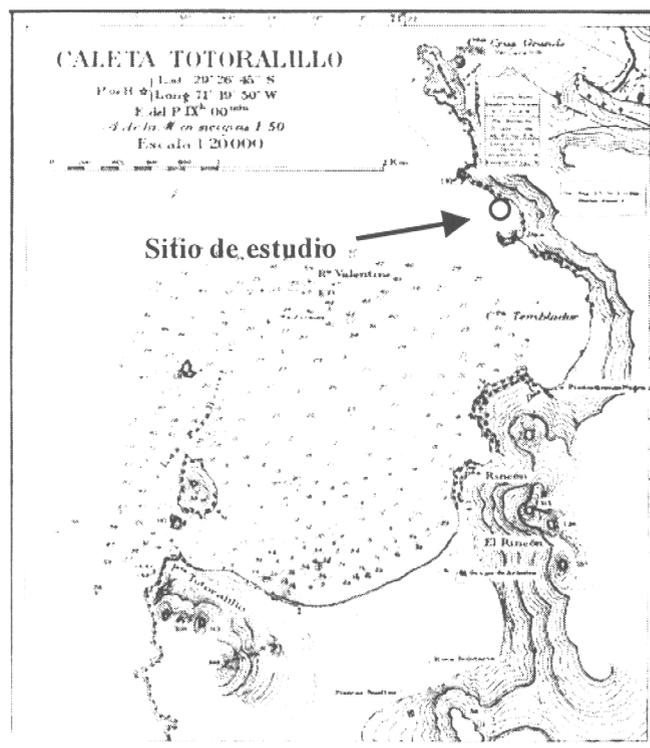


Figura 3.5. Localización del sitio de estudio en Playa Temblador (IV Región).

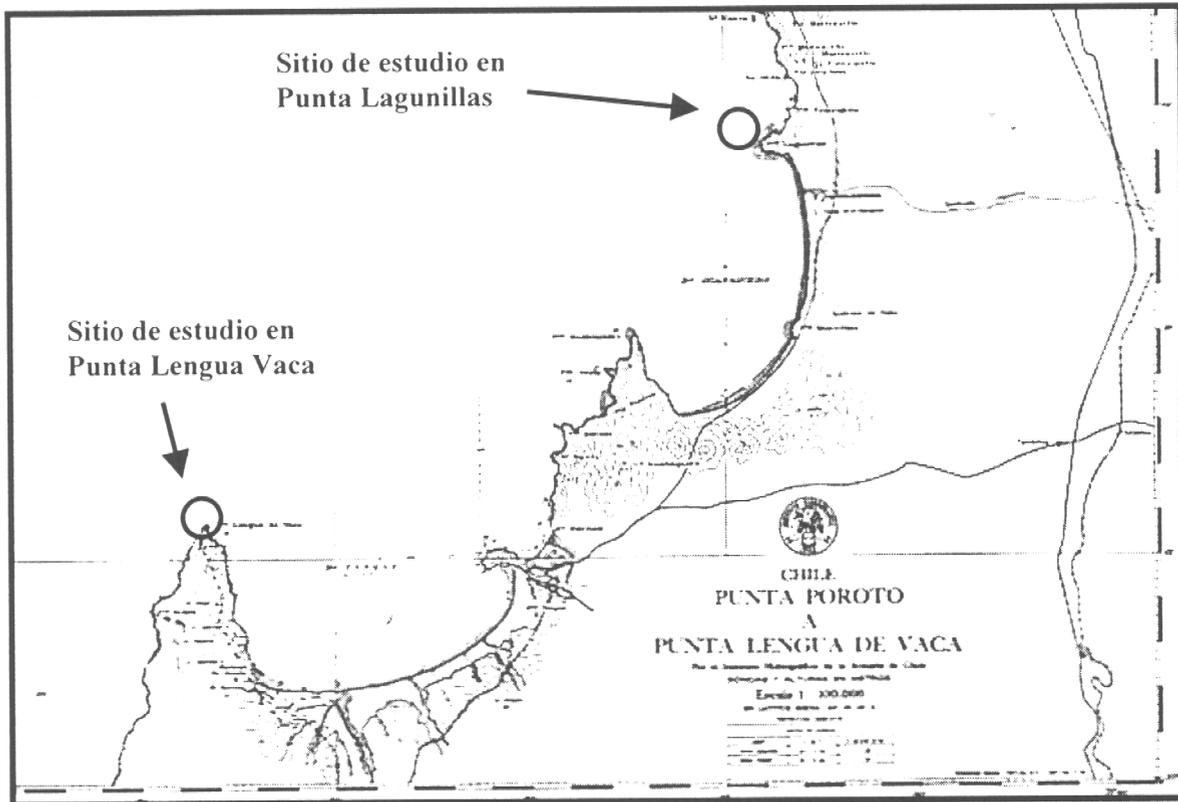


Figura 3.6. Localización de los sitios de estudio en Punta Lagunillas y Punta Lengua de Vaca (IV Región).

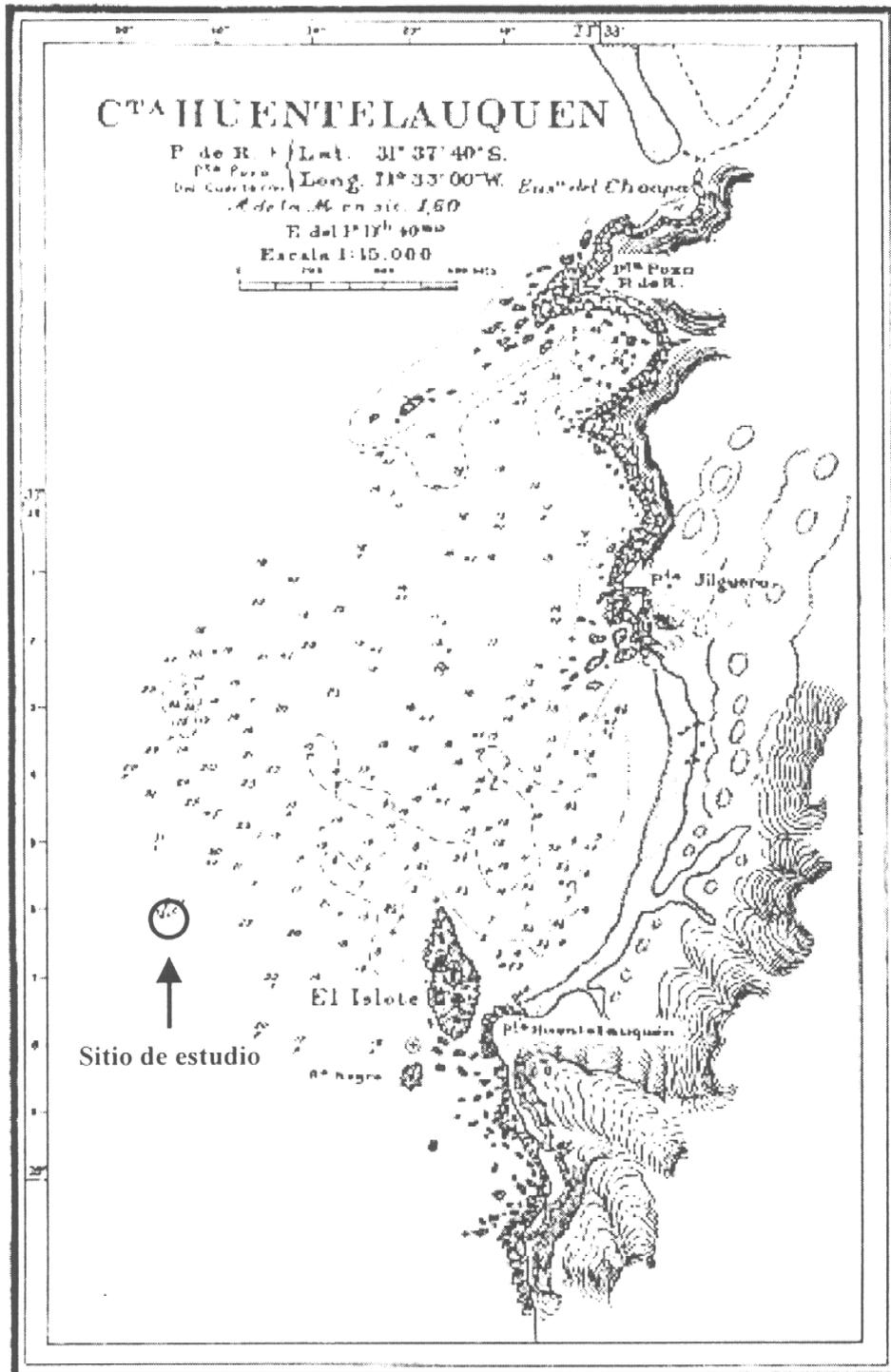


Figura 3.7. Localización del sitio de estudio en Caleta Huentelauquen (IV Región)

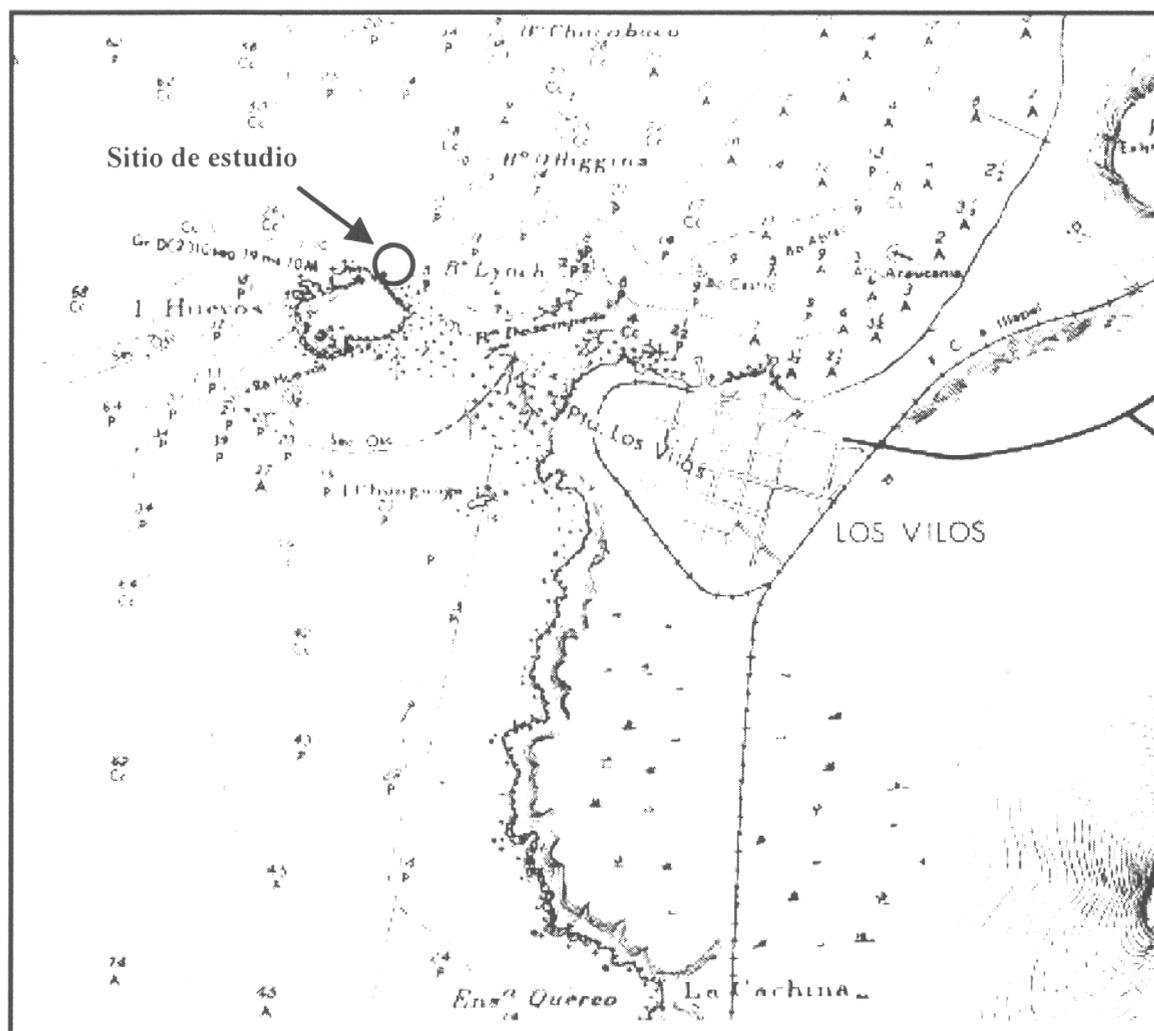


Figura 3.8. Localización del sitio de estudio en Caleta Las Conchas, Los Vilos (IV Región)





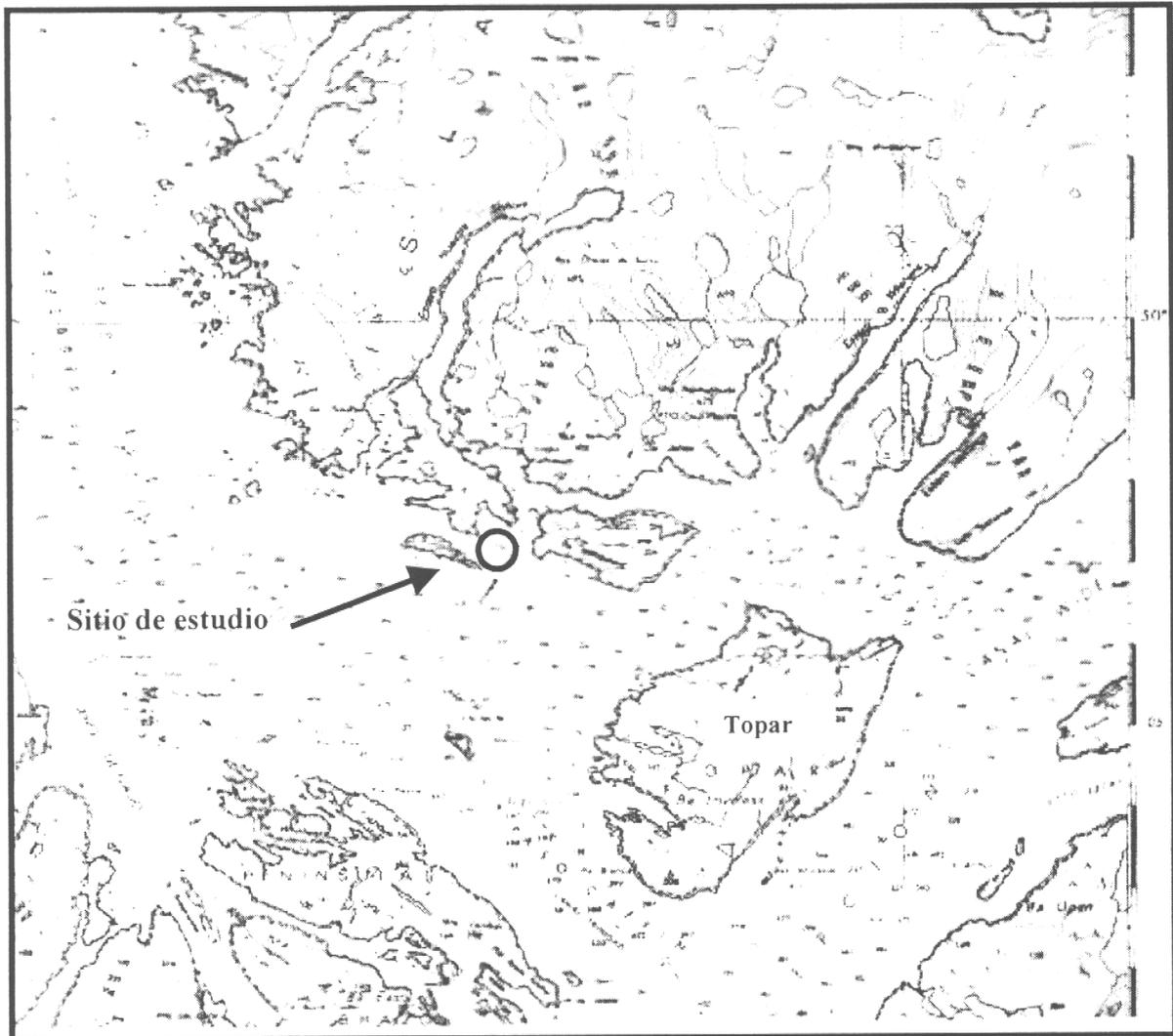


Figura 3.11. Localización del sitio de estudio en el Golfo Trinidad, al costado de Isla Camel (XII Región).

### 3.2.- Procedimientos de terreno

En todos los sitios se trabajó mediante buceo semiautónomo, en la mayoría de los casos con la colaboración y los equipos de los propios pescadores artesanales de la caleta en la cual se realizó el trabajo. El trabajo en todos los sitios consistió en realizar en cada visita un muestreo poblacional, para lo cual se realizó un barrido del sitio de estudio, recogiendo todos los individuos que se lograban capturar en un tiempo máximo de buceo de una hora, realizada por dos buzos simultáneamente, o hasta que se lograban capturar un mínimo de 200 individuos, cualquiera fuera la condición que se cumpliera primero. En todos los casos los buzos fueron biólogos (generalmente el autor y un profesional biólogo marino).

Una vez finalizada la captura, en la playa se procedía a marcar a cada individuo. Para ello se adhería con abundante masilla epóxica submarina una pequeña marca (2 mm de diámetro) de plástico, de color y numerada (marcas fabricadas en Alemania para marcaje de abejas). Luego se medía la longitud peristomal de cada individuo, se pesaba y se registraba esa información identificando a cada individuo por su número. Una vez que la masilla epóxica estaba endurecida, los individuos fueron devueltos al sitio de muestreo. En todos los casos los individuos no permanecieron fuera del agua por un período mayor a las 4 horas. En el sitio de muestreo los individuos eran liberados todos en un mismo punto. De preferencia se colocaban entre piedras, de una manera tal que la corriente no pudiera arrastrarlo antes de que logran adherirse con su pie al sustrato. El punto en que se liberaban los individuos era marcado con masilla epóxica adherida en la roca y además, en algunos casos con un objeto flotante en la superficie. En la siguiente visita se procedía a buscar a los individuos marcados, recogiendo en esa búsqueda a todos los individuos que en el recorrido aparecían, tuvieran marca o no. De esta manera se lograba también una muestra de la población y nuevos individuos para marcar. La búsqueda se iniciaba siempre en el punto en el cual se liberaron los locos en el muestreo previo. Y este procedimiento, de búsqueda-muestreo, marcaje, medición y liberación, se repitió en cada una de las visitas,

con la excepción de la última, en la cual los individuos del muestreo poblacional ya no fueron marcados, sino sólo medidos y luego liberados. En todos los sitios, con la sólo excepción del Golfo Trinidad, se realizaron cinco visitas, distribuidas de tal manera de lograr en lo posible cubrir el año. En las primeras cuatro se marcaron individuos, en las últimas cuatro se buscaron y recuperaron individuos. En el capítulo de Resultados se indican las fechas de muestreo de cada sitio.

Los individuos marcados que se recuperaban en el siguiente muestreo eran medidos y pesados. Luego eran sacrificados, conservando la concha para transportarla al laboratorio para las mediciones de morfometría.

### **3.3. Procedimientos de laboratorio**

En el laboratorio cada concha fue medida en cuanto a su longitud total, longitud de la apertura peristomal, ancho de la apertura peristomal, alto, grosor de la concha y rugosidad.

Para determinar la rugosidad se tomaron un total de 40 medidas de grosor, repartidas en 2 transectos localizados en el lado izquierdo del animal, uno cerca del extremo anterior y el otro cerca del extremo posterior. Considerando que la concha tiene rugosidades en dos sentidos perpendiculares entre si, en sentido longitudinal y transversal, en cada transecto se tomaron un total de 20 medidas en el primer cm desde el borde: 5 de valles en valles (valles transversales en los valles longitudinales), 5 de valles en crestas (valles transversales en las crestas longitudinales), 5 de crestas en valle (crestas transversales en los valles longitudinales) y 5 de crestas en crestas (crestas transversales en crestas longitudinales). Con los dos transectos se completaban 10 medidas de cada tipo, sumando un total de 40 medidas. De estas medidas de grosor se promediaban las tres medidas de mayor grosor por una parte, y las tres medidas de menor grosor por otra parte. Como medida de rugosidad se utilizó la diferencia de los dos promedios.

### 3.4.- Procesamiento de datos

#### 3.4.1.- Estimación de parámetros utilizando los resultados del marcaje

##### 3.4.1.1. Método de Quinn y Deriso

Si suponemos que un individuo  $i$  tiene una longitud  $L_{1i}$  en el tiempo  $t_{1i}$  al ser marcado/liberado y una longitud  $L_{2i}$  en el tiempo  $t_{2i}$  al ser recapturado, y si adoptamos el modelo de LVB para describir el crecimiento del loco

$$L(t) = L_{\infty} \left( 1 - e^{-K(t-t_0)} \right)$$

entonces, la longitud del individuo  $i$  en el momento del marcaje y de la recaptura será

$$L(t_{1i}) = L_{\infty} \left( 1 - e^{-K(t_{1i}-t_0)} \right) \text{ y } L(t_{2i}) = L_{\infty} \left( 1 - e^{-K(t_{2i}-t_0)} \right),$$

respectivamente. El cambio en longitud entre el marcaje y la recaptura estará dado por

$$L(t_{2i}) - L(t_{1i}) = L_{\infty} \left( e^{-K(t_{1i}-t_0)} - e^{-K(t_{2i}-t_0)} \right)$$

por lo que luego de una reordenación y factorización la longitud de un individuo al momento de la recaptura puede ser determinado en función de la longitud que tenía cuando fue marcado y liberado, dado los parámetros  $K$ ,  $L_{\infty}$  y el lapso de tiempo  $\Delta t_i = (t_{2i}-t_{1i})$ , como:

$$L(t_{2i}) = L_{\infty} \left( 1 - e^{-K\Delta t_i} \right) + L(t_{1i}) e^{-K\Delta t_i}$$

Los parámetros  $K$  y  $L_{\infty}$  fueron obtenidos mediante estimadores de máxima verosimilitud, minimizando la log-verosimilitud negativa

$$L(K, L_{\infty}, \sigma) = \frac{n}{2} \ln(\sigma^2) + \frac{RSSL}{2\sigma^2}$$

donde  $RSSL$  corresponde a la suma de los cuadrados de los residuales entre el  $L(t_2)$  observado y predicho,

$$RSSL = \sum_{i=1}^n \left( L(t_{2i}) - \hat{L}(t_{2i}) \right)^2$$

(Quinn y Deriso, 1999). Para ambos parámetros,  $K$  y  $L_{\infty}$ , se obtuvieron los límites de confianza mediante la matriz de co-varianza (inversa) de la suma de los productos de la derivadas parciales de  $K$  y  $L_{\infty}$  (Seber y Wild (1989).

### 3.4.1.2. Métodos del FISAT

Con el fin de comparar los resultados de diferentes aproximaciones metodológicas, los datos de individuos marcados y recuperados también se trabajaron con varias rutinas del FISAT (Gaynilo, et al., 1996). Las rutinas utilizadas fueron las siguientes:

- **Plot de Gulland y Holt:** para esto se grafican los valores de tasa de crecimiento, expresada en mm/día versus la talla media del individuo ((talla inicial + talla final)/2). Luego se estima la regresión, correspondiendo la pendiente  $-b=K$  y el intercepto (a) dividido por la pendiente  $(-a/b = L_{00}$ ; equivale al punto en que la curva cruza el eje x, siendo  $y=0$ ) a  $L_{00}$  de la función de crecimiento de von Bertalanffy (LVB) (Gulland and

Holt, 1959; Gayanilo et al., 1996; Gayanilo & Pauly, 1997). En la rutina de FISAT es posible fijar el valor de  $L_{\infty}$ , es decir forzar la regresión por ese punto del eje x, de tal modo que sólo se estima la pendiente o K. Los límites de confianza del K son los mismos de la pendiente, sólo que con signo opuesto.

- **Método de Munro:** en esta rutina, basada en Munro (1982) se estima los K y la varianza del K, utilizando diferentes valores de  $L_{\infty}$ , para los pares de valores de longitudes al inicio ( $L_t$ ) y al final ( $L_{t+\Delta t}$ ) del experimento de marcaje y recaptura. Para ello se utiliza la siguiente ecuación, la cual deriva de LVB:

$$K = [\ln(L_{\infty} - L_t) - \ln(L_{\infty} - L_{t+\Delta t})] / (t_{t+\Delta t} - t_t)$$

Se selecciona el  $L_{\infty}$  en el cual se minimiza la varianza de la estimación del K (Gayanilo et al., 1996; Gayanilo & Pauly, 1997).

- **Método de Appeldoorn:** en esta rutina, basada en Appeldoorn (1987), se utiliza la función de crecimiento con oscilación estacional de Somers (1988), que tiene la forma

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0) - (CK/2\pi) [\sin 2\pi(t-t_s) - \sin 2\pi(t_0-t_s)]}],$$
 en la cual  $L_t$ ,  $L_{\infty}$ , K, t y  $t_0$  son

los habituales de la función de LVB, incorporándose el parámetro C, que modula la intensidad de la oscilación estacional del crecimiento y  $t_s$ , que marca el inicio de la oscilación en relación a  $t_0$ .

Considerando  $S(t) = (CK/2\pi) \sin 2\pi(t - t_s)$

y  $S(t_0) = (CK/2\pi) \sin 2\pi(t_0 - t_s)$ , con lo cual la función de LVB con oscilación

estacional se puede reescribir como

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-[K(t-t_0) + S(t) - S(t_0)]}]$$

De acuerdo a esta ecuación, la longitud lograda por un individuo marcado tras un tiempo de libertad y recuperado, sería

$$L_{t+\Delta t} = L_\infty [1 - e^{-[K(t + \Delta t - t_0) + S(t + \Delta t) - S(t_0)]}]$$

La rutina en FISAT minimiza la suma de los cuadrados (SSE) del error, que es la diferencia entre el valor real del individuo recapturado y el valor estimado mediante esta función (Gayanilo et al., 1996; Gayanilo & Pauly, 1997). Cuando  $C=0$ , no hay oscilación estacional, y lo que se ajusta es la función de LVB estándar. Esto se hizo en este trabajo, a pesar de que las estimaciones con FISAT sugieren de existe un fuerte componente estacional en el crecimiento del loco.

### **3.4.2. Estimación de parámetros utilizando la serie de tiempo de estructuras de talla.**

En cada sitio de estudio se realizó en cada visita, además del marcaje y recuperación de animales marcados, un muestreo poblacional. De este modo se cuenta para cada sitio con una serie de tiempo de la estructura de talla. Estos datos permiten una estimación propia de parámetros de crecimiento. Para ello se utilizó la rutina ELEFAN I, incorporada en FISAT, como también se desarrolló un método propio.

#### **3.4.2.1. ELEFAN I**

ELEFAN I es una rutina que ajusta una curva de crecimiento, opcionalmente con oscilación estacional, a una serie de tiempo de estructuras de talla. El procedimiento

consiste en buscar el mejor ajuste, utilizando como índice de bondad de ajuste la relación entre la suma total de picos en la muestra y la suma de picos explicados por la curva. Para ese efecto la estructura de talla es reestructurada de tal manera que los picos (frecuencias mas altas que las frecuencias vecinas) son transformados en valores positivos, proporcionales en magnitud a su importancia y en forma análoga, los valles (frecuencias mas bajas que las frecuencias vecinas) son transformados en valores negativos, también en magnitud proporcional a su importancia. La suma total de picos resulta de la suma de todos los valores positivos en la muestra. A su vez, la suma de picos explicados por la curva resulta de la suma de todos los picos que son explicados por la curva, restando todos los valores de los eventuales valles por los que también pasa la curva. En síntesis, en lo esencial, el procedimiento consiste en seguir a través del tiempo las frecuencias máximas (que pueden o no representar cohortes) que existen en la muestra. De esta manera se acerca al experimento de marcaje, con la diferencia de que en este caso se siguen grupos en vez de individuos, siendo la marca del grupo su mayor frecuencia dentro de la población. El procedimiento aparece explicado en detalle en Gayanilo et al. (1996) y Gayanilo & Pauly, (1997).

En el presente trabajo se utilizó ELEFAN I solamente como un complemento a las estimaciones logradas mediante los individuos marcados y recapturados. Sólo se estimó con ELEFAN I el  $K$ , en un margen estrecho de búsqueda, fijando el  $L_{\infty}$  en cada caso en el valor obtenido a partir de los datos de marcaje y recaptura. También el  $C$  se mantuvo en  $C=0$ , es decir ajustando una función de crecimiento sin oscilación estacional. De esta manera el ajuste de ELEFAN I representa la extensión y corrección del  $K$  de los individuos al  $K$  promedio de la población de cada sitio de estudio.

### 3.4.2.2. Estimación de parámetros basado en series de tiempo de estructura de talla con método propio.

Fue desarrollado un método *ad hoc* para estimar los parámetros de crecimiento,  $K$  y  $L_\infty$ , mediante el seguimiento temporal de la estructura de talla de la población de locos en cada localidad y a través de todo el período de estudio. Este método fue una adaptación del procedimiento descrito en los experimentos de marcaje y recaptura y utiliza el mismo estimador de máxima verosimilitud. Todos los individuos recolectado en los  $n$  muestreos poblacional en los tiempos  $t_1, t_2 \dots t_{n-1}$  fueron puestos a crecer mediante el modelo LVB con una determinada combinación de parámetros  $K$  y  $L_\infty$ , y con un  $\Delta t$  correspondiente al lapso de tiempo entre el respectivo muestreo,  $t_i$ , y el correspondiente al del  $t_{i+1}$ . Posterior a cada combinación, las longitudes predichas fueron agrupadas en  $k$  marcas de clases de 1 mm dentro de cada tiempo  $t_i$  (estructura predicha), las que fueron comparadas, en términos de proporción, con la estructura de talla resultante del muestreo poblacional en el tiempo  $t_{i+1}$  (estructura observada). De este modo, los parámetros  $K$  y  $L_\infty$  fueron obtenidos minimizando la log-verosimilitud negativa

$$L(K, L_\infty, \sigma) = \frac{n}{2} \ln(\sigma^2) + \frac{RSSL}{2\sigma^2}$$

donde  $RSSL$  corresponde a la suma de los cuadrados de los residuales entre la proporción de una marca de clases  $j$  predicha en el tiempo  $t_i$ ,  $MCP_{t(i)j}$ , y la respectiva marca de clase observada en el tiempo  $t_{i+1}$ ,  $MCO_{t(i+1)j}$

$$RSSL = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^k (MCP_{t(i)j} - MCO_{t(i+1)j})^2.$$

Como queda en evidencia, el último muestreo poblacional sólo fue incluido como estructura de talla observada para el penúltimo muestreo.

### 3.4.3. Pruebas de Hipótesis

La comparación ya sea dentro de la escala espacial como en la temporal de las funciones de crecimiento fue realizada mediante la prueba  $F$ . Esta corresponde a la razón entre un modelo “completo” y uno “reducido”. El modelo “completo” consiste en mantener los parámetros por separado para cada uno de los “set” de datos a comparar obtenidos mediante los estimadores de máxima verosimilitud, mientras que el modelo “reducido” consiste en la obtención de parámetros comunes para el mismo conjunto de “set” de datos. Si el modelo “reducido” no es estadísticamente diferente del modelo “completo”, entonces el modelo reducido fue elegido como el mejor modelo (Quinn y Deriso, 1999). Considere que  $RSS_i$  sea la suma de los cuadrados de los residuales del ajuste del modelo de crecimiento con  $p$  parámetros del  $i$ th “set” de datos de  $n_i$  observaciones y  $f_i = n_i - p$  como los grados de libertad de los residuales, entonces la suma de los cuadrados para el modelo completo y los respectivos grados de libertad se obtienen como

$$RSS_x = \sum_{i=1}^R RSS_i \quad y \quad f_x = \sum_{i=1}^R f_i = n - Rp,$$

respectivamente, donde  $R$  es el número de set de datos a comparar y  $n$  al número total de observaciones. Los cuadrados medios de los residuales corresponden a

$$\hat{\sigma}_x^2 = RSS_x / f_x.$$

El modelo “reducido”, el que corresponde a la hipótesis nula de igualdad, es ajustado agrupando todos los “set” de datos y estimando un único conjunto de parámetros,

denotando como  $RSS_y$  a la suma de los cuadrados de sus residuales con  $f_y = n - p$  grados de libertad. El estadístico F usado en la prueba de hipótesis es referido como

$$F = \frac{RSS_y - RSS_x}{f_y - f_x} / \hat{\sigma}_x^2$$

con  $f_y - f_x = (R - 1)p$  grados de libertad del numerador y  $f_x = n - Rp$  del denominador. Cuando los “set” de datos a comparar fueron  $>2$  y estadísticamente diferentes, se hicieron comparaciones de “sub-set” de datos (Quinn y Deriso, 1999).

#### 3.4.4. Análisis de morfometría

En cada localidad, un número variable de ejemplares fueron muestreados para el estudio morfométrico de la concha, los que abarcaron todo el espectro de tallas de la respectiva población. Para cada uno de ellos se obtuvo el largo peristomal (LP), largo total (LT), ancho (An), alto (Al), grosor de la concha (G), peso de la concha (P) y rugosidad (R), esta última estimada como la diferencia máxima entre las crestas y los valles de la superficie de la concha. Las relaciones merísticas para las variables LT, An, Al, G y R fueron estimadas mediante funciones lineales y para la variable gravimétrica, P, mediante una función potencial, utilizando la longitud peristomal como la variable independiente. La hipótesis nula  $H_0: \beta = 0$  (pendiente no diferente a cero) fue probada mediante un ANOVA, mientras que para el conjunto de pendientes de una respectiva relación la prueba de hipótesis de igualdad fue realizada mediante un análisis de co-varianza seguido de la prueba *a posteriori* de Tukey cuando fueron detectadas diferencias significativas (Zar, 1996).

Las relaciones morfométricas entre las poblaciones fueron abordadas de la siguiente manera. En primer lugar, se realizó un análisis de conglomerados jerárquico mediante la técnica de agrupamiento UPGMA, utilizando la medida de distancia *Euclidiana* de la

magnitud de las pendientes de 5 relaciones, procedimiento que fue realizado utilizando el programa estadístico Systat 8.0. Fue excluida de este análisis la pendiente de la relación gravimétrica por varias razones, (i) porque el mejor ajuste de esta relación resultó ser siempre potencial (con una escala de variabilidad diferente), (ii) porque este componente de cantidad de carbonato de calcio está considerado en el grosor de la concha y (iii) porque en estricto rigor no es parte de la morfometría. En una segunda aproximación, para cada localidad se obtuvo mediante la respectiva función lineal el estimado de LT, An, Al, G y R para un individuo de 100 mm de longitud peristomal, realizando un análisis de conglomerado siguiendo la misma estrategia descrita más arriba. Esta segunda aproximación también fue realizada independientemente para los estimados de 80 mm, 60 mm y 40 mm de LP, estrategia que permitió visualizar los cambios ontogenéticos de las relaciones morfométricas entre las localidades.

### 3.4.5. Diseño de índice morfométrico como predictor del crecimiento

Para buscar un índice morfométrico, fue realizada una extensa exploración con el objeto de establecer qué o cuáles relaciones morfométricas describían en términos de una relación funcional el patrón morfológico a través del gradiente latitudinal. Esto, para posteriormente relacionarlos con el crecimiento.

Con el fin de analizar la relación entre las relaciones morfométricas que representaran de mejor manera la variabilidad morfológica y el crecimiento, este fue expresado en un único parámetro mediante  $\phi$ , en el cual

$$\phi = \log_{10}(K) + 2 * \log_{10}(L_{\infty})$$

(Munro and Pauly, 1983). Luego se graficaron las relaciones morfométricas de cada localidad versus su correspondiente  $\phi$ .

### 3.4.6. Transformación de Talla a Edad

#### 3.4.6.1. Método de Quinn y Deriso, 1999

La transformación de talla a edad fue realizada mediante un Análisis de Frecuencia de Longitudes basado en un modelo de máxima verosimilitud, el cual descompone desde una distribución global las distribuciones de edades constituyentes (Quinn y Deriso 1999). Este asume una función de densidad probabilística, basado en una distribución normal cuyos parámetros,  $\mu$  y  $\sigma$ , son desconocidos. Para cada grupo de edad, estos parámetros son estimados como:

$$\mu_a = L_\infty (1 - e^{-K(t_a - t_0)}) \quad \text{y} \quad \sigma_a = a + b\sqrt{t_a},$$

donde a y b son constantes y  $t_a$  la respectiva edad en años. La probabilidad que una medida L se encuentre en un intervalo l de un grupo de edad a está dada por

$$q_{al} = \frac{1}{\sigma_a \sqrt{2\pi}} \int e^{-0.5 \left( \frac{L - \mu_a}{\sigma_a} \right)^2} dl,$$

probabilidad que al ser multiplicada por la proporción de la respectiva edad dentro de la distribución global,  $p_a$ , y sumando los respectivo  $p_a q_a$  de un determinado l entrega la frecuencia predicha. La función de verosimilitud para maximizar la distribución multinomial que asume el método es

$$A = -2 \sum_{l=1}^n f_l \ln \left( \frac{\hat{f}_l}{f_l} \right).$$

Aquí,  $f_l$  y  $\hat{f}_l$  corresponde a la frecuencia observada y predicha, respectivamente y n al número de marca de clases (intervalos).

Al requerir como entrada el número de edades, el método estima  $K$  y  $L_\infty$  (parámetros desconocidos) mediante la minimización de  $A$ . Sin embargo,  $K$  y  $L_\infty$  fueron estimados para cada localidad mediante el método de marcaje-recaptura, por lo que son conocidos. Por otro lado, el método estima los valores de las constantes  $a$  y  $b$  necesarios para el cálculo de la desviación estándar para las respectivas edades, estimación que puede ser ignorada debido que se pudo deducir la varianza de cada grupo de edad. Esta aproximación se realizó mediante el modelo de Variación Individual en el Crecimiento (Sainsbury, 1980 en Quinn & Deriso, 1999), estimando la media  $\mu_T$  y la varianza  $\sigma_T^2$  para una edad  $T$  como:

$$\mu_T = \mu_\infty \left[ 1 - \left( 1 + \mu_K T \xi_K \right)^{-1/\xi_K} \right]$$

$$\sigma_T^2 = \sigma_\infty^2 \left\{ 1 - 2 \left[ 1 + (\mu_K T) \xi_K \right]^{-1/\xi_K} + \left[ 1 + (2\mu_K T) \xi_K \right]^{-1/\xi_K} \right\}$$

$$+ \mu_\infty^2 \left\{ \left[ 1 + (2\mu_K T) \xi_K \right]^{-1/\xi_K} + \left[ 1 + (2\mu_K T) (\xi_K / 2) \right]^{-1/(\xi_K / 2)} \right\}$$

donde  $\xi_K$  corresponde a  $\sigma_K^2 / \mu_K^2$ , parámetros que junto a  $L_\infty$  y  $\sigma_\infty^2$  son estimados desde la matriz de co-varianza del modelo usado para determinar los parámetros de crecimiento mediante marcaje-recaptura. Finalmente, el modelo alimentado con todos los parámetros obtenidos empíricamente entrega inmediatamente para el conjunto de marcas de clase la proporción de cada grupo de edad. Como ejemplo, este procedimiento fue aplicado para las 5 edades estimadas mediante el método ELEFAN I en el muestreo de Enero de 1999 de Lagunillas y para las 7 edades del muestreo de Septiembre de 1998 de Tocopilla.

### 3.4.6.2. Método propio

Considerando que el método anterior aparentemente exagera la varianza del crecimiento al utilizar directamente los datos de marcaje y recaptura, se desarrolló un método que usa el resultado de las estimaciones basadas en esos datos. Para cada sitio se cuenta, a través del marcaje y recaptura de los parámetros de Loo y K, y para cada uno su respectiva varianza. Se supone que la variabilidad de Loo y K presenta una distribución normal, siendo la media y la varianza los parámetros que caracterizan su forma. Considerando esto se remuestreó 1000 veces la distribución de cada uno de los parámetros, estimando con cada uno de los pares de parámetros así generados la talla media a cada edad, entre 1 y 10 años. A través de ello se obtuvo para cada edad una distribución probabilística de tallas, la cual resultó ser normal. Y basado en esa distribución se disectaron luego distribuciones de talla de diversos sitios: para Chanavayita se utilizó el muestreo de talla del presente proyecto, realizado en Diciembre 1998; para Los Vilos y Ancud se utilizaron distribuciones de talla de las capturas del año 1984, contenidas en Bustos et al. (1985). Para ello se determinó la proporción de cada edad dentro de marcas de clase de 5mm, proporción utilizada para separar en la distribución de tallas de cada sitio las respectivas edades dentro de cada marca de clase, reconstruyendo luego la composición por edades de la muestra.

#### 4.- RESULTADOS

A continuación se informará para cada sector los datos del muestreo y de los locos marcados, entregando un resumen de los datos obtenidos. Para cada muestreo se entregará las respectivas estimaciones de parámetros de crecimiento obtenidos en base a los datos recogidos. Los sitios se ordenan de Norte a Sur. La información general se resume en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Resumen de sitios de estudio : región, fecha de muestreo y marcaje, número de individuos capturados y número de individuos marcados.

Lugar	Región	Número de visitas	Número de individuos marcados	Número marcados
Caleta Chanavayita	I	5	671	70
Caleta Punta Arenas	II	5	633	39
Chañaral de Aceituno	III	2	62	0
Punta Choros	IV	5	380	4
Playa Temblador	IV	5	275	26
Punta Lagunillas	IV	5	681	60
Punta Lengua de Vaca	IV	5	408	56
Ancud	X	5	747	91
Puñihuil	X	5	744	21
Magallanes	XII	3	585	194
<b>TOTAL</b>			<b>5186</b>	<b>561</b>

De acuerdo a los datos de la Tabla 4.1, la tasa de recuperación promedio es de 10.8%. Sin embargo, si no consideramos Magallanes, en que fue extraordinariamente alta,

la tasa general baja a 8%, fluctuando para los diferentes sitios entre 2.8 y 13,7%. En Magallanes fue de 33,2%.

#### 4.1.- Caleta Chanavayita (II Región).

En este lugar se realizaron 5 visitas en total, marcando un total de 671 individuos en cuatro oportunidades, y buscando individuos marcados en otras cuatro oportunidades. Sólo en tres visitas se lograron recuperar un total de 70 individuos marcados (Tabla 4.2). Ello representa una recaptura del 10,4%, perteneciendo la mayoría de los individuos recapturados a las tres últimas visitas.

Tabla 4.2. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Caleta Chanavayita.

Individuos Marcados		Individuos Recapturados				
Fecha	Número	29/9/98	16/12/98	20/3/99	1/7/99	Total
24/6/98	101	0	0	0	0	0
29/9/98	170	-	2	5	1	8
16/12/98	200	-	-	52	3	55
20/3/99	200	-	-	-	7(+8)*	7
<b>Total</b>	<b>671</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>57</b>	<b>11</b>	<b>70</b>

\* el número entre paréntesis indica el número de individuos marcados, de los cuales se recuperó sólo la concha (muertos).

El primer muestreo en Caleta Chanavayita, se realizó en un pequeño bajo, cerca de la costa. Era un bajo con abundantes cirripedios. Los individuos, una vez marcados, fueron liberados en otro bajo similar, cercano a la Caleta. No fue posible volver a encontrar ese lugar. Por tanto, en lo sucesivo se trabajó en otro bajo de mayor tamaño,

localizado lejos de la costa, que se levantaba desde un fondo a aproximadamente 25 a 30 m de profundidad, hasta pocos metros de la superficie. El bajo estaba cubierto de cirripedios. Los individuos, una vez marcados, eran devuelto y mantenidos en el mismo bajo.

Durante el tiempo en que se realizó el seguimiento del crecimiento de los individuos marcados, la temperatura, registrada en el sector de fondeo de la caleta Chanavayita a aproximadamente 3 m de profundidad entre Septiembre 1998 y Junio 1999, mostró fluctuaciones entre 14 y 18°C, no mostrando una estacionalidad muy evidente (Fig. 4.1).

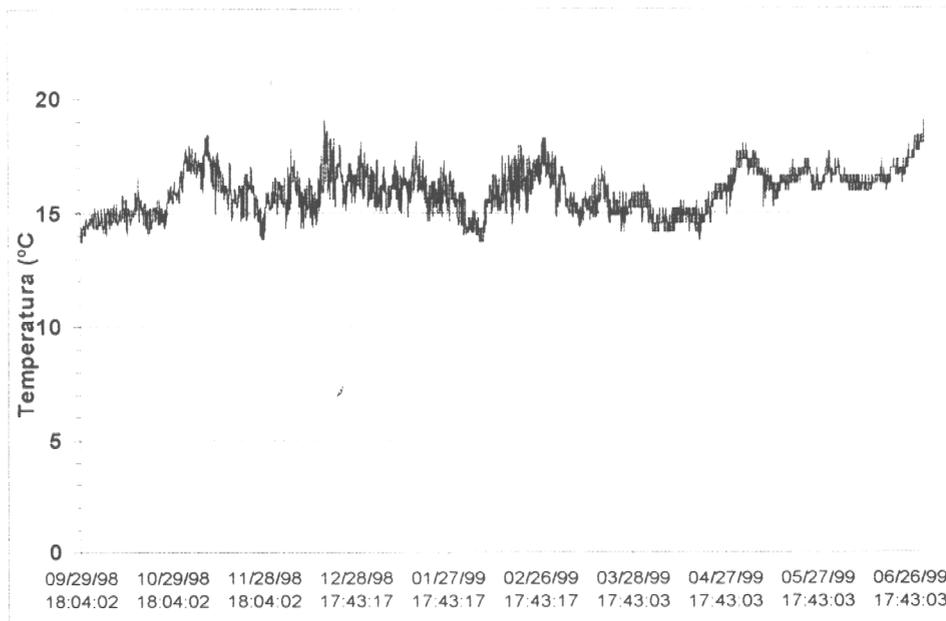


Figura 4.1. Variación de temperatura en Caleta Chanavayita

La población muestreada en Chanavayita presentó tallas entre 20 y 100 mm de diámetro peristomal (LP)(Fig. 4.2. Dependiendo del momento de muestreo, la mayor parte de los individuos presenta tallas entre 40 y 80 mm de LP. Debido a ello también los individuos marcados y recapturados en el lugar se encuentran mayoritariamente en ese rango de talla (ver Fig. 4.3). Cabe hacer notar que poco antes del muestreo de Julio 1999 un buzo sacó en forma clandestina la mayor parte de los locos que estaban en el lugar de

estudio, modificando con ello la estructura de tallas de la población. Comparando la estructura de talla de Marzo 1999 con aquella de Julio 1999 se observa que la extracción clandestina fue principalmente de los individuos de mayor talla.

Sobre la estructura de talla se ha graficado la curva de crecimiento estimada para la especie sobre la base de los individuos marcados, con un  $L_{\infty}=108$  y  $K=0,286$ . En esta estimación se fijó el  $L_{\infty}$  en el valor que resulta común para toda la zona Norte (Tabla 4.14). Al dejar que el programa estime libremente el  $L_{\infty}$ , este resulta ser  $L_{\infty}=103$ , con un  $K=0,321$  (Tabla 4.11).

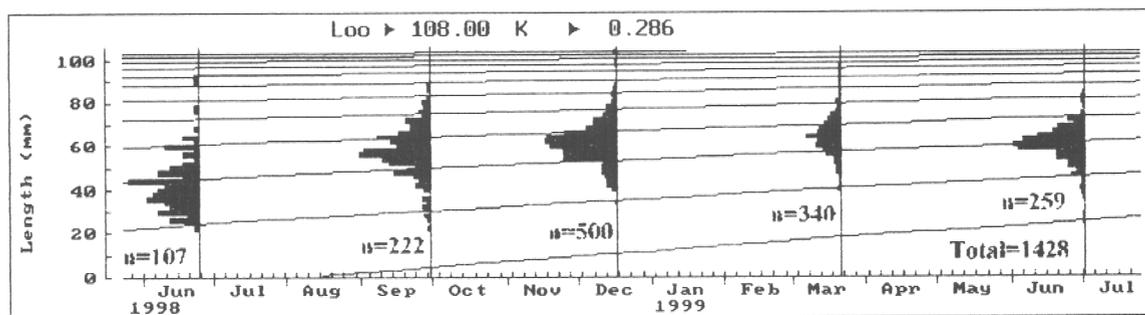


Figura 4.2. Estructura de talla de la población de locos en Caleta Chanavayita (I Región) con curva de crecimiento.

La estimación de parámetros, fijando el  $L_{\infty}=108$  es coincidente en los diferentes métodos de estimación, con sólo pequeñas diferencias, las cuales sin embargo están dentro de los límites de confianza de la estimación (comparar los valores de la Fig. 4.3 con la Tabla 4.14.). También la estimación, utilizando Elefan para ajustar parámetros de crecimiento a la estructura de talla, resulta en  $K=0.29$ , manteniendo fijo  $L_{\infty}=108$ . Ello demuestra que la estimación, utilizando los datos de individuos marcados, representa muy bien también lo que sucede en promedio en la población, integrando en mayor grado la variabilidad entre individuos.

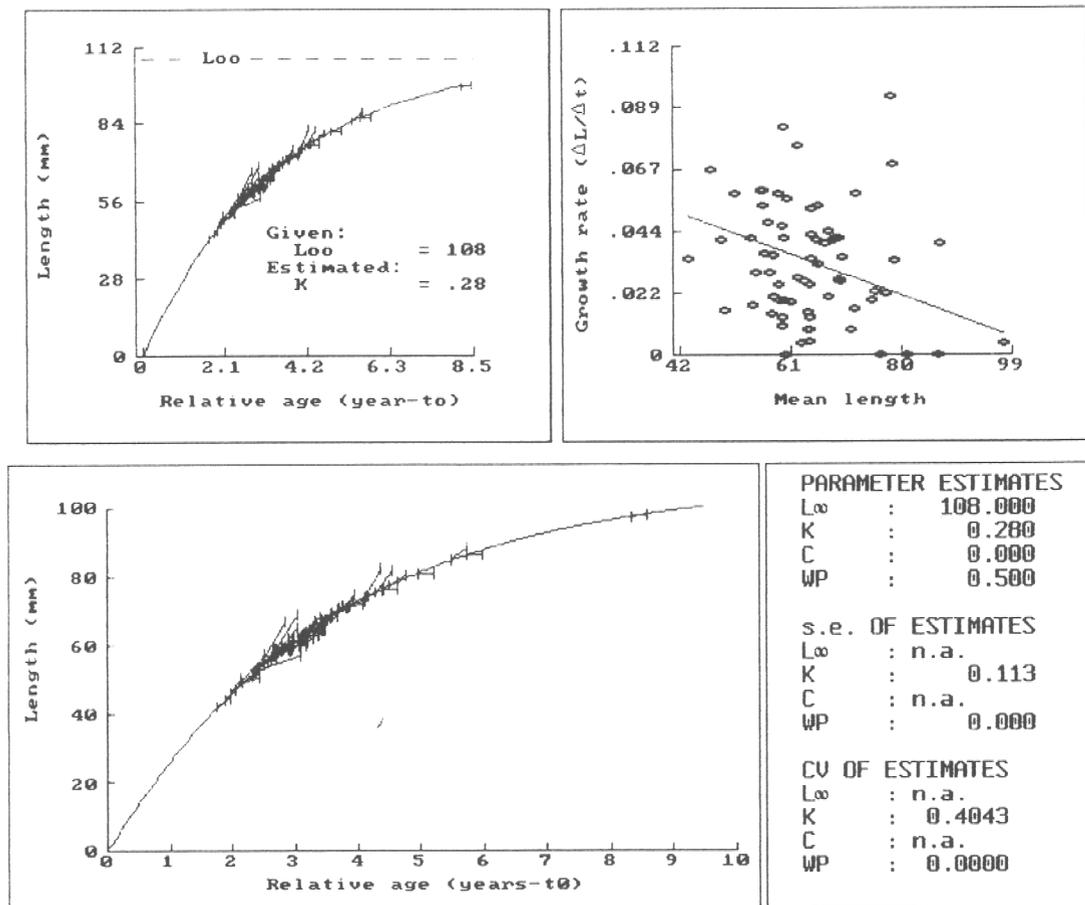


Figura 4.3. Estimación de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Chanavayita. En ambos casos el  $L_{\infty}$  se fijó en  $L_{\infty}=108$ .

De acuerdo a estos parámetros de crecimiento, los individuos, en promedio, difícilmente logran la talla mínima de captura de 100mm, alcanzándola recién a aproximadamente los 10 años de edad (ver Fig. 4.3). No obstante, los límites de confianza del  $L_{\infty}$  (Tabla 4.14), señalan que esta talla podría llegar hasta los 131 mm de longitud peristomal. Sin embargo, en todo el muestreo realizado en el presente trabajo, de

los 1428 individuos capturados y medidos, sólo tres individuos (0,2%) tenían una talla por sobre los 100 mm de longitud peristomal. Y esto, a pesar de que el muestreo se realizó al interior de un área de manejo, en el cual, con la sola excepción del mes previo al último muestreo en Julio 1999, no ha habido captura de locos por al menos un año. Generalmente un año sin capturas es suficiente para que aparezcan las tallas más grandes en una población local de locos (ver por Ejemplo Stotz 1997). Esto representa una buena prueba de que la talla mínima de 100 mm es una talla que esta poblacione dificilmente logra.

#### **4.2.- Tocopilla - Caleta Punta Arenas (II Región).**

En esta caleta se realizaron un total de 5 muestreos, marcando un total de 633 individuos en los primeros cuatro. Sólo en tres oportunidades se lograron recuperar un total de 39 individuos marcados (Tabla 4.3), representando el 6,2% del total de individuos marcados. De acuerdo a lo señalado por miembros de la caleta, antes del muestreo de marzo 1999, en el cual no fue posible recuperar ningún individuo marcado, hubo buzos trabajando en forma clandestina en el lugar en que se habían dejado los locos marcados en las fechas anteriores. Además en esa oportunidad también se perdió el boyarín que marcaba el bajo, por lo que tampoco se logró volver a encontrar el bajo.

En Caleta Punta Arenas se trabajó en el área de manejo de la caleta, en un fondo compuesto por bajos planos, de poca altura, los cuales estan cubiertos por completo por un banco de cholga que se sitúa entre los discos adhesivos del huiro *Macrocytis sp.* que forma un bosque de gran altura por sobre el fondo. Sin embargo, al iniciar el trabajo en agosto 1998 había muy pocas algas, las que de acuerdo a los pescadores, desaparecieron por el

Tabla 4.3. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Caleta Punta Arenas (II Región).

Individuos Marcados		Individuos Recapturados				
Fecha	Número	26/9/98	15/12/98	19/3/99	30/6/99	Total
9/8/98	200	15 (+7)*	5 (+1)	0	0	20
26/9/98	200	-	9 (+4)	0	0	9
15/12/98	141	-	-	0	0	0
19/3/99	92	-	-	-	10	10
<b>Total</b>	<b>633</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>39</b>

\* Los números entre paréntesis representan conchas vacías (o animales muertos) con marca

fenómeno del Niño. Sin embargo, en el curso del año, el bosque se recuperó por completo. El sitio de trabajo estaba entre 12 y 15 m de profundidad. Como después de la tercera visita se perdió el boyarín que se había colocado de marca no fue posible volver a encontrar el mismo bajo liberando en esa oportunidad los nuevos individuos marcados en un nuevo bajo.

Durante el tiempo en que se realizó el seguimiento del crecimiento de los individuos marcados, la temperatura, registrada en el sector de fondeo de la caleta Punta Arenas entre Agosto 1998 y Junio 1999, a aproximadamente 8 m de profundidad, varió entre 13 y 16, presentando fluctuaciones periódicas, sin mostrar una estacionalidad aparente (Fig. 4.4).

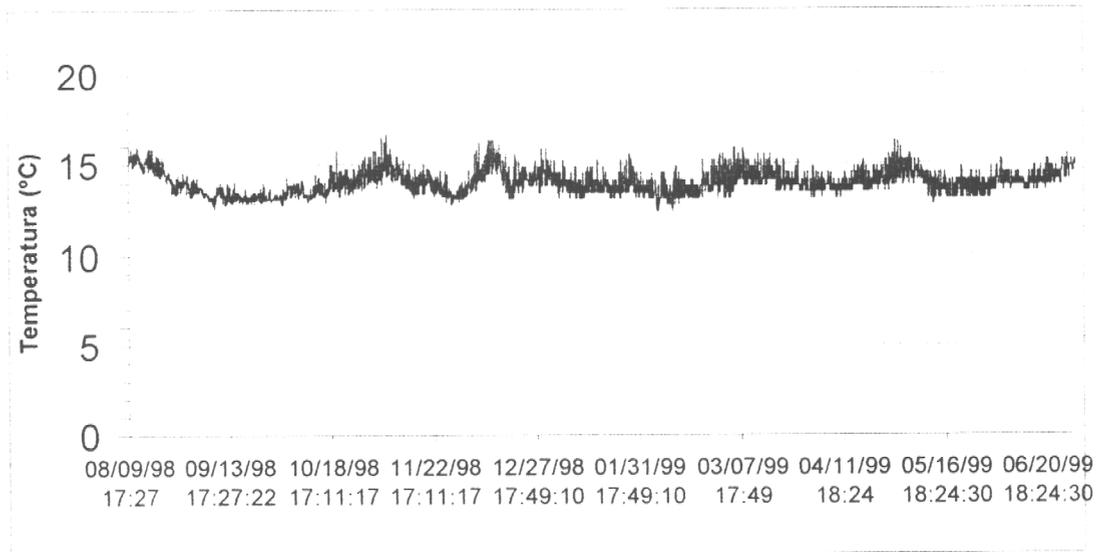


Figura 4.4. Variaciones de temperatura en Caleta Punta Arenas (Tocopilla)

La estructura de talla de la población muestreada en este lugar presenta individuos entre 30 y 90 mm de LP (Fig. 4.5). Dependiendo del momento de muestreo, la mayoría se presenta en el rango de talla de 40 a 80 mm de LP. Producto de ello, también la mayoría de los individuos marcados y recapturados en este lugar se encuentran en ese rango de talla (Fig. 4.6).

Sobre la estructura de talla se ha graficado la curva de crecimiento estimada para la especie en base a los individuos marcados, con un  $L_{\infty}=108$  y  $K=0,228$ . En esta estimación se mantuvo fijo el  $L_{\infty}$  en el valor que resulta común para la zona Norte (Tabla 4.14). Al dejar que el programa estime libremente el  $L_{\infty}$ , este resulta  $L_{\infty}=123,1$  y  $K=0,17$  (Tabla 4.11).

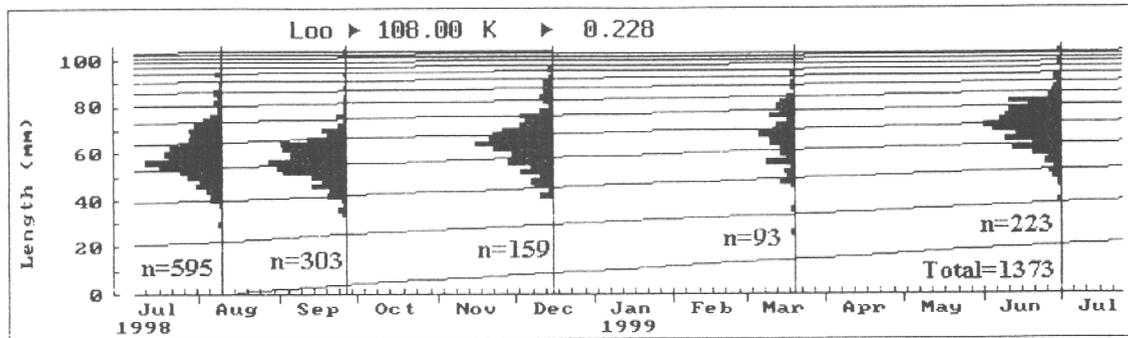


Figura 4.5. Estructura de talla de la población de locos en Caleta Punta Arenas (II Región) con curva de crecimiento.

La estimación de parámetros, fijando el  $L_{\infty}=108$  resulta muy similar al utilizar otros métodos de estimación (Fig. 4.6) y los valores están en el marco de los límites de confianza (ver Tabla 4.14). La estimación, utilizando Elefan para ajustar parámetros de crecimiento a la estructura de talla, con un  $K=0,242$ , manteniendo  $L_{\infty}=108$  también resulta en el marco de los límites de confianza. Ello demuestra que la estimación mediante los datos de individuos marcados, a pesar de su reducido número, representa bien la variabilidad entre individuos. Esto último, considerando que la estructura de talla integra esa variabilidad entre individuos para toda la población.

De acuerdo a los parámetros de crecimiento estimados para este lugar, al igual que para Chanavayita, en promedio difícilmente logran llegar a la talla mínima de captura de 100 mm, alcanzándola recién en cerca de 15 años (Fig. 4.7). No obstante, de acuerdo a los límites de confianza de la estimación, el  $L_{\infty}$  podría llegar a 151 mm de longitud peristomal. Sin embargo en todo el muestreo realizado en el presente trabajo, de los 1373 individuos capturados, sólo 4 tenían talla por sobre 100 mm, representando un 0,3%.

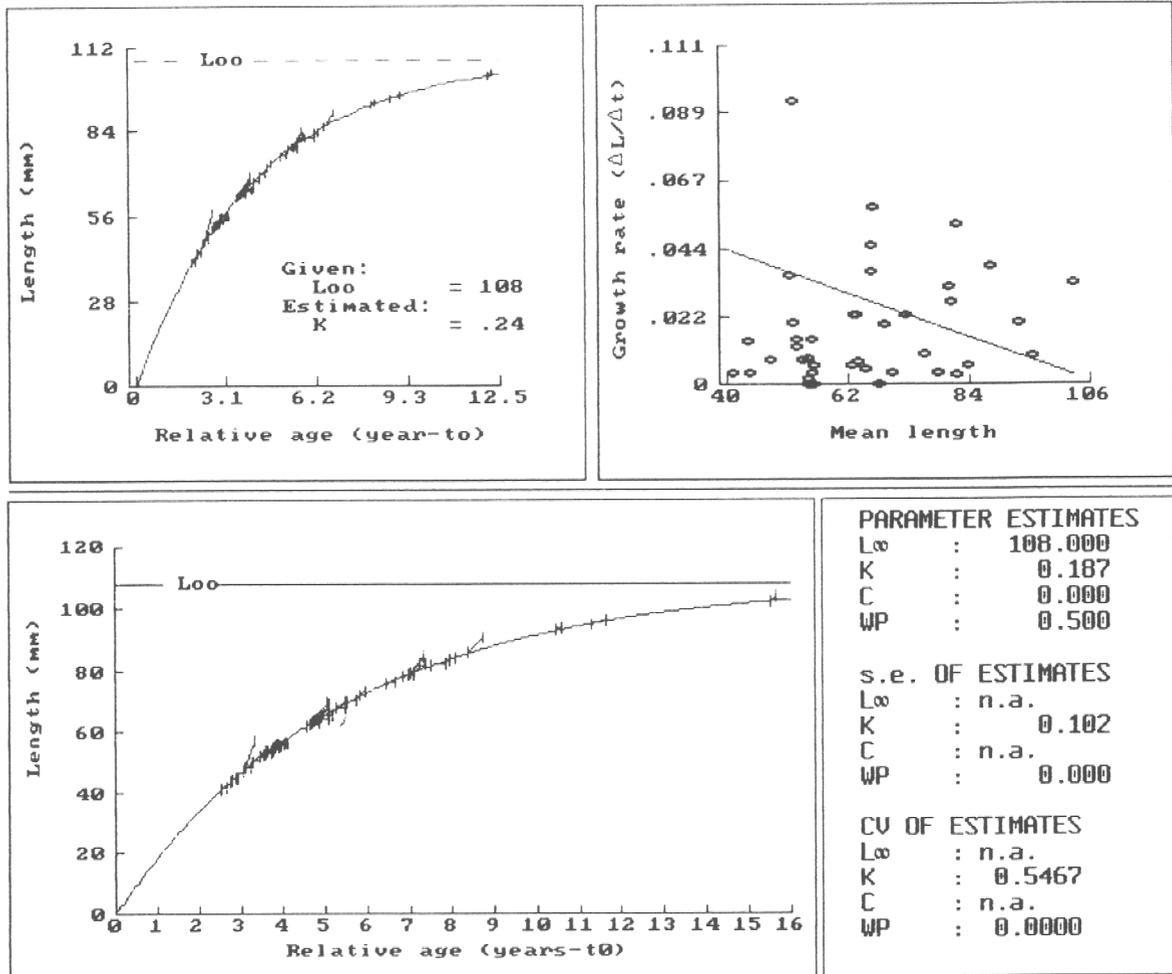


Figura 4.6. Ajuste de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Calleta Punta Arenas (Tocopilla). En ambos casos el  $L_{\infty}$  se fijó en  $L_{\infty}=108$ .

### 4.3. Chañaral de Aceituno y Punta Choros

En estos dos sitios, el éxito de recaptura de individuos marcados fue prácticamente nulo. En Chañaral de Aceituno además resultó muy difícil siquiera lograr una buena muestra para obtener una estructura de talla. Esto se debe principalmente a que en estos lugares existe una fuerte presión de extracción, la cual no respetó nuestros estudios. Por estas razones se discontinuó el trabajo en estos sitios, lográndose pocos datos útiles para estimar el crecimiento de la especie en esta parte de la costa.

#### Chañaral de Aceituno

En este lugar se lograron encontrar muy pocos locos en la primera visita, marcando tan solo 62 individuos. En una segunda visita no se logró encontrar ninguno de los individuos marcados, como tampoco nuevos individuos para marcar, por lo cual se discontinuó el trabajo en este sitio. En la Figura 4.7 se muestra la estructura de talla de los individuos marcados en la primera visita.

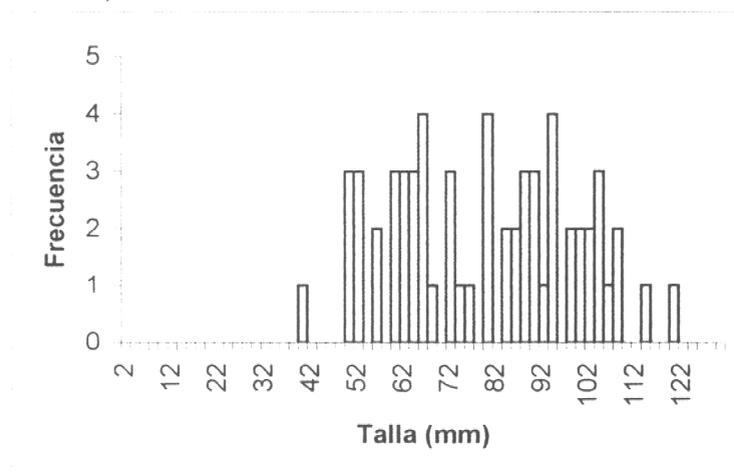


Figura 4.7. Estructura de talla de individuos de loco marcados en Caleta Chañaral de Aceituno.

### Punta Choros

En este sitio se marcaron un total de 382 individuos, recuperando sólo 4 individuos marcados en todo el período de estudio (Tabla 4.4), lo cual representa un 1%. Las estructuras de talla de los individuos marcados en cada una de cuatro campañas en que se marcaron individuos, se muestra en la Figura 4.8. En ella se ha dibujado una curva de crecimiento, utilizando para ello los parámetros de crecimiento del límite superior de los límites de confianza de la estimación de parámetros estimados para la zona norte en su conjunto (mas adelante se mostrarán los fundamentos del porque este lugar se agrupa con los lugares de muestreo de la zona norte). Los datos propios del sitio no permiten una estimación independiente de parámetros. En la Fig. 4.9 se muestran los datos de los cuatro individuos marcados y recuperados, incluyendo un ajuste con el método de Munro, en el cual el Loo se fijó en  $L_{oo}=124,8$  mm (límite de confianza superior de la estimación de este parámetro para la zona norte, ver Tabla 4.14). El K que resulta de esa estimación ( $K=0,28$ ) está dentro de los límites de confianza de la estimación de parámetros para la zona norte en su conjunto.

Tabla 4.4. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Punta de Choros (IV Región).

Individuos Marcados		Individuos Recapturados				
Fecha	Número	15/11/98	7/12/98	9/2/99	12/6/99	Total
5/8/98	113	0	0	0	0	0
15/11/98	56	-	0	0	0	0
7/12/98	120	-	-	2	0	2
9/2/99	93	-	-	-	2	2
<b>Total</b>	<b>382</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

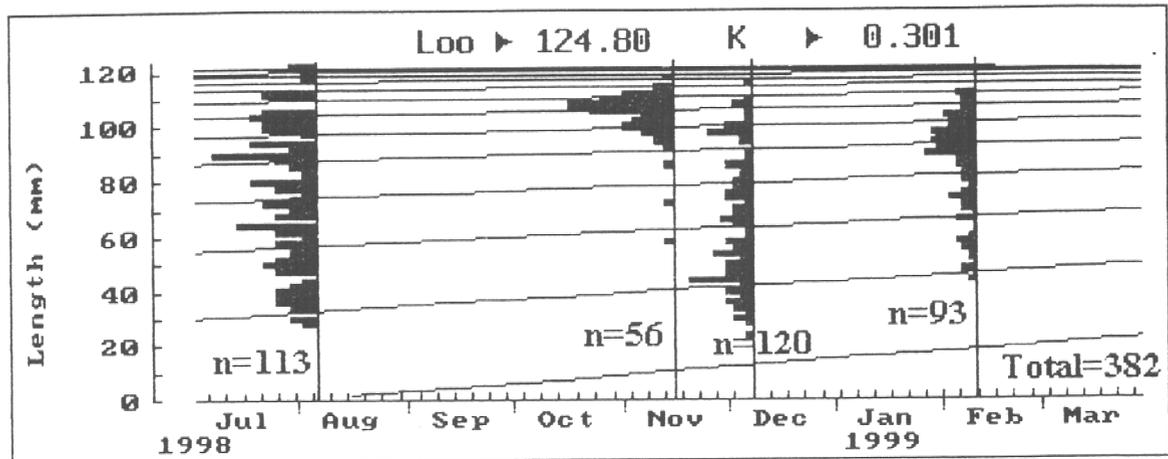


Figura 4.8. Estructura de talla de los locos marcados en Punta Choros.

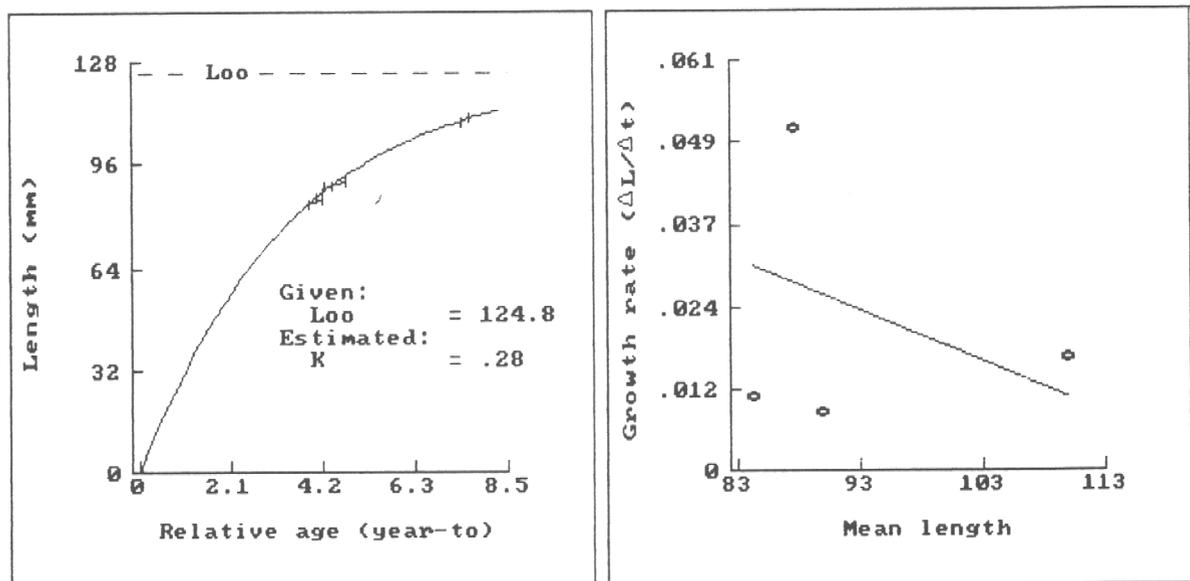


Figura 4.9. Estimación de parámetros con el método de Munro. El Loo se fijó en Loo=124,8 mm, K resulta de la estimación.

#### 4.4.- Playa El Temblador (IV Región).

En este lugar se realizaron 5 muestreos. En los primeros cuatro se marcaron un total de 275 individuos, de los cuales se lograron recuperar un total de 24 individuos en las cuatro visitas de búsqueda, lo cual representa una recaptura del 9,5% (Tabla 4.5 ).

Tabla 4.5 Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Playa Temblador (IV Región).

Individuos Marcados		Individuos Recapturados				
Fecha	Número	18/10/98	7/1/99	29/4/99	14/7/99	Total
10/7/98	144	6	7 (+3)	2	1	16
18/10/98	52	-	-	1	-	1
7/1/99	40	-	-	2	1	3
29/4/99	91	-	-	-	6	6
<b>Total</b>	<b>275</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>26</b>

El fondo del lugar de estudio, localizado en la punta que limita hacia el norte la Playa Temblador, se caracteriza por grandes cantos rodados, cubiertos por un denso bosque de *Lessonia trabeculata*. En la superficie de las rocas y por debajo de las piedras que se logran voltear, existían parches de cirripedios. Los individuos fueron capturados en un área amplia, de aproximadamente una hectárea, y una vez marcados, liberados en una roca de gran tamaño ubicada a aproximadamente 8 m de profundidad.

Durante la segunda mitad del período de muestreo, entre enero y julio de 1999, se registró la temperatura en el mismo punto en el cual se mantuvieron los individuos marcados. La temperatura fluctuó en los meses de verano entre 14 y 19°C, mientras que en los meses de otoño e invierno se mantuvo entre 13 y 15°C (Fig. 4.10).

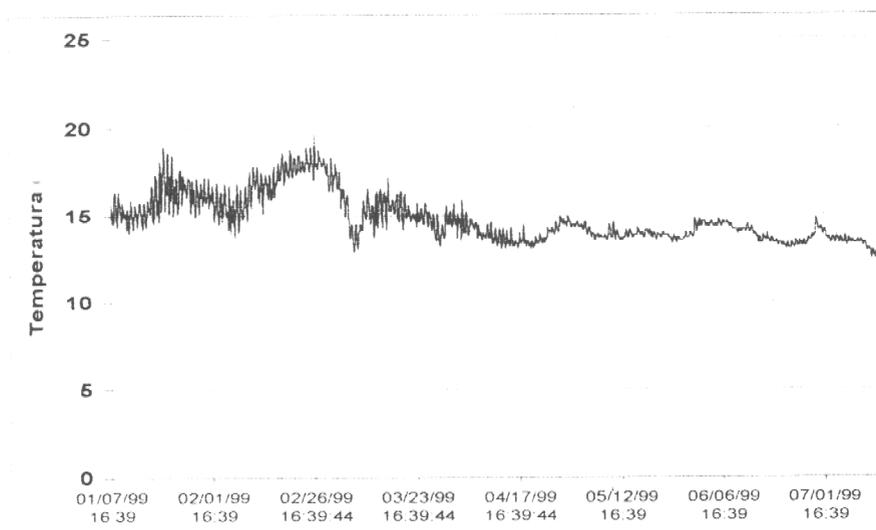


Figura 4.10. Variaciones de la temperatura en playa El Temblador

La población de Playa Temblador presenta individuos entre 15 y hasta 120 mm de LP (Fig. 4.11). A su vez, los 26 individuos recapturados cubren un rango de tallas de 30 mm hasta 110 mm de LP (Fig. 4.12).

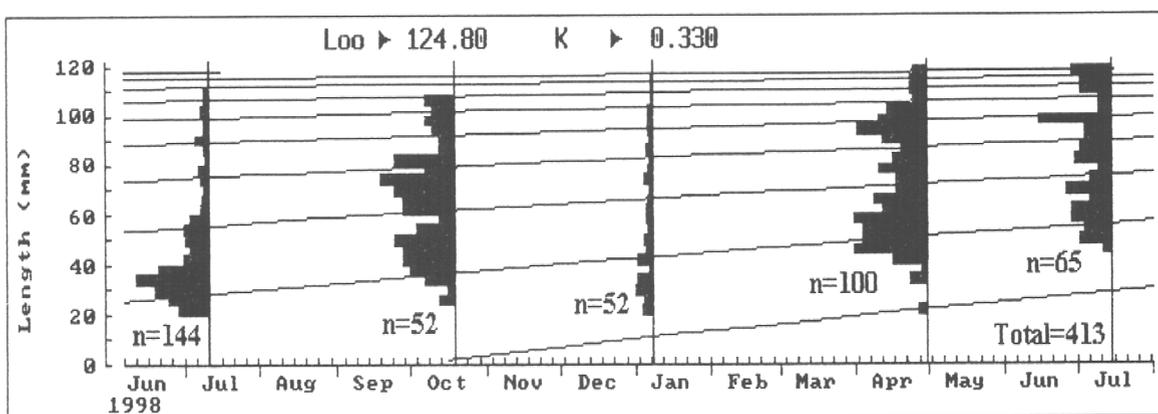


Figura 4.11. Estructura de talla de la población de locos en Playa Temblador (IV Región).

Sobre las estructuras de tallas se ha dibujado la curva de crecimiento que resulta del ajuste realizado con Elefan, manteniendo el  $L_{\infty}=124,8$  mm constante. Este  $L_{\infty}$  representa el límite superior de confianza de la estimación realizada para la zona Norte en su conjunto en base a los individuos marcados-recapturados (Tabla 4.14). El K estimado de esta manera es mas alto que el promedio estimado mediante el análisis de los individuos

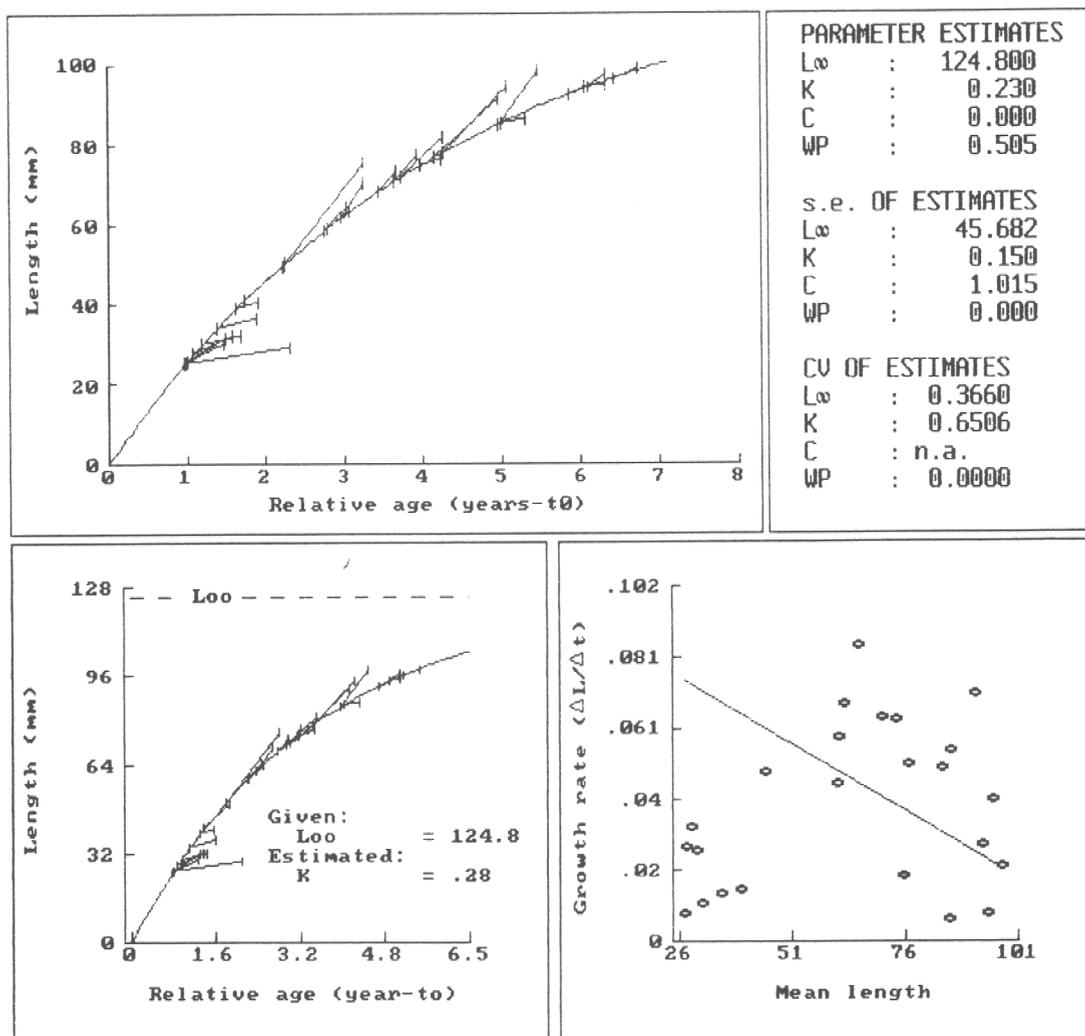


Figura 4.12. Ajuste de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Playa Temblador. En el caso de Appeldoorn se le puso como límite superior a  $L_{\infty}=124,8$  mm, en el caso de Munro se fijó en  $L_{\infty}=124,8$  mm.

marcados, pero está dentro de los límites de confianza estimados para este parámetro (Tabla 4.14). A su vez, el ajuste con otros métodos estima parámetros algo mas bajos en cuanto a K (Fig. 4.12). De acuerdo a los parámetros de crecimiento estimados, los individuos, en promedio demoran entre 5 (estimación con Elefan) y 7 años de edad.

#### 4.5.- Punta Lagunillas (IV Región).

En este sitio se realizaron cinco muestreos, marcando un total de 681 individuos, de los cuales se lograron recapturar en cuatro buceos de búsqueda, un total de 60 individuos (Tabla 4.6). La recuperación por tanto representa el 8,8%.

Tabla 4.6. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Punta Lagunillas.

Individuos Marcados		Individuos Recapturados				
Fecha	Número	20/10/98	4/1/99	8/4/99	16/7/99	Total
24/7/98	208	2	9	1	2	14
20/10/98	129	-	20	2	3	25
4/1/99	200	-	-	7	3	10
8/4/99	144	-	-	-	11	11
<b>Total</b>	<b>681</b>	<b>2</b>	<b>29</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>60</b>

En este sitio el fondo se caracteriza por rocas macizas, intercaladas con áreas con grandes cantos rodados y todo cubierto por un denso bosque de *Lessonia trabeculata*. Las

superficies de las rocas, alrededor de los discos de adhesión del alga, presentan parches de cirripedios. Los muestreos en este sitio se realizaron en profundidades entre 2-12 m, liberando los individuos marcados en una roca ubicada a 6 m de profundidad.

Durante el primer período del experimento, en que se registró la temperatura, esta fluctuó entre 12 y 15 °C en los meses de invierno, fluctuando durante primavera verano entre 15 y 18°C (Figura 4.13). El sensor puesto en el lugar en que se liberaban los individuos marcados, después de Enero fue robado, por lo que no hay registro de temperatura de la segunda parte del experimento.

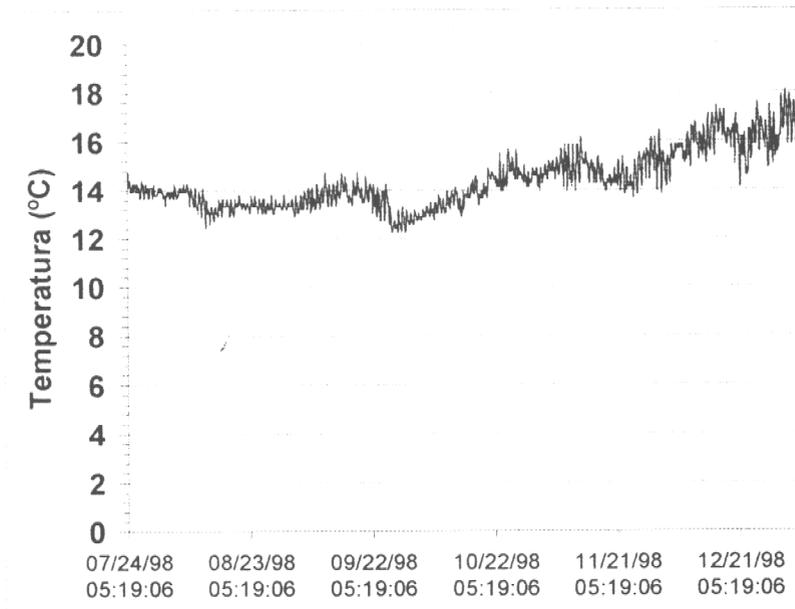


Figura 4.13. Variaciones de temperatura en Punta Lagunillas.

La población muestreada el sector de Punta Lagunillas comprende individuos entre 20 y 110 mm de LP (Fig. 4.14), con la mayor abundancia en el rango 40 a 80 mm LP. Consecuentemente, los individuos marcados y recapturados también están mejor representados en ese rango de tallas (Fig. 4.15).

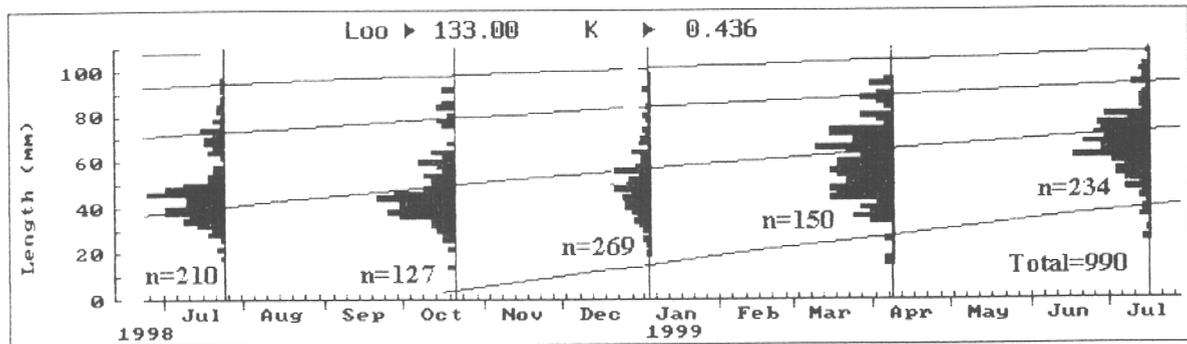


Figura 4.14. Estructura de talla de la población de Punta Lagunillas (IV Región) mostrando un ajuste de curva de crecimiento.

Respecto a la estructura de talla de esta población cabe hacer notar que está dominada por individuos reclutados al bentos a fines de 1997, los cuales mantienen su predominio aun en Julio 1999, siendo el reclutamiento ocurrido a fines de 1998 evidentemente de menor importancia (Fig. 4.14).

Sobre la estructura de talla en la Figura 4.14 se ha graficado la curva de crecimiento, la cual resulta de una estimación con Elefan, pero manteniendo  $L_{\infty}=133$  constante y dando a la estimación de  $K$  un muy estrecho margen de búsqueda. El  $L_{\infty}=133$  mm es el que se estimó en base a los individuos marcados y recapturados (Tabla 4.14). Las otras estimaciones realizadas, utilizando los datos de individuos marcados y recapturados, llega a resultados de un crecimiento mas lento con Appeldoorn, y mas rápido con Munro (Fig. 4.15). En ambos casos las estimaciones están levemente por debajo o por encima, respectivamente, de los límites de confianza para el  $K$  (ver Tabla 4.14).

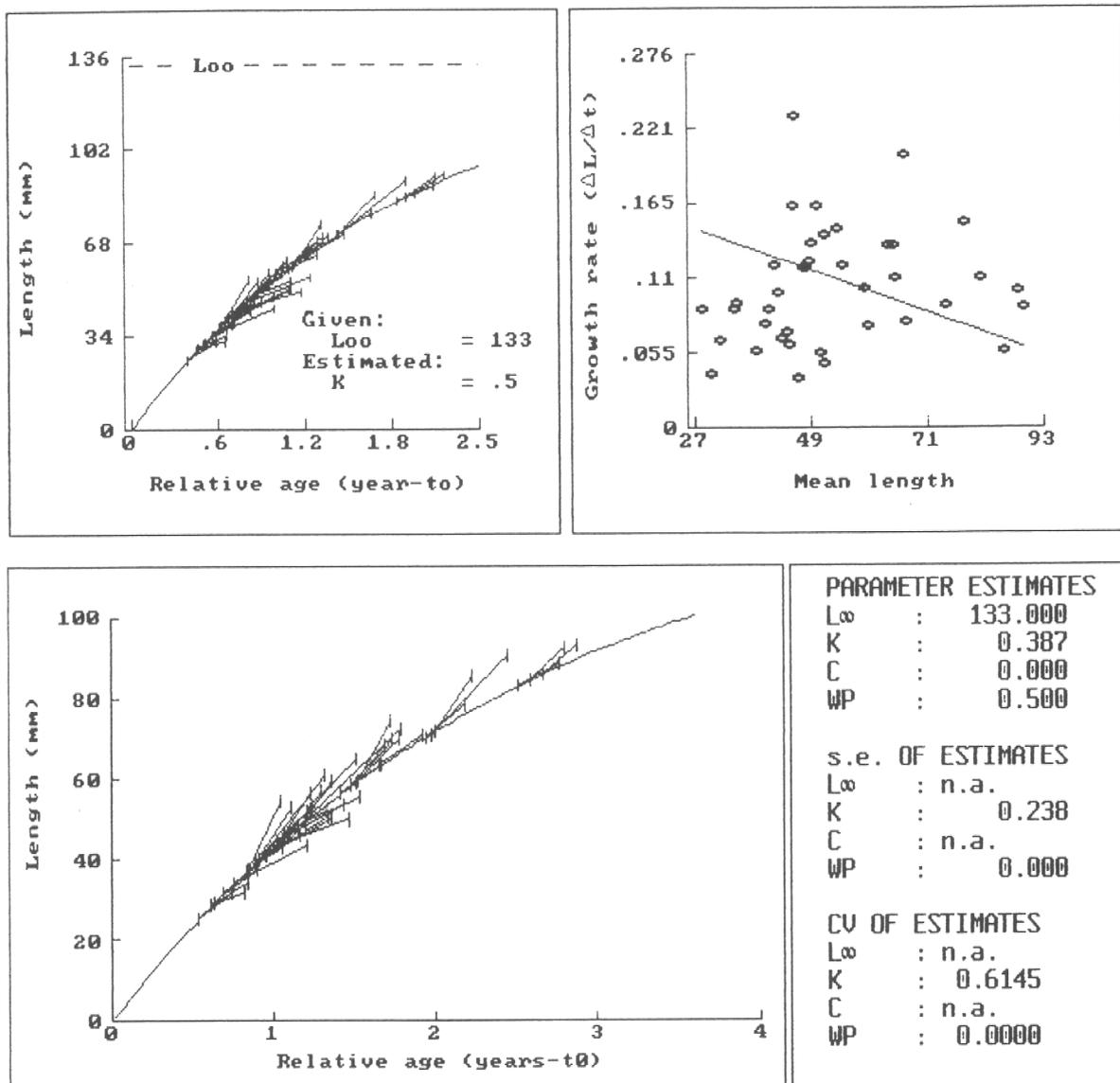


Figura 4.15. Estimación de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Punta Lagunillas. En ambos casos el  $L_{\infty}$  se fijó en  $L_{\infty}=133$  y sólo K es resultado de ajuste.

De acuerdo a las diferentes estimaciones de parámetros de crecimiento, el loco en este sitio demora entre 3 y 4 años para lograr la talla legal de captura de 100 mm.

#### 4.6.- Punta Lengua de Vaca (IV Región).

En este sitio se han realizado 6 muestreos hasta la fecha, marcando un total de 408 individuos en cinco de ellos y recapturando en cuatro de ellos 56 (Tabla 4.7). Esto representa una recuperación del 13,7%.

Tabla 4.7. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Punta Lengua de Vaca.

Individuos Marcados		Individuos Recapturados				
Fecha	Número	22/10/98	6/1/99	30/4/99	19/7/99	Total
6/8/98	55	15	6	-	1	22
12/8/98	66	5	-	-	-	5
22/10/98	93	-	3	-	-	3
6/1/99	99	-	-	7	5	12
30/4/99	95	-	-	-	14	14
<b>Total</b>	<b>408</b>	<b>20</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>20</b>	<b>56</b>

En este sitio se realizaron los muestreos de locos en un gran bajo localizado pegado a la costa y en sus alrededores, en profundidades entre 3 y 8 m. El bajo estaba cubierto principalmente por cirripedios. Alrededor del bajo el fondo se caracteriza por grandes cantos rodados cubiertos por un bosque de *Lessonia trabeculata*. Los individuos, una vez marcados, eran devueltos a los pies del bajo, a aproximadamente 8 m de profundidad.

Durante el tiempo en que se realizó el experimento, la temperatura registrada en el mismo sitio en el cual se liberaban los locos marcados, mostró un gradual y fluctuante aumento desde Agosto 1998 hasta Febrero 1999, después de lo cual mostró denuovo una gradual disminución (Fig. 4.16).

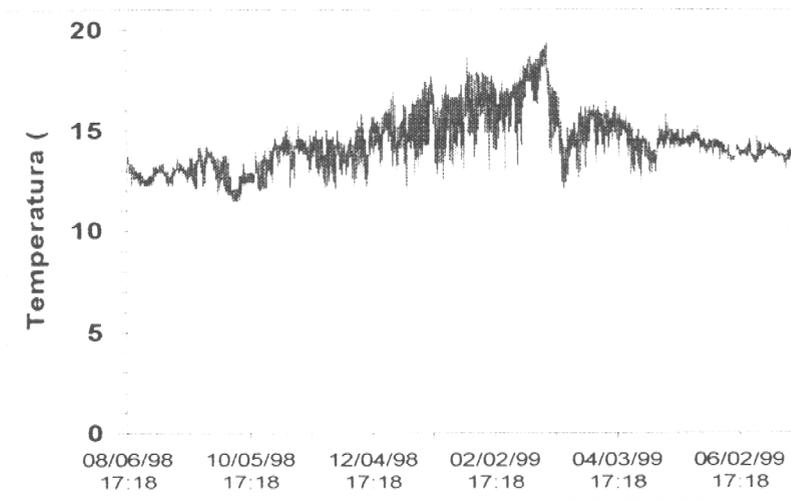


Figura 4.16. Variación de la temperatura en Punta Lengua de Vaca.

La población de Punta Lengua de Vaca presentó individuos entre 20 mm y 110 mm de LP (Fig. 4.17), con las mayores frecuencias, dependiendo del momento de muestreo, entre los 40 y 90 mm de LP. Consecuentemente, también fueron mas frecuentes los individuos marcados y recapturados en ese rango de tallas (Fig.4.18).

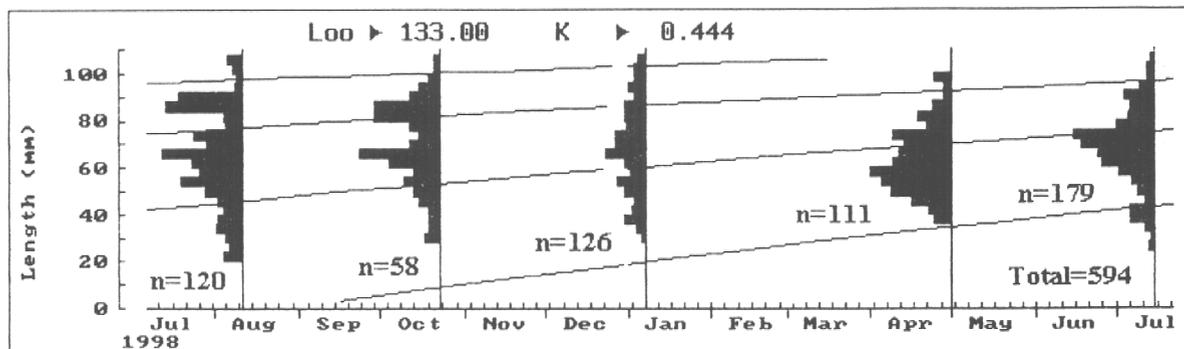


Figura 4.17. Estructura de talla de la población de locos en Punta Lengua de Vaca (IV Región).

Sobre la estructura de talla se ha graficado la curva de crecimiento. El ajuste fue realizado con Elefan, manteniendo el  $L_{\infty}=133$  constante. El  $L_{\infty}=133$  mm fue estimado mediante los individuos marcados y recapturados en toda la zona centro (desde Lagunillas hasta Caleta Las Conchas, Los Vilos) (Tabla 4.14)

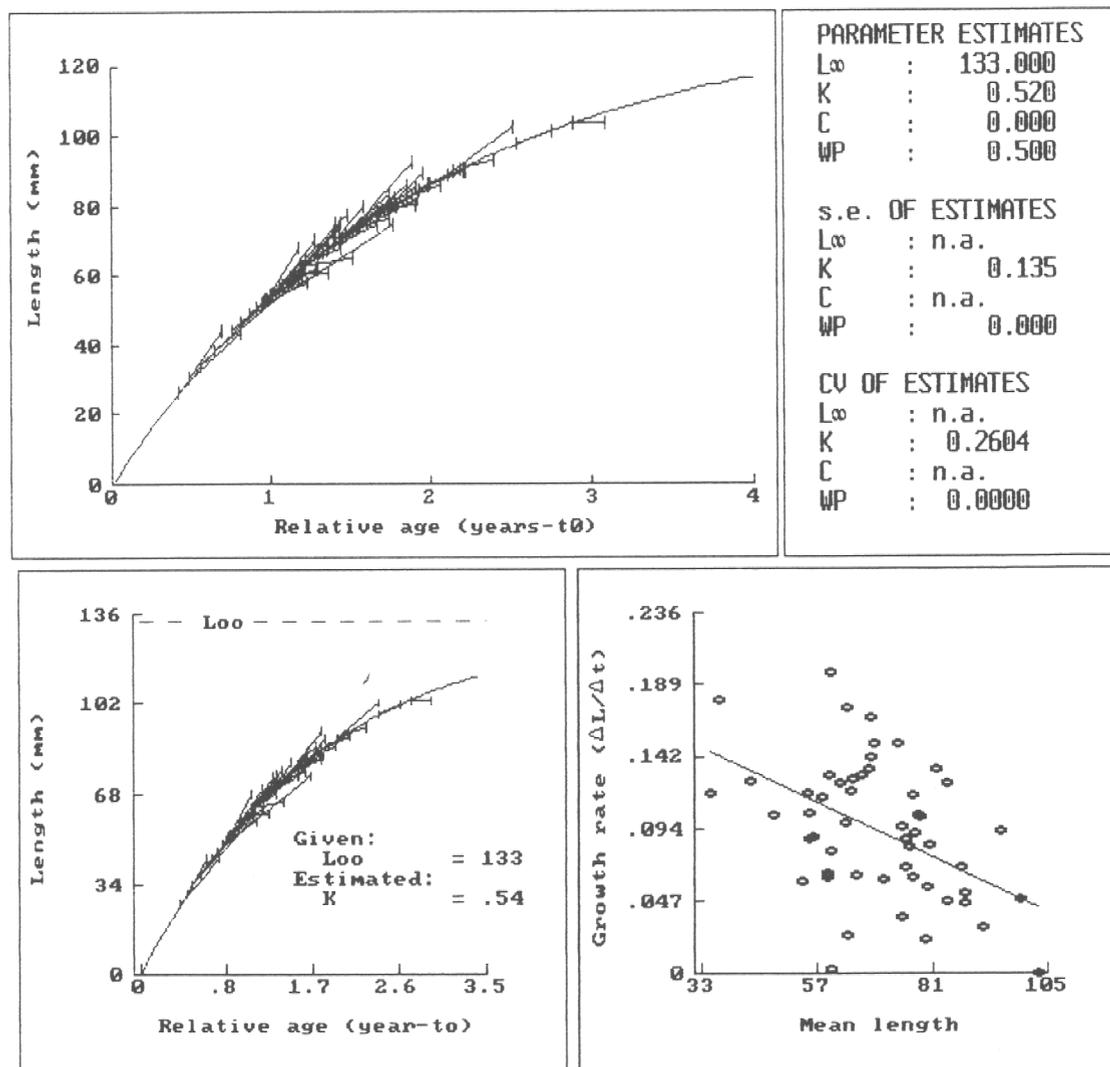


Figura 4.18. Estimación de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Punta Lengua de Vaca. En ambos casos se mantuvo  $L_{\infty}$  fijo, siendo sólo el K producto del ajuste.

Los parámetros de crecimiento estimados para los individuos marcados y recapturados mediante los diferentes métodos, presenta algunas diferencias (Fig. 4.18). Tanto la estimación que resulta con el método de Appeldoorn, como aquella con el método de Munro, resultan levemente mas altas que la estimación de la Tabla 4.14.

De acuerdo a los diferentes parámetros de crecimiento, el loco en este sitio demora entre tres y cuatro años en lograr la talla legal de captura de 100 mm.

#### 4.7.- Ancud (X Región).

En este sitio se realizaron en total cinco muestreos, marcando en cuatro de ellos un total de 747 individuos, de los cuales se recuperaron un 91 repartidos en cuatro fechas de búsqueda (Tabla 4.8). De acuerdo a ello, la recuperación representó un 12,2%.

Tabla 4.8. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Ancud (X Región).

Individuos Marcados		Individuos Recapturados				
Fecha	Número	8/10/98	15/1/99	21/4/99	6/7/99	Total
29/7/98	189	25 (+1)	6 (+1)	1	1	33
8/10/98	200	-	17 (+3)	5 (+1)	1	23
15/1/99	201	-	-	22(+1)	5	27
21/4/99	157	-	-	-	8	8
<b>Total</b>	<b>747</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>28</b>	<b>15</b>	<b>91</b>

\* Los números entre paréntesis representan conchas vacías (o animales muertos) con marca

En esta localidad, los locos eran muestreados en el costado sur de la Isla Cochinos, para luego ser liberados a los pies del Fuerte Ahui. El lugar de muestreo se caracterizaba

por ser un fondo predominantemente de conchuela, sobre el cual eran abundantes los bajos rocosos de pequeño tamaño y reducida altura, cubiertos de huiro. La superficie de las rocas estaban cubiertas por piure y picorocos. En general los muestreos se realizaron entre 5 y 8 m de profundidad. A su vez, a los pies del Fuerte Ahui el fondo se caracteriza por cordones de lajas, a poca profundidad (3 a 4 m), con abundante cirripedio. Se utilizó este lugar para dejar los locos marcados, por cuanto el lugar de muestreo, el costado de la Isla Cochinos, era una zona habitual de trabajo de los buzos, lo que iba a reducir mucho la probabilidad de encuentro de los locos marcados y liberados.

Durante el tiempo en que se realizó el seguimiento de locos marcados en este sitio, la temperatura, registrada en el sitio en que se liberaban los locos marcados, fluctuó entre 11 y 15°C, con un gradual, pero fluctuante aumento desde julio 1998 hasta enero de 1999 (Fig. 4.19). Después de enero el sensor fue robado, por lo que se perdió el registro de la segunda mitad del período de seguimiento.

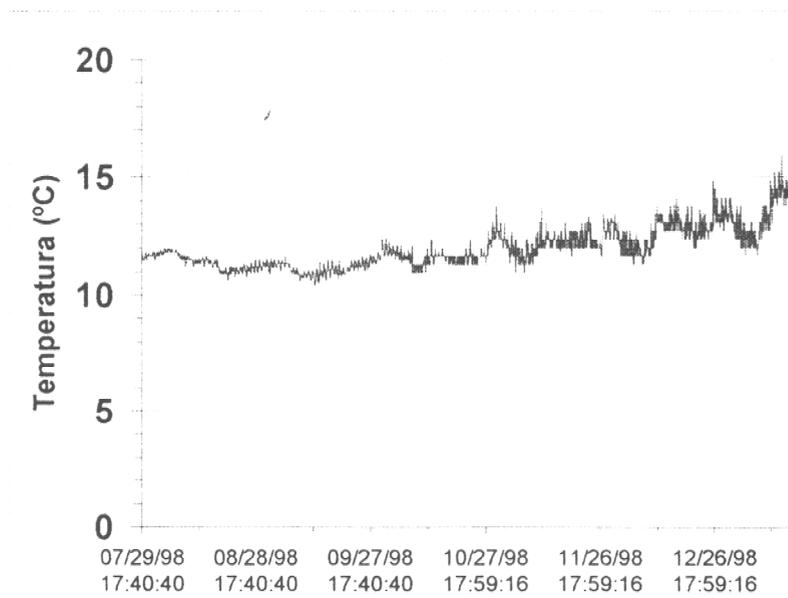


Figura 4.19. Variaciones de la Temperatura en Bahía Ancud, a los pies del Fuerte Ahui

La población de este sector presenta tallas entre 20 mm y 120 mm de LP (Fig. 4.20), con las mayores frecuencias entre 60 y 90 mm de LP. Consecuentemente también los individuos marcados y recapturados se encontraron mayoritariamente en ese rango de talla (Fig. 4.21).

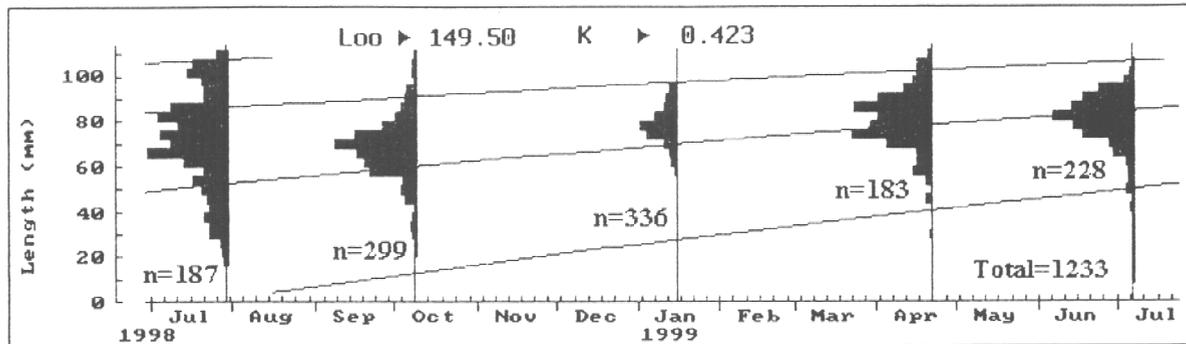


Figura 4.20. Estructura de talla de la población de locos en Ancud (X Región) con curva de crecimiento.

Sobre la estructura de talla se ha dibujado la curva de crecimiento con los parámetros estimados en base a los individuos marcados y recapturados (Tabla 4.14). De acuerdo a la curva de crecimiento se observa que al iniciar el muestreo predominaba individuos reclutados en 1996, los cuales en el curso del año de muestreo fueron desapareciendo, producto de la pesca, siendo reemplazados por individuos reclutados al bentos en 1997. A su vez, aparentemente el reclutamiento al bentos en 1998 fue muy débil.

A su vez, las diferentes estimaciones basadas en los individuos marcados y recuperados logran estimaciones de parámetros muy similares, estando las diferencias en el marco de los límites de confianza estimados para los parámetros. En todos los ajustes el  $L_{\infty}$  se mantuvo fijo en  $L_{\infty} = 149.5$ . Este valor es el que resulta común para los dos sitios muestreados en la costa de Chiloé (Ver Tabla 4.14).

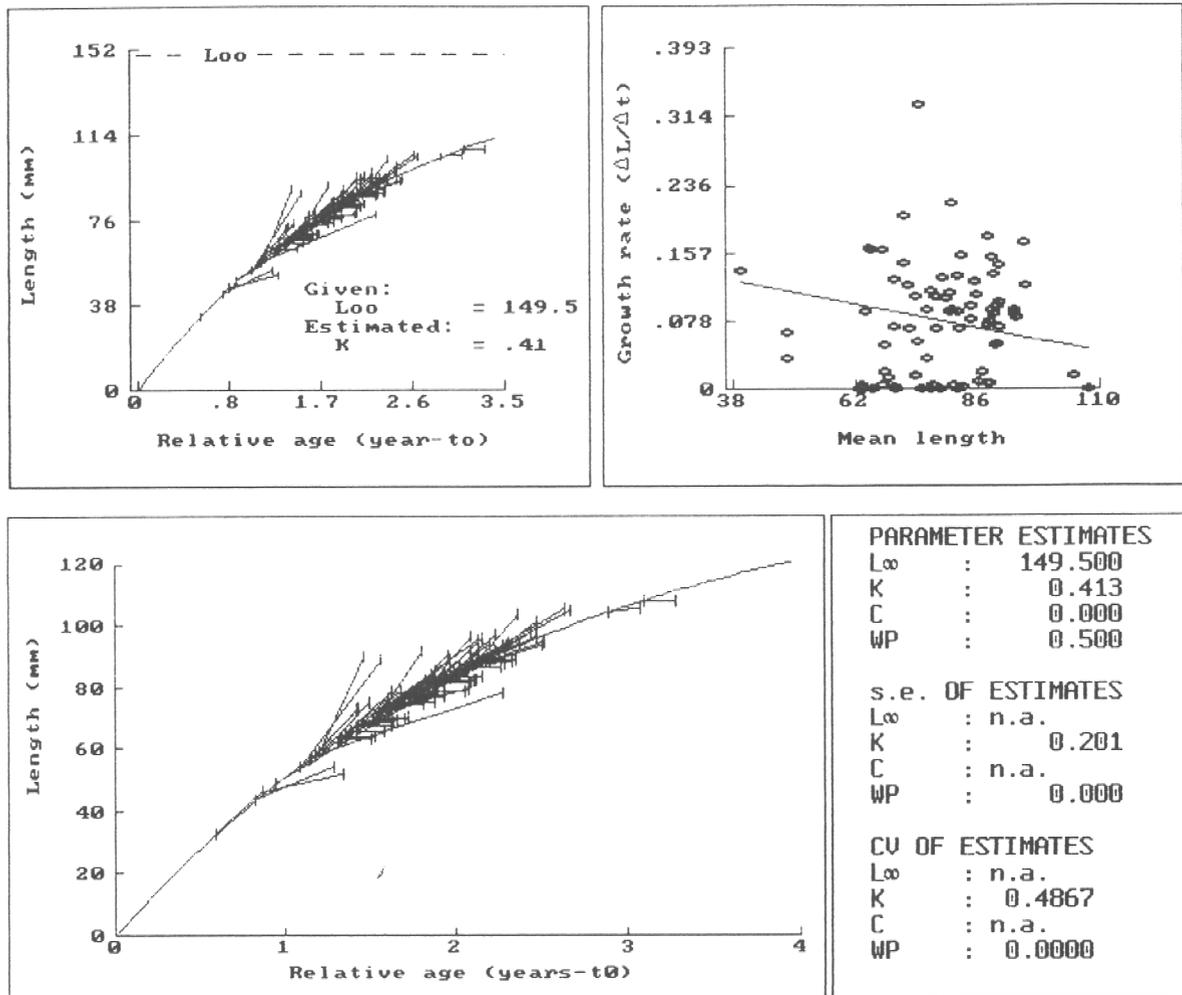


Figura 4.21. Estimación de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Ancud. En ambos casos el  $L_{\infty}$  se fijó en 149,5 y sólo el K es producto del ajuste.

De acuerdo a los parámetros de crecimiento estimados mediante los diversos métodos, el loco en este sitio demora algo menos de tres años en lograr la talla legal de captura de 100 mm.

#### 4.8.- Caleta Puñihuil (X Región, Chiloé).

En este sitio se realizaron cinco visitas, marcando un total de 744 individuos en los cuatro primeros muestreos y recuperando 21 locos en tres de los cuatro muestreos de búsqueda (Tabla 4.9). Por tanto, la recuperación en este sitio fue del 2,8%.

Tabla 4.9. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Puñihuil (X Región, Chiloé).

Individuos Marcados		Individuos Recapturados				
Fecha	Número	9/10/98	16/1/99	23/4/99	7/7/99	Total
30/7/98	161	-	1 (+1)	1	-	2
9/10/98	186	-	-	1	-	1
16/1/99	201	-	-	15(+2)	-	15
23/4/99	196	-	-	-	3	3
<b>Total</b>	<b>744</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>21</b>

\* Los números entre paréntesis representan conchas vacías (o animales muertos) con marca

En este sitio se trabajó en un bajo de roca macizo, que alcanzaba desde la superficie hasta aproximadamente 10 m de profundidad. La roca, de superficie muy irregular, con abundantes grietas y cuevas, estaba cubierta por diferentes parches de piure y picorocos. Los locos siempre fueron muestreados, y una vez marcados, liberados en el mismo bajo, el cual siempre presentó una gran abundancia de locos.

Durante el tiempo en que se realizó el experimento de crecimiento en este sitio se pudo registrar la temperatura durante el mes de octubre 1998 y posteriormente, por pérdida del sensor con un período entre noviembre 1998 y abril 1999 sin registro, entre abril y julio 1999 (Fig. 4.22). En los períodos de registro, la temperatura mostró fluctuaciones entre 9 y

13°C, sin mostrar ninguna tendencia de variación estacional. El sensor estuvo colocado en el sector de fondeo de los botes de Caleta Puñihuil, a aproximadamente 6 m de profundidad.

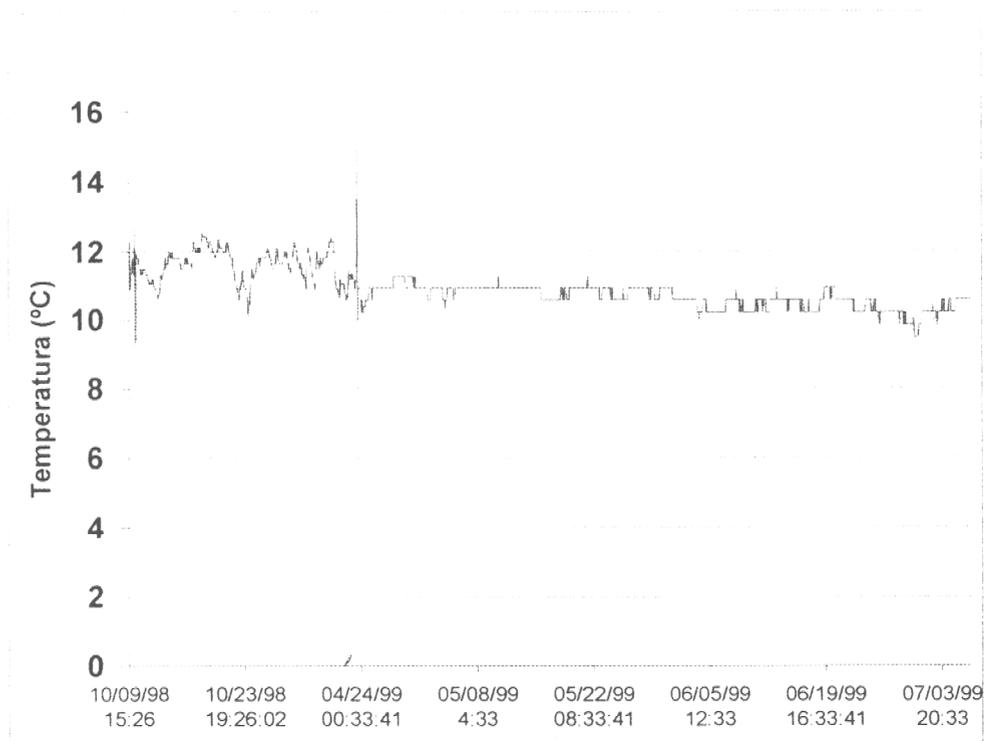


Figura 4.22. Variaciones de Temperatura en Caleta Puñihuil.

La población en este lugar esta representada por individuos entre 20 y 120 mm de Longitud Peristomal, con las frecuencias mas altas en el rango 40 a 90 mm de LP (Fig. 4.23). No obstante ello depende del momento del muestreo. Consecuentemente, los individuos marcados y recapturados se encuentran en el mismo rango de tallas (Fig. 4.24).

Sobre la estructura de talla se ha ajustado una curva de crecimiento mediante Elefan (Fig. 4.23). Para el ajuste se mantuvo el Loo fijo en Loo=149,5, permitiendo sólo la

búsqueda del K, pero también esta en un estrecho margen. El Loo utilizado es el que resultó común para las dos localidades de Chiloe (Tabla 4.14).

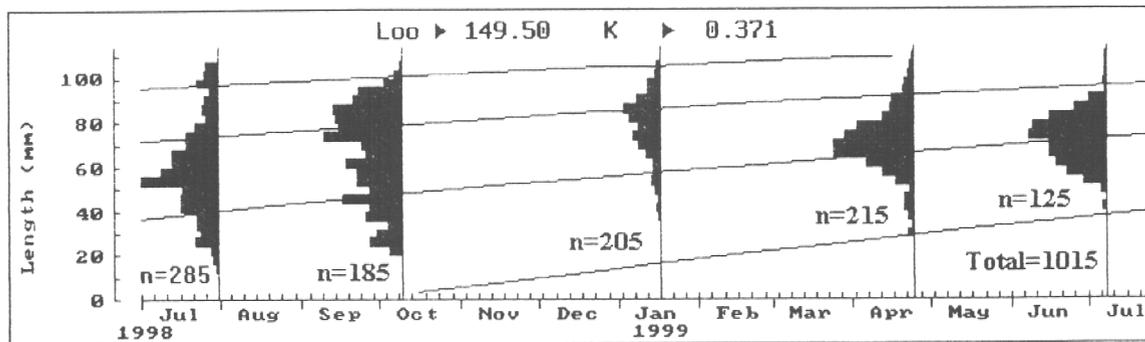


Figura 4.23. Estructura de talla de la población de Caleta Puñihuil (X Región, Chiloe), mostrando un ajuste de curva de crecimiento.

En esta población, similar a lo observado en el sector de Ancud, predominaban los individuos reclutados al bentos en 1996 y 1997. Al final del año de muestreo aquellos reclutados en 1996 habían desaparecidos producto de la pesca, predominando sólo los de 1997, y sin aparecer aun los de 1998. Aparentemente el reclutamiento de 1998 fue muy débil.

A su vez, la estimación de parámetro para los individuos marcados y recapturados mediante otros métodos, entrega parámetros muy similares entre si (Fig. 4.24). Las pequeñas diferencias están en el marco de los límites de confianza de la estimación de Tabla 4.14.

De acuerdo a los diversos parámetros de crecimiento estimados para esta población, los locos en este sitio demoran entre 3 y 4 años en lograr la talla legal de captura de 100 mm de longitud peristomal.

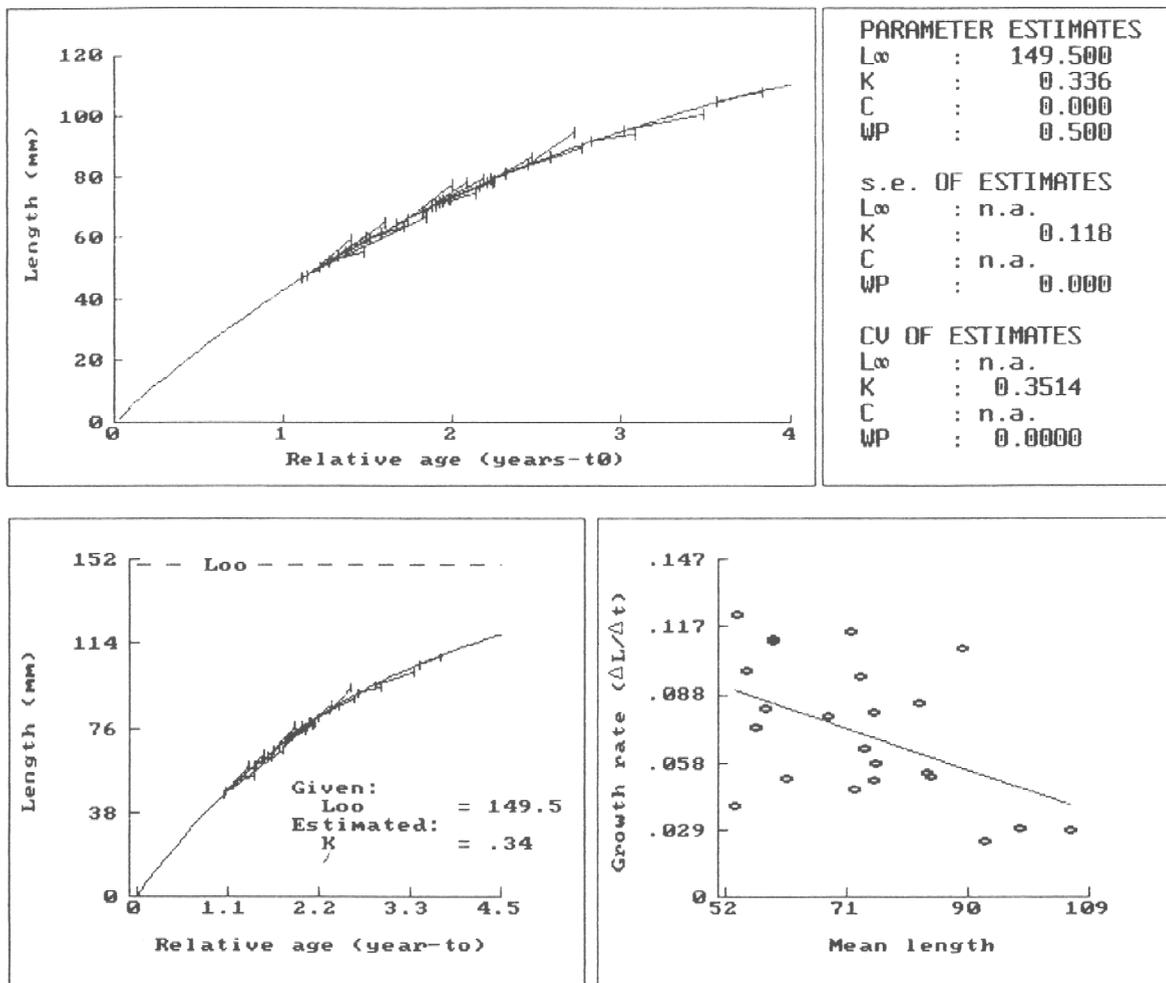


Figura 4.24. Estimación de parámetros con el método de Appeldoorn (arriba) y de Munro (abajo) para Puñihuil. En ambos casos el L<sub>∞</sub> se fijó en 149,5 y sólo el K es producto del ajuste.

#### 4.9.- Golfo Trinidad (XII Región, Magallanes).

En esta zona se ha localizado un sitio de muestreo en el Golfo Trinidad. En él se realizaron tres muestreos, marcando un total de 585 individuos, de los cuales en dos fechas de búsqueda se lograron recapturar un total de 194 individuos (Tabla 4.10). Los individuos están ubicados en un sitio con abundante alimento y en un lugar en que no existe ninguna actividad de buceo, por lo que los individuos, a diferencia de todos los demás sitios de estudio, permanecen absolutamente ajenos a la perturbación y extracción por parte de humanos. Ello explica las altas tasas de 33% de recaptura en este sitio.

Tabla 4.10. Fechas de muestreo y número de individuos marcados y recapturados en cada fecha en Golfo Trinidad (XII Región).

Individuos Marcados		Individuos Recapturados		
Fecha	Número	27/1/99	29/4/99	Total
25/10/98	184	107	13	120
27/1/99	201	-	74	74
29/4/99	200	-	-	-
<b>Total</b>	<b>585</b>	<b>107</b>	<b>87</b>	<b>194</b>

En este sitio los muestreos se realizaron a lo largo de la costa de varios pequeños islotes, en una amplia zona. En general la abundancia de locos era muy baja. Los individuos una vez marcados, fueron liberados en todas las oportunidades en un bajo rodeado de fondos de arena, de tal modo que generaba una especie de isla submarina. El fondo se encontraba a aproximadamente 8 a 10 m de profundidad. El bajo llegaba cerca de la superficie. La roca del bajo, con muchas grietas y cuevas, estaba cubierta por parches de cirripedios y cholgas.

La temperatura en este sector muestra una clara estacionalidad, con temperaturas alrededor de 8°C en los meses de invierno y entre 11 y 12°C en los meses de verano (Fig. 4.25). El sensor estuvo localizado en el mismo sitio en que se liberaban los locos.

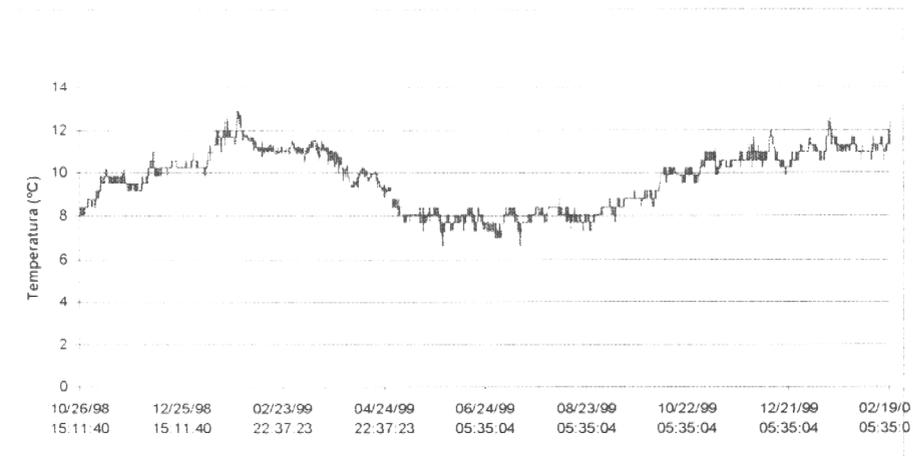


Figura 4.25. Variaciones de Temperatura en el sitio de estudio del Golfo de Trinidad

La estructura de la población de locos en este sitio presenta sólo tallas mayores a 60 mm LP (Fig. 4.26). No fue posible encontrar ningún individuo de menor talla. Las mayores frecuencias se encuentran en el rango de tallas de 80 mm a 120 mm de LP (Fig. 4.26). Y consecuentemente, también los individuos marcados y recapturados se encontraron en ese rango de tallas (Fig. 4.27).

El crecimiento de los locos en este sitio aparece muy lento. Debe señalarse que el periodo cubierto es el de primavera y verano, con las temperaturas mas altas, en el cual se esperaría el mejor crecimiento. La gran mayoría de los individuos marcados recapturados presentaron un crecimiento casi nulo. Y esto vale para todo el rango de tallas observado (Fig. 4.27). Sin embargo aparecen algunos individuos, en todo el rango de talla que presentaron tasas de crecimiento mas elevadas. Cabe destacar para estos, que las tasas se encuentran en el mismo rango de crecimiento de los locos en el centro y sur del país. No obstante, para el gran promedio, el crecimiento es muy lento, lográndose de acuerdo a ello

la talla mínima legal de 100 mm LP a aproximadamente 8 años, similar a lo que también se observó en las poblaciones del extremo norte del país.

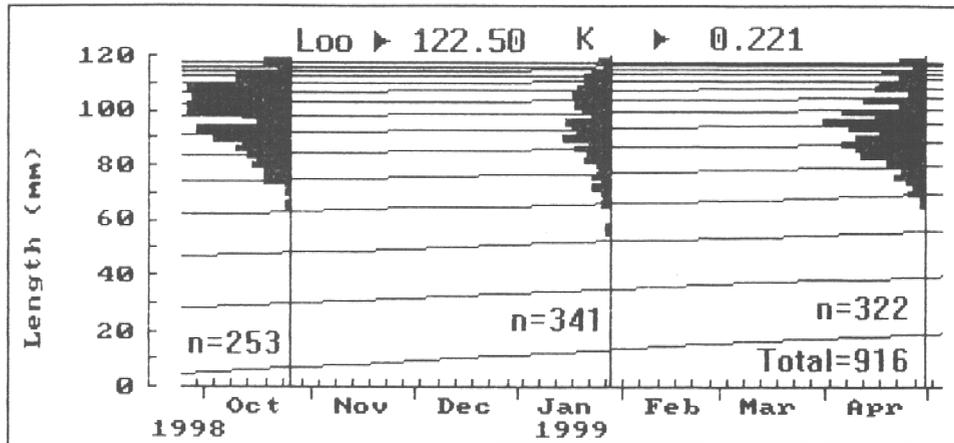


Figura 4.26. Estructura de talla de los locos en el Golfo Trinidad (XII Región), mostrando un ajuste de curva de crecimiento.

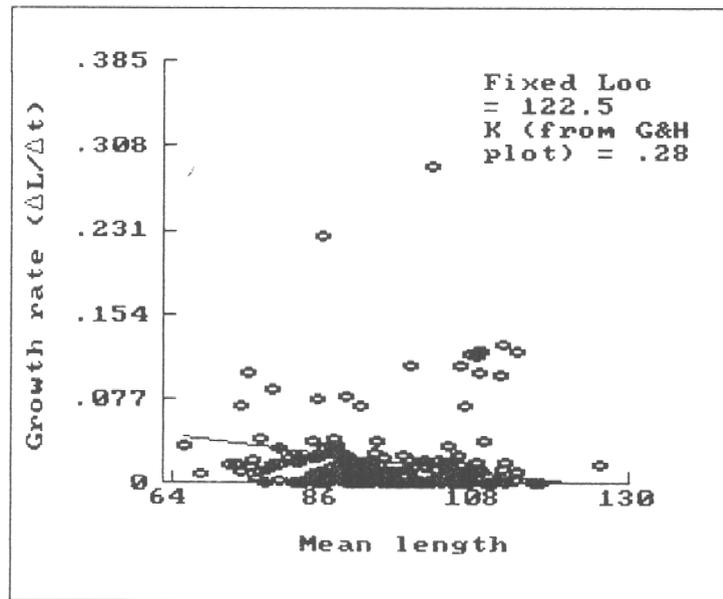


Figura 4.27. Estimación de parámetros de crecimiento mediante varios métodos aplicados a los datos de marcaje y recaptura de individuos en el Golfo Trinidad (XII Región).

#### 4.10. Variabilidad espacial del crecimiento

Los parámetros resultan propios y diferentes para cada localidad (Tabla 4.11, primera columna). Las diferencias entre localidades son estadísticamente significativas (Tabla 4.11, segunda columna). No obstante, al agrupar las localidades por zonas geográficas, en Norte (I y II Región), Centro (IV Región), Sur (X Región) y Extremo Sur (Golfo Trinidad), el análisis muestra que las diferencias al interior de las zonas no son estadísticamente significativas. Sólo la localidad de Temblador, al agruparla con las localidades del resto de la IV Región, resulta ser significativamente diferente. Por ello se mantiene separada en la Tabla 4.11. Al comparar los resultados de las zonas entre sí, se aprecia que los parámetros son significativamente diferentes (Tabla 4.11, cuarta columna). No obstante, al comparar la zona centro con la zona sur se observa que no difieren significativamente entre sí (Tabla 4.11, quinta columna).

Al comparar todas las localidades entre sí (Tabla 4.12) se observa que en general las dos localidades de la zona norte son significativamente diferentes del resto de las localidades. Cabe hacer notar que el Temblador en general sigue el mismo patrón de las localidades de la zona norte. Y a su vez, comparando los resultados del Temblador con cada una de las localidades de la zona norte, se observa que no difiere significativamente de Tocopilla, pero sí de Chanavayita (Tabla 4.12). Esto sugiere de que en realidad el Temblador en general se asocia más a la zona norte que a la zona centro.

El resto de las localidades del centro y del sur en general no difieren entre sí. Sólo el Extremo Sur de nuevo difiere de todas ellas, pareciéndose más a las del norte (Tabla 4.12).

Al realizar por tanto una comparación entre las zonas, se observa que en general el norte se diferencia del centro y del sur, como también del extremo sur, pero a un nivel mucho menor (Tabla 4.13). A su vez el centro y el sur no presenta diferencias entre sí, pero sí con el extremo sur.

En el análisis resulta evidente el problema de lograr una buena estimación del  $L$  infinito. Esto es así pues los datos provienen en general de animales de tallas intermedias, por lo que el  $L_{oo}$  debe resultar de una extrapolación, sin tener datos de individuos cercanos a  $L_{oo}$ . Por tanto su estimación es muy sensible a la existencia o no de algunos datos de individuos grandes. Considerando que su estimación debe mejorar en la medida que se realiza con un número mayor de datos, se puede aceptar que el  $L_{oo}$  estimado para cada una de las zonas en que se agrupan los datos de las localidades en el análisis anterior, debe ser más confiable que cada uno de los  $L_{oo}$  estimados para cada localidad. Si además se considera que el  $L_{oo}$  en realidad representa un tamaño potencial, dado por particularidades fisiológicas del organismo, las cuales deben obedecer o estar más ligadas a características genéticas propias del animal y no tan influenciados por el ambiente, el  $L_{oo}$  en localidades cercanas y de individuos pertenecientes a una misma población, no debiera diferir mucho.

Basado en las consideraciones anteriores, se repitió todo el análisis de comparaciones de parámetros de crecimiento a lo largo de la costa, pero en esta ocasión estimando sólo el  $K$ , manteniendo fijo el  $L_{oo}$  en el valor que corresponde a la zona a la cual la localidad pertenece (Tabla 4.14). En este análisis el Temblador se consideró dentro de la zona norte, considerando que presentó más afinidad con las localidades del norte. De acuerdo a esto el límite entre la zona norte y centro estaría localizado en los  $30^\circ$ , entre Lagunillas y Temblador.

Las comparaciones con los parámetros corregidos de la manera señalada confirman las conclusiones de los análisis anteriores, agrupándose los parámetros de crecimiento para la zona norte, zona centro, zona sur y zona extremo sur, cada una con parámetros propios, no difiriendo significativamente entre sí las localidades en su interior (Tabla 4.14). En este análisis se confirma la pertenencia a la zona norte del Temblador. También se mantiene la situación de que la zona centro y la zona sur no difieren significativamente entre sí, pudiendo ser agrupadas en una misma macrozona. Considerando esa macrozona, en la Tabla 4.15 se repite el análisis, pero fijando en esta ocasión para todas las localidades y zonas al interior de esta macrozona centro-sur el  $L_{oo}$  en  $L_{oo} = 145$ . Este es el valor que

Tabla 4.11. Estimación de los parámetros de crecimiento para cada sitio mediante el método de Quinn y Deriso (en la primera columna), dejando que el programa busque libremente tanto el Loo como el K. En las columnas 2 a 4 se realizan los análisis por zonas y macrozonas. F corresponde a la prueba de razón de varianza entre el modelo reducido versus el modelo completo para las localidades y zona. En cada caso se indica el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.

<p><b>Chanavayita</b>  <math>L_{inf} = 103,0</math> IC = 82,9 - 123,1  <math>K = 0,321</math> IC = 0,271 - 0,370  <math>n = 70</math></p>	<p><b>Especial: Entre Localidades</b>  <math>L_{inf} = 122,2</math> IC = 114,1 - 130,3  <math>K = 0,421</math> IC = 0,400 - 0,443  <math>n = 621</math></p>	<p><b>Zona Norte</b>  <math>L_{inf} = 108,0</math> IC = 89,3 - 126,8  <math>K = 0,274</math> IC = 0,242 - 0,306  <math>n = 109</math></p>	<p><b>Especial: Entre Zonas</b>  <math>L_{inf} = 115,3</math> IC = 103,9 - 121,7  <math>K = 0,515</math> IC = 0,491 - 0,539  <math>n = 597</math></p>	<p><b>Zona Norte</b>  <math>L_{inf} = 108,0</math> IC = 89,3 - 126,8  <math>K = 0,274</math> IC = 0,242 - 0,306  <math>n = 109</math></p>
<p><b>Tocopilla</b>  <math>L_{inf} = 123,1</math> IC = 53,2 - 188,0  <math>K = 0,170</math> IC = 0,127 - 0,212  <math>n = 39</math></p>				
<p><b>Temblador'98</b>  <math>L_{inf} = 8895,6</math> IC = 4377,8 - 13413,3  <math>K = 0,002</math> IC = 0,001 - 0,002  <math>n = 24</math></p>				
<p><b>Lagunillas'98</b>  <math>L_{inf} = 284,9</math> IC = 231,9 - 337,8  <math>K = 0,149</math> IC = 0,136 - 0,163  <math>n = 60</math></p>				
<p><b>Lengua Vaca'96-98</b>  <math>L_{inf} = 127,6</math> IC = 107,5 - 147,7  <math>K = 0,465</math> IC = 0,429 - 0,542  <math>n = 76</math></p>				
<p><b>Huentelauquén</b>  <math>L_{inf} = 114,6</math> IC = 95,7 - 133,5  <math>K = 0,520</math> IC = 0,439 - 0,601  <math>n = 21</math></p>				
<p><b>Las Conchas</b>  <math>L_{inf} = 123,8</math> IC = 71,7 - 175,9  <math>K = 0,674</math> IC = 0,569 - 0,789  <math>n = 25</math></p>				
<p><b>Ancud</b>  <math>L_{inf} = 140,2</math> IC = 112,5 - 167,9  <math>K = 0,485</math> IC = 0,415 - 0,554  <math>n = 91</math></p>				
<p><b>Puñihuil</b>  <math>L_{inf} = 156,9</math> IC = 122,3 - 191,5  <math>K = 0,311</math> IC = 0,272 - 0,349  <math>n = 20</math></p>				
<p><b>Golfo Trinidad</b>  <math>L_{inf} = 122,5</math> IC = 92,3 - 152,8  <math>K = 0,221</math> IC = 0,158 - 0,284  <math>n = 194</math></p>				
	<p><b>F = 7,695</b> <b>P = 0,000</b></p>	<p><b>F = 0,505</b> <b>P = 0,680</b></p>	<p><b>F = 0,505</b> <b>P = 0,680</b></p>	
		<p><b>Zona Centro</b>  <math>L_{inf} = 133,1</math> IC = 120,9 - 145,3  <math>K = 0,447</math> IC = 0,421 - 0,473  <math>n = 183</math></p>		<p><b>Zona Centro-Sur</b>  <math>L_{inf} = 144,9</math> IC = 131,9 - 158,0  <math>K = 0,399</math> IC = 0,376 - 0,421  <math>n = 294</math></p>
		<p><b>F = 0,803</b> <b>P = 0,614</b></p>		
		<p><b>Zona Sur</b>  <math>L_{inf} = 149,5</math> IC = 122,0 - 177,1  <math>K = 0,406</math> IC = 0,357 - 0,455  <math>n = 111</math></p>		
		<p><b>F = 0,482</b> <b>P = 0,695</b></p>		<p><b>F = 1,122</b> <b>P = 0,340</b></p>
		<p><b>Zona Extremo Sur</b>  <math>L_{inf} = 122,5</math> IC = 92,3 - 152,8  <math>K = 0,221</math> IC = 0,158 - 0,284  <math>n = 194</math></p>		<p><b>Zona Extremo Sur</b>  <math>L_{inf} = 122,5</math> IC = 92,3 - 152,8  <math>K = 0,221</math> IC = 0,158 - 0,284  <math>n = 194</math></p>
			<p><b>F = 15,853</b> <b>P = 0,000</b></p>	

Tabla 4.12. Matriz de comparación entre pares de localidades de los parámetros de crecimiento. Se indica el F y la probabilidad. F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (las dos localidades con parámetros de crecimiento comunes) versus el modelo completo (cada localidad con sus parámetros de crecimiento propios). En sombreado están los lugares que difieren significativamente entre sí.

	Tocopilla	Temblador	Lagunillas	Lengua Vaca	Huentelauquén	Las Conchas	Ancud	Puñihuil	Golfo Trinidad
Chanavayita	$F = 0,505$ $P = 0,680$	$F = 3,945$ $P = 0,014$	$F = 26,258$ $P = 0,000$	$F = 19,326$ $P = 0,000$	$F = 1,291$ $P = 0,283$	$F = 24,971$ $P = 0,000$	$F = 15,999$ $P = 0,000$	$F = 20,478$ $P = 0,000$	$F = 0,103$ $P = 0,959$
Tocopilla		$F = 2,657$ $P = 0,057$	$F = 11,736$ $P = 0,000$	$F = 8,094$ $P = 0,000$	$F = 0,689$ $P = 0,562$	$F = 15,545$ $P = 0,000$	$F = 7,793$ $P = 0,000$	$F = 11,305$ $P = 0,000$	$F = 0,142$ $P = 0,935$
Temblador			$F = 16,183$ $P = 0,000$	$F = 12,921$ $P = 0,000$	$F = 1,516$ $P = 0,225$	$F = 10,587$ $P = 0,000$	$F = 6,976$ $P = 0,000$	$F = 5,736$ $P = 0,002$	$F = 8,629$ $P = 0,000$
Lagunillas				$F = 0,951$ $P = 0,418$	$F = 1,717$ $P = 0,171$	$F = 0,848$ $P = 0,472$	$F = 0,600$ $P = 0,616$	$F = 0,536$ $P = 0,659$	$F = 8,608$ $P = 0,000$
Lengua Vaca					$F = 0,197$ $P = 0,898$	$F = 0,627$ $P = 0,600$	$F = 1,071$ $P = 0,363$	$F = 0,107$ $P = 0,956$	$F = 7,291$ $P = 0,000$
Huentelauquén						$F = 1,174$ $P = 0,332$	$F = 0,480$ $P = 0,697$	$F = 1,557$ $P = 0,217$	$F = 0,243$ $P = 0,866$
Las Conchas							$F = 0,052$ $P = 0,984$	$F = 2,754$ $P = 0,055$	$F = 6,116$ $P = 0,001$
Ancud								$F = 0,482$ $P = 0,695$	$F = 12,610$ $P = 0,000$
Puñihuil									$F = 4,335$ $P = 0,005$

Tabla 4.13. Matriz de comparación entre pares de zonas. Las localidades se agruparon en zonas de acuerdo al análisis de la Tabla 4.11. F corresponde a la prueba de razón de varianza entre el modelo reducido (parámetros comunes para zonas) versus el modelo completo (cada zona con parámetros propios). IC indica los intervalos de confianza al 95% del respectivo parámetro. En estas estimaciones se permitió que el programa ajuste libremente tanto el Loo como el K.

	Zona Centro	Zona Sur	Zona Extremo Sur
Zona Norte	$L_{inf} = 138,1$ IC = 123,9 - 152,2 $K = 0,318$ IC = 0,298 - 0,338 $n = 316$ $F = 43,485$ $P = 0,000$	$L_{inf} = 11724,2$ IC = 8417,8 - 15030,7 $K = 0,002$ IC = 0,002 - 0,002 $n = 244$ $F = 20,364$ $P = 0,000$	$L_{inf} = 139,2$ IC = 114,4 - 164,0 $K = 0,164$ IC = 0,144 - 0,184 $n = 327$ $F = 2,965$ $P = 0,032$
Zona Centro		$L_{inf} = 144,9$ IC = 131,9 - 158,0 $K = 0,399$ IC = 0,376 - 0,421 $n = 294$ $F = 1,122$ $P = 0,340$	$L_{inf} = 110,2$ IC = 104,8 - 115,6 $K = 0,610$ IC = 0,581 - 0,639 $n = 377$ $F = 16,507$ $P = 0,000$
Zona Sur			$L_{inf} = 109,2$ IC = 102,7 - 115,7 $K = 0,721$ IC = 0,665 - 0,776 $n = 305$ $F = 13,032$ $P = 0,000$

resulta ( $L_{oo} = 144,9$ ) al agrupar todos los datos de esa macrozona (Tabla 4.14). También este análisis confirma el patrón descrito previamente.

Por tanto, el análisis de la variabilidad espacial del crecimiento demuestra que existe variabilidad entre zonas, no así al interior de las zonas. De acuerdo a esto se identifica una zona norte, que alcanzaría desde la I Región hasta la parte norte de la IV Región, con un límite aproximadamente en los 30° latitud sur. Luego viene una extensa zona centro-sur, la cual se extiende de los 30° latitud sur, hasta la X Región. Su límite sur preciso no se puede determinar en base a la información disponible. A su vez la XII Región se presenta diferente a todo el resto, aunque su crecimiento es similar a la zona norte. Es decir, los dos extremos se asemejan.

Tabla 4.14. Estimación de los parámetros de crecimiento para las diferentes zonas, estimando parámetros comunes para cada zona, agrupando de diferentes formas (columnas 2 a 4). La estimación de parámetros de crecimiento para cada localidad (columna 1) fue realizada, dejando fijo el Loo en el valor que resultó común para la zona de la cual forma parte. **Se consideraron parámetros diferentes para la zona centro y sur.** F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para la zona) versus el modelo completo (parámetros particulares para cada localidad). En cada caso se señala el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.

<p><b>Chanavayita</b></p> $L_{\infty} = 108,0$ IC = 84,8 - 131,2 $K = 0,286$ IC = 0,241 - 0,332 $n = 70$	<p><b>Espacial: Entre Localidades</b></p> $L_{\infty} = 122,2$ IC = 114,1 - 130,3 $K = 0,421$ IC = 0,400 - 0,443 $n = 621$	<p><b>Zona Norte</b></p> $L_{\infty} = 108,0$ IC = 91,2 - 124,8 $K = 0,270$ IC = 0,238 - 0,301 $n = 133$	<p><b>Espacial: Entre Zonas</b></p> $L_{\infty} = 122,2$ IC = 114,1 - 130,3 $K = 0,421$ IC = 0,400 - 0,443 $n = 621$	<p><b>Zona Norte</b></p> $L_{\infty} = 108,0$ IC = 91,2 - 124,8 $K = 0,270$ IC = 0,238 - 0,301 $n = 133$
<p><b>Tocopilla</b></p> $L_{\infty} = 108,0$ IC = 64,2 - 151,8 $K = 0,228$ IC = 0,177 - 0,279 $n = 39$		<p><b>Zona Norte</b></p> $L_{\infty} = 108,0$ IC = 91,2 - 124,8 $K = 0,270$ IC = 0,238 - 0,301 $n = 133$	<p><b>Espacial: Entre Zonas</b></p> $L_{\infty} = 122,2$ IC = 114,1 - 130,3 $K = 0,421$ IC = 0,400 - 0,443 $n = 621$	<p><b>Zona Norte</b></p> $L_{\infty} = 108,0$ IC = 91,2 - 124,8 $K = 0,270$ IC = 0,238 - 0,301 $n = 133$
<p><b>Temblador'98</b></p> $L_{\infty} = 108,0$ IC = 62,5 - 153,5 $K = 0,264$ IC = 0,152 - 0,377 $n = 24$		<p><b>Zona Norte</b></p> $L_{\infty} = 108,0$ IC = 91,2 - 124,8 $K = 0,270$ IC = 0,238 - 0,301 $n = 133$	<p><b>Espacial: Entre Zonas</b></p> $L_{\infty} = 122,2$ IC = 114,1 - 130,3 $K = 0,421$ IC = 0,400 - 0,443 $n = 621$	<p><b>Zona Norte</b></p> $L_{\infty} = 108,0$ IC = 91,2 - 124,8 $K = 0,270$ IC = 0,238 - 0,301 $n = 133$
<p><b>Lagunillas'98</b></p> $L_{\infty} = 133,0$ IC = 114,0 - 152,0 $K = 0,442$ IC = 0,402 - 0,483 $n = 60$		<p><b>Zona Centro</b></p> $L_{\infty} = 133,0$ IC = 120,8 - 145,2 $K = 0,448$ IC = 0,422 - 0,474 $n = 183$	<p><b>Espacial: Entre Zonas</b></p> $L_{\infty} = 122,2$ IC = 114,1 - 130,3 $K = 0,421$ IC = 0,400 - 0,443 $n = 621$	<p><b>Zona Centro-Sur</b></p> $L_{\infty} = 144,9$ IC = 131,9 - 158,0 $K = 0,399$ IC = 0,376 - 0,421 $n = 294$
<p><b>Lengua Vaca'96-98</b></p> $L_{\infty} = 133,0$ IC = 110,9 - 155,1 $K = 0,448$ IC = 0,395 - 0,500 $n = 76$		<p><b>Zona Centro</b></p> $L_{\infty} = 133,0$ IC = 120,8 - 145,2 $K = 0,448$ IC = 0,422 - 0,474 $n = 183$	<p><b>Espacial: Entre Zonas</b></p> $L_{\infty} = 122,2$ IC = 114,1 - 130,3 $K = 0,421$ IC = 0,400 - 0,443 $n = 621$	<p><b>Zona Centro-Sur</b></p> $L_{\infty} = 144,9$ IC = 131,9 - 158,0 $K = 0,399$ IC = 0,376 - 0,421 $n = 294$
<p><b>Huentelauquén</b></p> $L_{\infty} = 133,0$ IC = 69,5 - 196,5 $K = 0,279$ IC = 0,199 - 0,359 $n = 21$		<p><b>Zona Centro</b></p> $L_{\infty} = 133,0$ IC = 120,8 - 145,2 $K = 0,448$ IC = 0,422 - 0,474 $n = 183$	<p><b>Espacial: Entre Zonas</b></p> $L_{\infty} = 122,2$ IC = 114,1 - 130,3 $K = 0,421$ IC = 0,400 - 0,443 $n = 621$	<p><b>Zona Centro-Sur</b></p> $L_{\infty} = 144,9$ IC = 131,9 - 158,0 $K = 0,399$ IC = 0,376 - 0,421 $n = 294$
<p><b>Las Conchas</b></p> $L_{\infty} = 133,0$ IC = 60,1 - 205,9 $K = 0,579$ IC = 0,461 - 0,697 $n = 26$		<p><b>Zona Centro</b></p> $L_{\infty} = 133,0$ IC = 120,8 - 145,2 $K = 0,448$ IC = 0,422 - 0,474 $n = 183$	<p><b>Espacial: Entre Zonas</b></p> $L_{\infty} = 122,2$ IC = 114,1 - 130,3 $K = 0,421$ IC = 0,400 - 0,443 $n = 621$	<p><b>Zona Centro-Sur</b></p> $L_{\infty} = 144,9$ IC = 131,9 - 158,0 $K = 0,399$ IC = 0,376 - 0,421 $n = 294$
<p><b>Ancud</b></p> $L_{\infty} = 149,5$ IC = 117,8 - 181,2 $K = 0,423$ IC = 0,362 - 0,483 $n = 91$		<p><b>Zona Sur</b></p> $L_{\infty} = 149,5$ IC = 122,0 - 177,1 $K = 0,406$ IC = 0,357 - 0,455 $n = 111$	<p><b>Espacial: Entre Zonas</b></p> $L_{\infty} = 122,2$ IC = 114,1 - 130,3 $K = 0,421$ IC = 0,400 - 0,443 $n = 621$	<p><b>Zona Centro-Sur</b></p> $L_{\infty} = 144,9$ IC = 131,9 - 158,0 $K = 0,399$ IC = 0,376 - 0,421 $n = 294$
<p><b>Purihuil</b></p> $L_{\infty} = 149,5$ IC = 118,0 - 181,0 $K = 0,339$ IC = 0,297 - 0,381 $n = 20$		<p><b>Zona Sur</b></p> $L_{\infty} = 149,5$ IC = 122,0 - 177,1 $K = 0,406$ IC = 0,357 - 0,455 $n = 111$	<p><b>Espacial: Entre Zonas</b></p> $L_{\infty} = 122,2$ IC = 114,1 - 130,3 $K = 0,421$ IC = 0,400 - 0,443 $n = 621$	<p><b>Zona Centro-Sur</b></p> $L_{\infty} = 144,9$ IC = 131,9 - 158,0 $K = 0,399$ IC = 0,376 - 0,421 $n = 294$
<p><b>Golfo Trinidad</b></p> $L_{\infty} = 122,5$ IC = 92,3 - 152,8 $K = 0,221$ IC = 0,158 - 0,284 $n = 194$		<p><b>Zona Extremo Sur</b></p> $L_{\infty} = 122,5$ IC = 92,3 - 152,8 $K = 0,221$ IC = 0,158 - 0,284 $n = 194$	<p><b>Espacial: Entre Zonas</b></p> $L_{\infty} = 122,2$ IC = 114,1 - 130,3 $K = 0,421$ IC = 0,400 - 0,443 $n = 621$	<p><b>Zona Extremo Sur</b></p> $L_{\infty} = 122,5$ IC = 92,3 - 152,8 $K = 0,221$ IC = 0,158 - 0,284 $n = 194$
	<p><b>F = 6,554 P = 0,000</b></p>	<p><b>F = 0,134 P = 0,992</b></p>	<p><b>F = 0,134 P = 0,992</b></p>	<p><b>F = 0,134 P = 0,992</b></p>
		<p><b>F = 0,363 P = 0,961</b></p>		
		<p><b>F = 0,452 P = 0,717</b></p>		<p><b>F = 1,122 P = 0,340</b></p>
		<p><b>F = 19,349 P = 0,000</b></p>		<p><b>F = 19,349 P = 0,000</b></p>

Tabla 4.15. Estimación de los parámetros de crecimiento para las diferentes zonas, estimando parámetros comunes para cada zona, agrupando de diferentes formas (columnas 2 a 4). La estimación de parámetros de crecimiento para cada localidad (columna 1) fue realizada, dejando fijo el L<sub>∞</sub> en el valor que resultó común para la zona de la cual forma parte. **Se consideraron parámetros comunes para la zona centro y sur.** F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para la zona) versus el modelo completo (parámetros particulares para cada localidad). En cada caso se señala el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.

Localidad	Espacial: Entre Localidades	Zona Norte	Espacial: Entre Zonas	Zona Norte			
<b>Chanavayita</b> L <sub>∞</sub> = 108,0 IC = 84,8 - 131,2 K = 0,286 IC = 0,241 - 0,332 n = 70	L <sub>∞</sub> = 122,2 IC = 114,1 - 130,3 K = 0,421 IC = 0,400 - 0,443 n = 621	L <sub>∞</sub> = 108,0 IC = 91,2 - 124,8 K = 0,270 IC = 0,238 - 0,301 n = 133	L <sub>∞</sub> = 122,2 IC = 114,1 - 130,3 K = 0,421 IC = 0,400 - 0,443 n = 621	L <sub>∞</sub> = 108,0 IC = 91,2 - 124,8 K = 0,270 IC = 0,238 - 0,301 n = 133			
<b>Tocopilla</b> L <sub>∞</sub> = 108,0 IC = 64,2 - 151,8 K = 0,228 IC = 0,177 - 0,279 n = 39							
<b>Temblador'98</b> L <sub>∞</sub> = 108,0 IC = 62,5 - 153,5 K = 0,264 IC = 0,152 - 0,377 n = 24							
<b>Lagunillas'98</b> L <sub>∞</sub> = 145,0 IC = 123,4 - 166,6 K = 0,383 IC = 0,349 - 0,418 n = 60					F = 0,134      P = 0,982	<b>Zona Centro</b> L <sub>∞</sub> = 145,0 IC = 130,7 - 159,3 K = 0,384 IC = 0,361 - 0,406 n = 183	<b>Zona Centro-Sur</b> L <sub>∞</sub> = 144,9 IC = 131,9 - 158,0 K = 0,399 IC = 0,376 - 0,421 n = 294
<b>Lengua Vaca'96-98</b> L <sub>∞</sub> = 145,0 IC = 118,4 - 171,6 K = 0,381 IC = 0,335 - 0,426 n = 76							
<b>Huentelauquén</b> L <sub>∞</sub> = 145,0 IC = 36,8 - 253,2 K = 0,211 IC = 0,132 - 0,290 n = 21							
<b>Las Conchas</b> L <sub>∞</sub> = 145,0 IC = 38,9 - 251,1 K = 0,488 IC = 0,366 - 0,610 n = 26					F = 0,428      P = 0,919	<b>Zona Sur</b> L <sub>∞</sub> = 145,0 IC = 119,1 - 170,9 K = 0,432 IC = 0,380 - 0,485 n = 111	
<b>Ancud</b> L <sub>∞</sub> = 145,0 IC = 115,3 - 174,7 K = 0,451 IC = 0,386 - 0,515 n = 91							
<b>Puñihuil</b> L <sub>∞</sub> = 145,0 IC = 115,3 - 174,7 K = 0,359 IC = 0,315 - 0,404 n = 20					F = 0,475      P = 0,700	<b>Zona Extremo Sur</b> L <sub>∞</sub> = 122,5 IC = 92,3 - 152,8 K = 0,221 IC = 0,158 - 0,284 n = 194	F = 0,864      P = 0,460
<b>Golfo Trinidad</b> L <sub>∞</sub> = 122,5 IC = 92,3 - 152,8 K = 0,221 IC = 0,158 - 0,284 n = 194					F = 6,541      P = 0,000	F = 19,205      P = 0,000	

#### 4.11. Variabilidad temporal del crecimiento

Para realizar el análisis de variabilidad temporal del crecimiento, se incorpora información previa, generada con la misma metodología en tres de los lugares de estudio de la IV Región. Para Playa Temblador y Punta Lengua de Vaca se cuenta con un período adicional al período de estudio del presente proyecto y para Punta Lagunillas se cuenta con dos períodos adicionales (Tabla 4.16).

La comparación, realizada de tal manera que el programa ajuste libremente, tanto el Loo como el K, muestra de que tanto para Playa Temblador como para Punta Lagunillas existen diferencias significativas en los parámetros de crecimiento de los diferentes años (Tabla 4.16). A su vez, en Punta Lengua de Vaca no hay diferencias entre los dos períodos analizados. Considerando esta falta de diferencia, se agruparon los datos de los dos períodos de estudio en Punta Lengua de Vaca, habiéndose hecho todos los análisis de variabilidad espacial con esos datos agrupados (ver Tablas 4.11 a 4.15).

Sin embargo, cuando se realiza el mismo análisis, corrigiendo el Loo para Playa Temblador, el resultado cambia. Nótese que en el análisis realizado en Tabla 4.16 el Loo toma valores que son absurdos para la especie. Por tanto se repite el análisis, utilizando en esta ocasión el Loo que fue estimado para esta población en el marco del análisis de variabilidad espacial del crecimiento,  $Loo=108$  (Tabla 4.17). El resultado señala que en realidad no existen diferencias significativas entre los dos períodos de estudio en Playa Temblador.

De manera similar, también para Punta Lagunillas resultaron estimaciones de Loo que son demasiado altas para el recurso loco (Tabla 4.16). Por tanto se repitió el análisis, utilizando una vez el Loo que resultó para la zona centro ( $Loo=133$ ) y otra aquel de la macrozona centro-sur ( $Loo=145$ ) (Tabla 4.18). Como se observa, en ambos análisis las diferencias persisten, es decir no todos los períodos presentan el mismo crecimiento.

Tabla 4.16. Estimación de los parámetros de crecimiento para cada período y sitio mediante el método de Quinn y Deriso (en la primera columna), dejando que el programa busque libremente tanto el Loo como el K. En las columnas 2 se realizan las comparaciones entre períodos para cada localidad. F corresponde a la prueba de razón de varianza entre el modelo reducido (parámetros comunes para los diferentes períodos) versus el modelo completo (cada período con parámetros propios). En cada caso se indica el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.

<p><b>Temblador'92</b></p> <p><math>L_{inf} = 520,9</math> IC = 352,8 - 688,9  <math>K = 0,070</math> IC = 0,063 - 0,076  <math>n = 13</math></p>	<p><b>Temblador Temporal</b></p> <p><math>L_{inf} = 549,7</math> IC = 341,7 - 757,6  <math>K = 0,037</math> IC = 0,031 - 0,044  <math>n = 37</math></p>
<p><b>Temblador'98</b></p> <p><math>L_{inf} = 8895,6</math> IC = 4377,8 - 13413,3  <math>K = 0,002</math> IC = 0,001 - 0,002  <math>n = 24</math></p>	<p><math>F = 6,549</math> <math>P = 0,001</math></p>
<p><b>Lagunillas'90</b></p> <p><math>L_{inf} = 289,2</math> IC = 265,7 - 312,6  <math>K = 0,122</math> IC = 0,119 - 0,125  <math>n = 322</math></p>	<p><b>Lagunillas Temporal</b></p> <p><math>L_{inf} = 216,4</math> IC = 202,5 - 230,3  <math>K = 0,173</math> IC = 0,169 - 0,177  <math>n = 434</math></p>
<p><b>Lagunillas'96</b></p> <p><math>L_{inf} = 466,4</math> IC = 392,5 - 540,3  <math>K = 0,038</math> IC = 0,036 - 0,040  <math>n = 52</math></p>	
<p><b>Lagunillas'98</b></p> <p><math>L_{inf} = 284,9</math> IC = 231,9 - 337,8  <math>K = 0,149</math> IC = 0,136 - 0,163  <math>n = 60</math></p>	<p><math>F = 13,156</math> <math>P = 0,000</math></p>
<p><b>Lengua Vaca'96</b></p> <p><math>L_{inf} = 125,8</math> IC = 109,7 - 141,9  <math>K = 0,400</math> IC = 0,352 - 0,448  <math>n = 20</math></p>	<p><b>Lengua Vaca Temporal</b></p> <p><math>L_{inf} = 127,6</math> IC = 107,5 - 147,7  <math>K = 0,485</math> IC = 0,429 - 0,542  <math>n = 76</math></p>
<p><b>Lengua Vaca'98</b></p> <p><math>L_{inf} = 123,1</math> IC = 97,1 - 149,2  <math>K = 0,590</math> IC = 0,505 - 0,676  <math>n = 56</math></p>	<p><math>F = 1,933</math> <math>P = 0,132</math></p>

Tabla 4.17. Comparación de los parámetros de crecimiento entre los dos periodos de estudio en Playa Temblador. Para la comparación se fijó  $L_{00}=108$ , que es el  $L_{00}$  de la zona norte a la cual pertenece este sitio (ver texto). F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para los dos periodos) versus el modelo completo (cada periodo con parámetros propios). En cada caso se indica el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.

Temblador'92			Temblador Temporal		
$L_{inf} =$	108,0	IC = 74,9 - 141,1	$L_{inf} =$	108,0	IC = 75,4 - 140,6
$K =$	0,645	IC = 0,529 - 0,761	$K =$	0,312	IC = 0,228 - 0,395
$n =$	13		$n =$	37	
Temblador'98			$F = 2,656$ $P = 0,066$		
$L_{inf} =$	108,0	IC = 62,5 - 153,5			
$K =$	0,264	IC = 0,152 - 0,377			
$n =$	24				

Considerando que el periodo 1996 presenta los parámetros de crecimiento (el K) mas bajo de esta localidad, se realizaron comparaciones de estos parámetros con aquellos de las localidades de la zona norte (Tabla 4.19). Como se puede observar en esas comparaciones, en el año 1996 el crecimiento fue similar al registrado para la zona norte. Es decir, ese año, por alguna razón, el límite sur de la zona norte, localizado entre Punta Lagunillas y Temblador, se habría trasladado mas hacia el sur, localizándose entre Punta Lengua de Vaca y Punta Lagunillas (se habría desplazado aproximadamente  $0,5^\circ$  de latitud).

A su vez, repitiendo ahora la comparación sólo entre los dos periodos de mejor crecimiento en Punta Lagunillas (1990 y 1998), utilizando los  $L_{00}$  para la zona centro y la macrozona centro-sur, se observa que no hay diferencias significativas del crecimiento entre los dos periodos (Tabla 4. 20). Para realizar ese análisis, se incluyeron sólo los individuos sobre 40 mm de longitud peristomal en la muestra, para estandarizar ambos periodos. Esto, considerando que en 1990 aproximadamente la mitad de los datos provienen de individuos pequeños, no habiendo gran número de esos en 1998. También se realizaron

comparaciones de esta manera (sólo individuos sobre 40 mm LP) con el período 1996, pero este siempre permaneció significativamente diferente a los restantes dos períodos.

Tabla 4.18. Comparación de los parámetros de crecimiento entre los tres períodos de estudio en Punta Lagunillas. Para la comparación se fijó  $L_{oo}=133$  y  $L_{oo}=145$ , que son los  $L_{oo}$  de la zona centro y macrozona centro-sur respectivamente (ver texto). F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para los dos períodos) versus el modelo completo (cada período con parámetros propios). En cada caso se indica el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.

Lagunillas'90			Lagunillas Temporal		
$L_{inf} =$	133,0	IC = 123,8 - 142,2	$L_{inf} =$	133,0	IC = 125,7 - 140,3
$K =$	0,328	IC = 0,320 - 0,336	$K =$	0,338	IC = 0,331 - 0,346
$n =$	322		$n =$	434	
Lagunillas'96			$F = 11,421$ $P = 0,000$		
$L_{inf} =$	133,0	IC = 117,7 - 148,3			
$K =$	0,202	IC = 0,190 - 0,214			
$n =$	52				
Lagunillas'98					
$L_{inf} =$	133,0	IC = 114,0 - 152,0			
$K =$	0,442	IC = 0,402 - 0,483			
$n =$	60				

Lagunillas'90			Lagunillas Temporal		
$L_{inf} =$	145,0	IC = 134,7 - 155,3	$L_{inf} =$	145,0	IC = 136,8 - 153,2
$K =$	0,291	IC = 0,284 - 0,298	$K =$	0,298	IC = 0,291 - 0,304
$n =$	322		$n =$	434	
Lagunillas'96			$F = 11,649$ $P = 0,000$		
$L_{inf} =$	145,0	IC = 127,8 - 162,2			
$K =$	0,176	IC = 0,166 - 0,187			
$n =$	52				
Lagunillas'98					
$L_{inf} =$	145,0	IC = 123,4 - 166,6			
$K =$	0,383	IC = 0,349 - 0,418			
$n =$	60				

Tabla 4.19. Matriz de comparación entre el período 1996 de Punta Lagunillas y las localidades de la zona norte. Se indica el F y la probabilidad. F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (las dos localidades con parámetros de crecimiento comunes) versus el modelo completo (cada localidad con sus parámetros de crecimiento propios). En sombreado están los lugares que difieren significativamente entre sí.

	Lagunillas '96	
Chanavayita	$L_{inf} = 108,0$	IC = 98,7 - 117,3
	$K = 0,288$	IC = 0,271 - 0,304
	$n = 120$	
	$F = 0,002$	$P = 0,999$
Tocopilla	$L_{inf} = 108,0$	IC = 95,4 - 120,6
	$K = 0,276$	IC = 0,258 - 0,295
	$n = 89$	
	$F = 0,411$	$P = 0,746$
Temblador '98	$L_{inf} = 108,0$	IC = 93,9 - 122,1
	$K = 0,277$	IC = 0,251 - 0,302
	$n = 74$	
	$F = 0,085$	$P = 0,968$

Tabla 4.20. Comparación de los parámetros de crecimiento entre los períodos 1990 y 1998 en Punta Lagunillas. Para la comparación se fijó  $L_{oo}=133$  y  $L_{oo}=145$ , que son los  $L_{oo}$  de la zona centro y macrozona centro-sur respectivamente (ver texto). Además se incorporaron en el análisis sólo los individuos por sobre 40 mm de longitud peristomal. F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para los dos períodos) versus el modelo completo (cada período con parámetros propios). En cada caso se indica el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.

Lagunillas'90		Lagunillas '90-98	
$L_{inf} = 133,0$	IC = 124,7 - 141,3	$L_{inf} = 133,0$	IC = 125,9 - 140,1
$K = 0,368$	IC = 0,360 - 0,376	$K = 0,396$	IC = 0,388 - 0,405
$n = 174$		$n = 216$	
Lagunillas'98		$F = 1,849$ $P = 0,139$	
$L_{inf} = 133,0$	IC = 113,2 - 152,8		
$K = 0,445$	IC = 0,403 - 0,487		
$n = 42$			

Lagunillas'90		Lagunillas '90-98	
$L_{inf} = 145,0$	IC = 135,6 - 154,4	$L_{inf} = 145,0$	IC = 136,9 - 153,1
$K = 0,319$	IC = 0,312 - 0,326	$K = 0,343$	IC = 0,336 - 0,350
$n = 174$		$n = 216$	
Lagunillas'98		$F = 1,740$ $P = 0,160$	
$L_{inf} = 145,0$	IC = 122,2 - 167,8		
$K = 0,382$	IC = 0,346 - 0,418		
$n = 42$			

Tabla 4.21. Comparación de los parámetros de crecimiento entre los dos períodos de estudio en Punta Lengua de Vaca. Para la comparación se fijó  $L_{inf}=133$  y  $L_{inf}=145$ , que son los  $L_{inf}$  de la zona centro y macrozona centro-sur respectivamente (ver texto). F corresponde a la prueba de razón de varianzas entre el modelo reducido (parámetros comunes para los dos períodos) versus el modelo completo (cada período con parámetros propios). En cada caso se indica el intervalo de confianza (IC) al 95% de cada parámetro.

Lengua Vaca'96			Lengua Vaca Temporal		
$L_{inf} =$	133,0	IC = 113,7 - 152,3	$L_{inf} =$	133,0	IC = 110,9 - 155,1
$K =$	0,361	IC = 0,314 - 0,407	$K =$	0,448	IC = 0,395 - 0,500
$n =$	20		$n =$	76	
Lengua Vaca'98			$F = 1,870$ $P = 0,143$		
$L_{inf} =$	133,0	IC = 102,3 - 163,7			
$K =$	0,504	IC = 0,431 - 0,577			
$n =$	56				

Lengua Vaca'96			Lengua Vaca Temporal		
$L_{inf} =$	145,0	IC = 118,5 - 171,5	$L_{inf} =$	145,0	IC = 118,4 - 171,6
$K =$	0,308	IC = 0,261 - 0,354	$K =$	0,381	IC = 0,335 - 0,426
$n =$	20		$n =$	76	
Lengua Vaca'98			$F = 1,824$ $P = 0,151$		
$L_{inf} =$	145,0	IC = 108,8 - 181,2			
$K =$	0,428	IC = 0,365 - 0,490			
$n =$	56				

Para Lengua de Vaca, independiente de los parámetros que se utilicen, siempre permanece la falta de diferencia entre los períodos de estudio.

En síntesis, en general, no existe gran variabilidad temporal del crecimiento, no apareciendo diferencias significativas entre diferentes períodos de estudio. No obstante, Punta Lagunillas, estando situada cerca del límite entre dos zonas de diferente crecimiento, estando por tanto en una probable zona de transición respecto a las características que condicionan el crecimiento, presentó diferencias entre años, pasando de un grupo al otro. Es decir, la variabilidad temporal en este caso tendría su principal causa en un pequeño desplazamiento del límite de las diferencias espaciales.

#### 4.12. Estimación de parámetros a partir de la estructura de talla con método propio

Las estimaciones de parámetros de crecimiento a partir del análisis de las series de tiempo de la estructura de talla resultan en valores que en general difieren de aquellos logrados mediante el seguimiento de individuos marcados (Tabla 4.22). Para las estimaciones se utilizaron los Loo que provienen del análisis realizado en base a los individuos marcados y recapturados. Con este método sólo se ajustó el K. En general los resultados no resultan muy satisfactorios. Con la sola excepción de Ancud, en que el K es al menos parecido, en todas las localidades los valores estimados mediante este método son completamente distintos. De acuerdo a ello el método aun necesita ser perfeccionado, incorporando la mortalidad en las proyecciones.

Tabla 4. 22. Parámetros de crecimiento que resultan de la estimación a base del análisis de la estructura de talla (primeras dos filas de la tabla). Para fines de comparación se han colocado en la parte de debajo de la tabla los parámetros estimados mediante los individuos marcados y recapturados.

	Chanavayita	Tocopilla	Temblador	Lagunillas	Lengua Vaca	Ancud	Puñihuil	Trinidad
Loo	108	108	108	133	133	149,5	149,5	122,5
K	0,099	0,337	0,513	0,167	0,034	0,407	0,044	0,114
Parámetros estimados mediante los marcados y recapturados (de Tabla 4.14)								
Loo	108	108	108	133	133	149,5	149,5	122,5
K	0,286	0,228	0,264	0,442	0,448	0,423	0,339	0,221

### 4.13. Morfometría

#### 4.13.1. Análisis de Relaciones

##### Relación Largo Total – Largo Peristomal

La Figura 4.28 muestra una fuerte dependencia del Largo Total respecto al Largo Peristomal (LP), dependencia que es apoyada por el ANOVA (Tabla 4.23), donde todas las pendientes resultaron ser altamente significativas (diferente a cero). Las localidades de Chanavayita, Tocopilla y Golfo Trinidad alcanzaron las mayores pendientes, sin embargo, sólo Tocopilla evidenció una relación significativamente mayor que Lagunillas y Lengua Vaca. Las restantes diferencias fueron leves y oscurecidas por la variabilidad intra-poblacional, variabilidad que aunque fue baja muchas veces fue mayor a la inter-poblacional, especialmente la registrada en el Golfo Trinidad (Tabla 4.23).

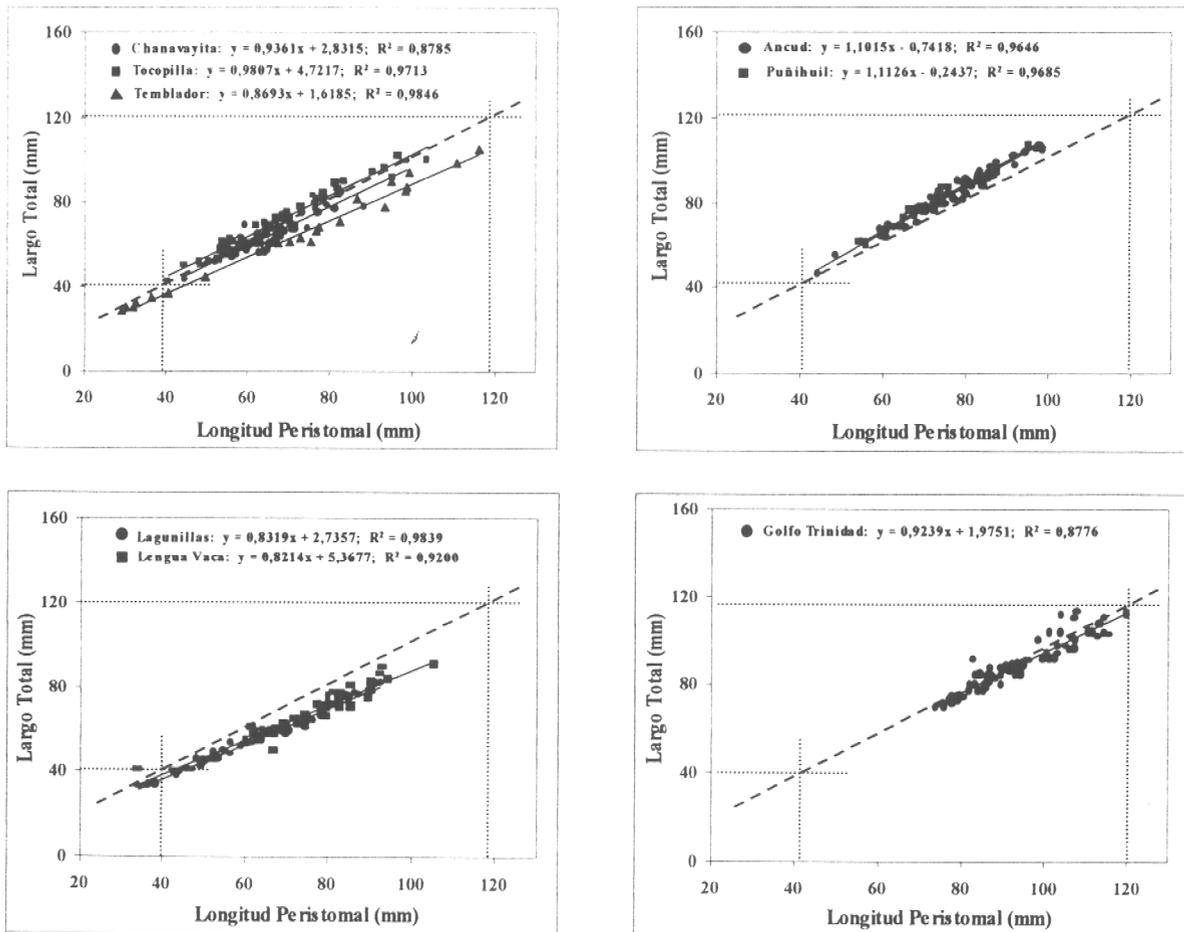


Figura 4.28. Relación Largo Total versus Largo Peristomal para las diferentes localidades.

No obstante no hay diferencias significativas entre las relaciones, existen diferencias evidentes entre los sitios en cuanto a esta relación. En las localidades de Tocopilla (Caleta Punta Arenas), Ancud y Puñihuil el Largo Total siempre es mayor al Largo Peristomal, diferencia que en las dos últimas localidades tiende a aumentar con la talla (pendiente sobre 1)(Fig. 4.28). En cambio en Tocopilla la relación tiende a mantenerse constante, con una pendiente muy cercana a uno. En cambio en el Temblador, Lagunillas y Lengua de Vaca el Largo Total siempre es menor al Largo Peristomal, con una clara tendencia a aumentar con la talla (pendiente menor a 1). A su vez en Chanavayita y Golfo Trinidad el Largo Total en general es igual al Largo Peristomal, pero con una tendencia a disminuir en la medida que crece.

Tabla 4.23. Análisis de varianza, de co-varianza y Test a posteriori de Tukey de la relación Largo Total versus Largo Peristomal de las localidades de estudio.

Relación Largo Total vs. Largo Peristomal

	Parámetros			ANOVA	
	Regresión Lineal		n	F	P
	a	b			
Chanavayita	2,8315	0,9361	66	7,232	0,009
Tocopilla	4,7217	0,9807	39	33,812	0,000
Temblador	1,6185	0,8693	23	63,798	0,000
Lagunillas	2,7357	0,8319	49	60,958	0,000
Lengua Vaca	5,3677	0,8214	46	11,501	0,001
Ancud	3,3811	0,8757	69	27,234	0,000
Puñihuil	2,4419	0,8705	17	30,744	0,000
Golfo Trinidad	1,9751	0,9239	78	7,168	0,009

Resultado Análisis de Co-Varianza para las Pendientes

$$F_{cal} = 2,958 \quad P = 0,005$$

$$F_{(7,371)0,05} = 2,034$$

Prueba a-posteriori de Tukey para las Pendientes

$$q_{0,05,371,8} = 4,286$$

	Chanavayita	Tocopilla	Temblador	Lagunillas	Lengua Vaca	Ancud	Puñihuil
Tocopilla	1,227						
Temblador	2,013	4,022					
Lagunillas	3,011	5,063	1,475				
Lengua Vaca	3,092	4,935	1,671	0,346			
Ancud	1,712	3,483	0,247	1,567	1,753		
Puñihuil	1,258	2,257	0,027	0,813	0,995	0,109	
Golfo Trinidad	0,344	1,867	2,056	3,249	3,274	1,655	1,108

### Relación Ancho versus Largo Peristomal

En general existe una relación muy significativa entre el ancho y el largo peristomal (Figura 4.29). Comparando las pendientes, se observa que en Chanavayita, Tocopilla, Ancud y Puñihuil y el Golfo Trinidad (sobre todo en esta última localidad) los individuos, en la medida que crecen, tienden a alargarse proporcionalmente mas. A su vez, en Temblador, Lagunillas y Lengua de Vaca (la IV Región), los individuos tienden a irse ensanchando proporcionalmente mas en la

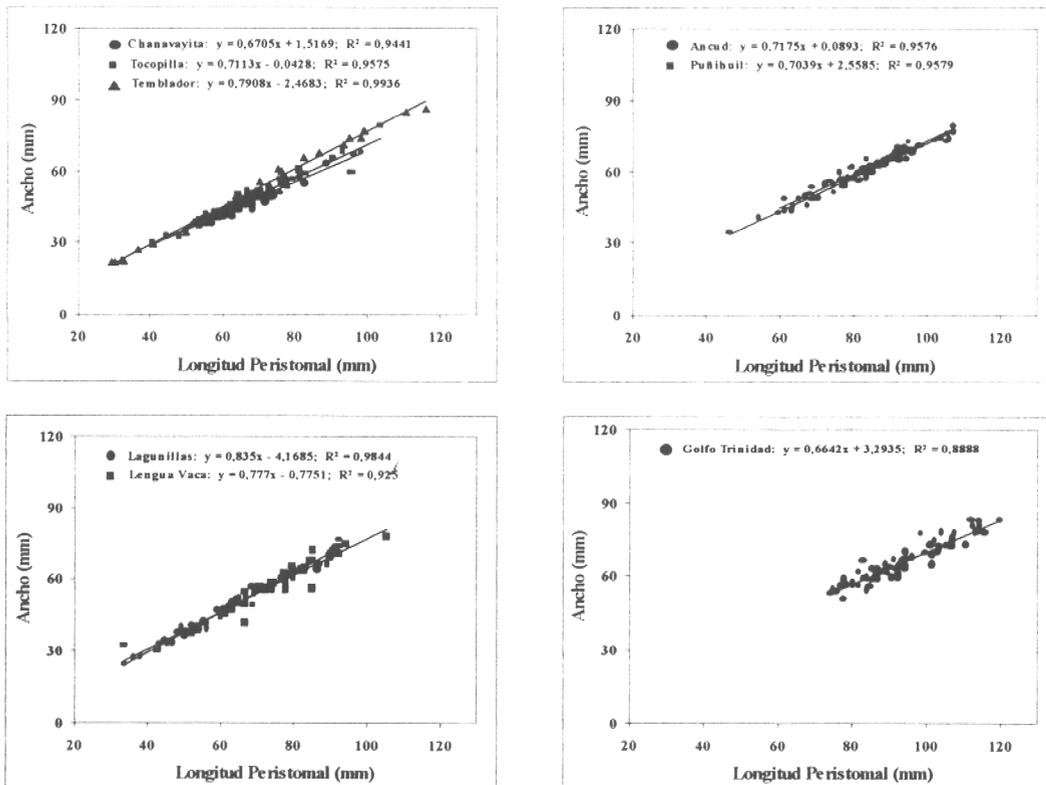


Figura 4.29. Relación Ancho versus Largo Peristomal para las diferentes localidades.

medida que crecen, mostrando pendientes mas altas (Fig. 4.29). Ello significa que tienden a ser mas redondas hacia las tallas mas grandes. Esta diferencia, al menos para Temblador y Lagunillas es estadísticamente significativa. Punta Lengua de Vaca sólo se diferencia del Golfo Trinidad, pero no del resto (Tabla 4.24). El resto de las localidades no presenta diferencias significativas entre si.

Tabla 4.24. Análisis de varianza, de co-varianza y Test a posteriori de Tukey de la relación Ancho versus Largo Peristomal de las localidades de estudio.

Relación Ancho vs. Largo Peristomal

	Parámetros Regresión Lineal		n	ANOVA	
	a	b		F	P
Chanavayita	1,5169	0,6705	66	16,894	0,000
Tocopilla	-0,0428	0,7113	39	22,510	0,000
Temblador	-2,4683	0,7908	23	156,114	0,000
Lagunillas	-4,1685	0,8350	49	63,111	0,000
Lengua Vaca	-0,7751	0,7770	46	12,327	0,001
Ancud	0,0893	0,7175	69	22,599	0,000
Puñihuil	2,5585	0,7039	17	22,760	0,000
Golfo Trinidad	3,2935	0,6642	78	7,995	0,006

Resultado Análisis de Co-Varianza para las Pendientes

$$F_{cal} = 7,602 \quad P = 0,000$$

$$F_{(7,371)0,05} = 2,034$$

Prueba *a-posteriori* de Tukey para las Pendientes

$$q_{0,05,371,8} = 4,286$$

	Chanavayita	Tocopilla	Temblador	Lagunillas	Lengua Vaca	Ancud	Puñihuil
Tocopilla	1,513						
Temblador	4,898	3,880					
Lagunillas	6,426	5,692	2,359				
Lengua Vaca	3,882	2,755	0,649	2,589			
Ancud	1,800	0,278	3,783	5,680	2,599		
Puñihuil	0,865	0,204	2,527	3,732	2,004	0,383	
Golfo Trinidad	0,240	2,088	6,442	8,156	4,873	2,474	1,113

### Relación Alto versus Largo Peristomal

Las pendientes de la relación Alto vs. LP mostraron ser significativa en 7 de las 8 ocasiones, a pesar de estar Golfo Trinidad muy próximo a serlo (Fig. 4.30 y Tabla 4.25). Esto último resulta importante dado que el ANCOVA no mostró diferencias significativas entre la totalidad de las pendientes lo que implica la misma tasa de cambio entre ambas variables a lo largo de toda la costa chilena.

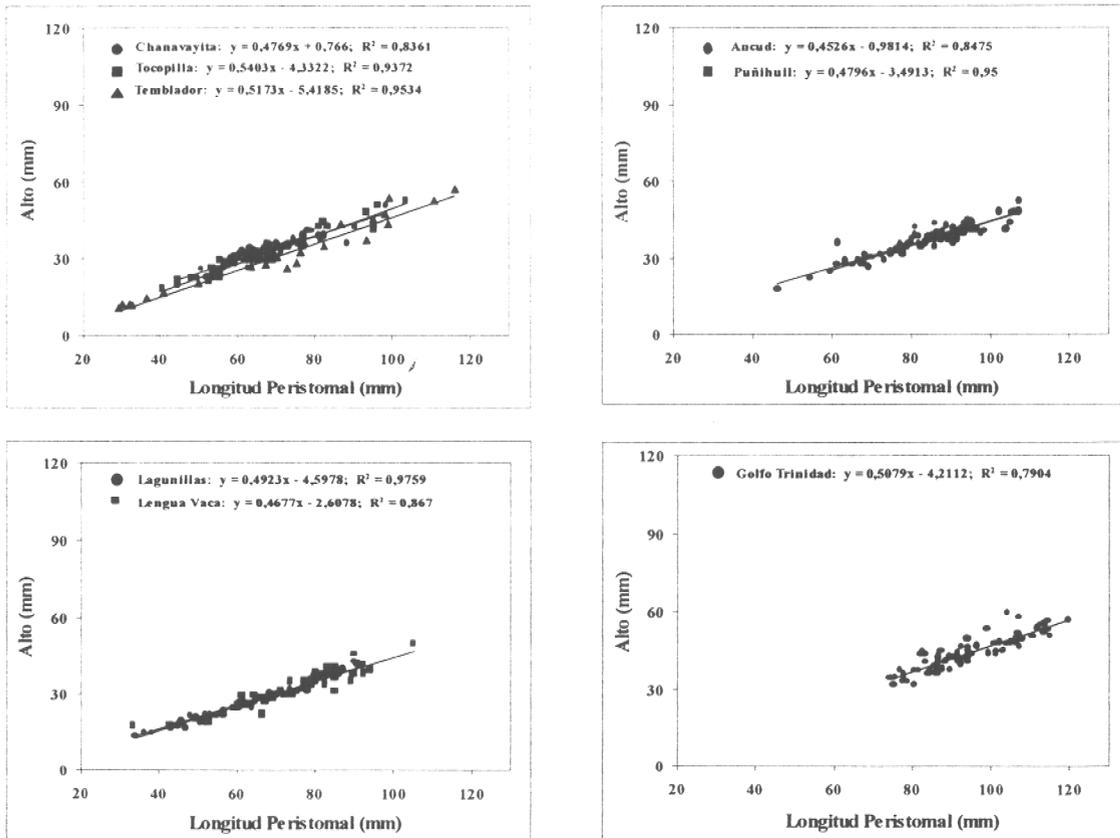


Figura 4.30. Relación Alto versus Largo Peristomal para las diferentes localidades.

Tabla 4.25. Análisis de varianza, y de co-varianza de la relación Alto versus Largo Peristomal de las localidades de estudio.

Relación Alto vs. Largo Peristomal

	Parámetros		n	ANOVA	
	Regresión Lineal			F	P
	a	b			
Chanavayita	0,7660	0,4769	66	5,103	0,027
Tocopilla	-4,3322	0,5403	39	14,918	0,000
Temblador	-5,4185	0,5173	23	20,467	0,000
Lagunillas	-4,5978	0,4923	49	40,565	0,000
Lengua Vaca	-2,6078	0,4677	46	6,520	0,014
Ancud	-0,9814	0,4526	69	5,557	0,021
Puñihuil	-3,4913	0,4796	17	19,000	0,001
Golfo Trinidad	-4,2112	0,5079	78	3,771	0,056

Resultado Análisis de Co-Varianza para las Pendientes

Fcal = 1,414                      P = 0,198  
 $F_{(7,371)0,05} = 2,034$

**Relación Grosor de Concha versus Largo Peristomal**

La relación entre el Grosor de la concha y el Largo Peristomal mostró pendientes de baja magnitud y escasa representatividad, siendo la única significativa la registrada para la localidad Temblador (Fig. 4.31. y Tabla 4.26). Ello señala de que este factor por una parte no se relaciona muy nitidamente a la talla (pendiente cercana a 0), y presenta una alta variabilidad en todas las tallas. Producto de esta generalizada baja confiabilidad de la relación, no se realizó el ANCOVA.

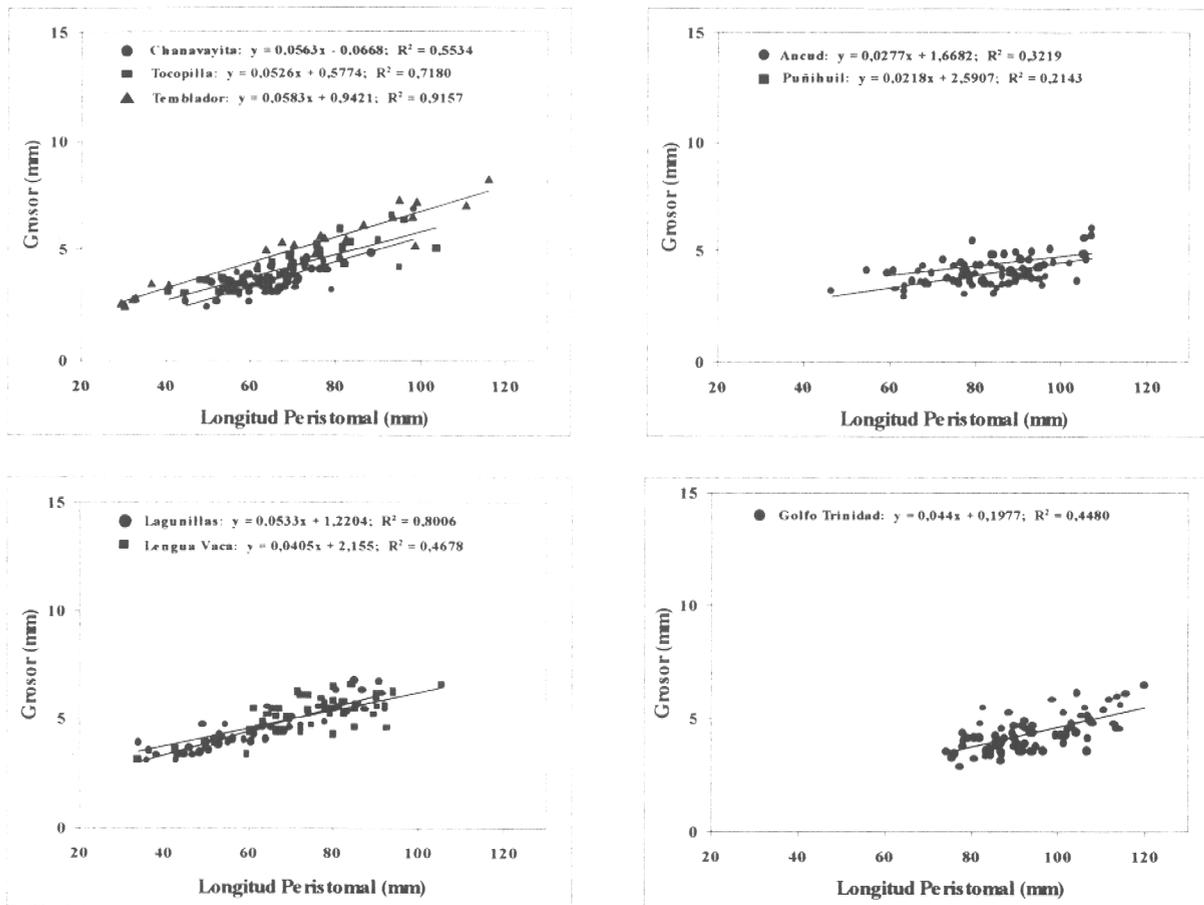


Figura 4.31. Relación Grosor de Concha versus Largo Peristomal para las diferentes localidades.

Tabla 4.26. Análisis de varianza de la relación Grosor de Concha versus Largo Peristomal de las localidades de estudio.

Relación Grosor vs. Largo Peristomal

	Parámetros Regresión Lineal		n	ANOVA	
	a	b		F	P
Chanavayita	-0,0668	0,0563	66	1,239	0,270
Tocopilla	0,5774	0,0526	39	2,546	0,119
Temblador	0,9421	0,0583	23	10,858	0,003
Lagunillas	1,2204	0,0533	49	4,015	0,051
Lengua Vaca	2,1550	0,0405	46	0,879	0,354
Ancud	1,6682	0,0277	69	0,475	0,493
Puñihuil	2,5907	0,0218	17	0,273	0,609
Golfo Trinidad	0,1977	0,0440	78	0,812	0,371

### Relación Rugosidad versus Largo Total

El factor Rugosidad mostró una gran variabilidad, la cual no se relacionó de ninguna manera clara con la Longitud Peristomal (Figura 4.32 y Tabla 4.27). La gran variabilidad tampoco permite detectar eventuales diferencias entre las localidades.

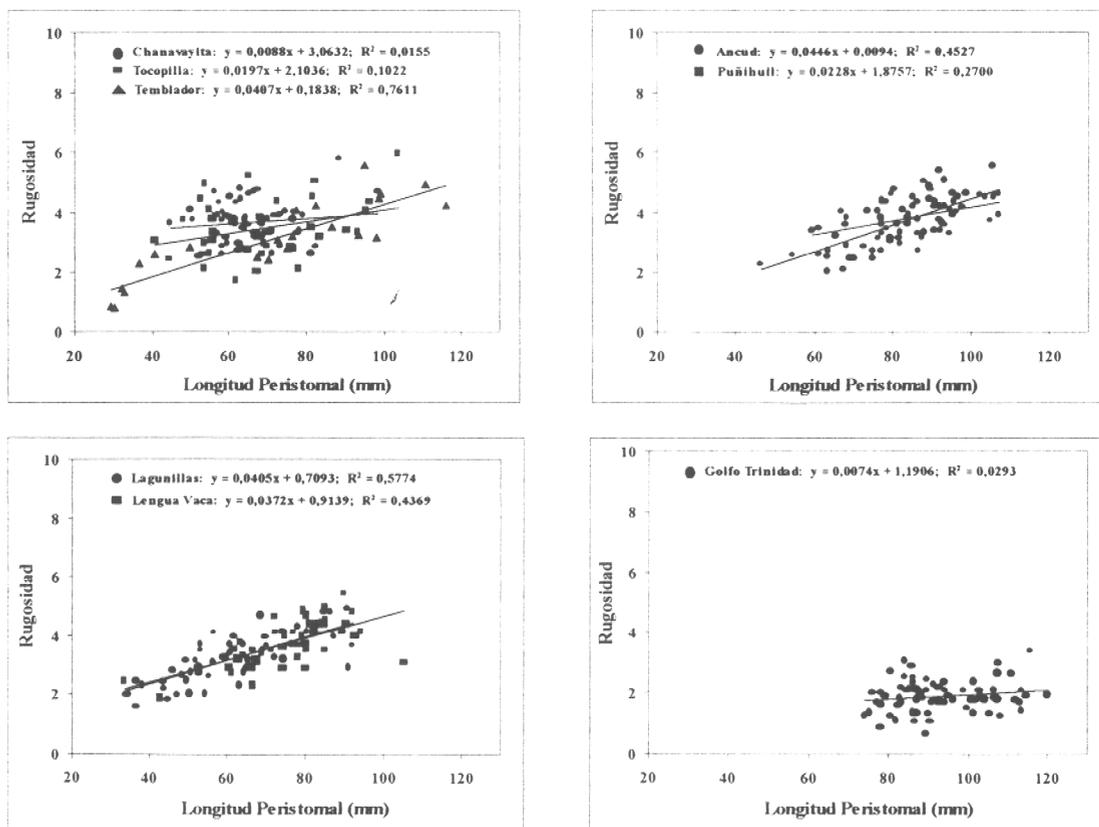


Figura 4.32. Relación Rugosidad de la Concha versus Largo Peristomal para las diferentes localidades.

Tabla 4.27. Análisis de varianza de la relación Rugosidad de la Concha versus Largo Peristomal de las localidades de estudio.

	Parámetros			ANOVA	
	Regresión Lineal		n	F	P
	a	b			
Chanavayita	3,0632	0,0088	66	0,016	0,900
Tocopilla	2,1036	0,0197	39	0,114	0,738
Temblador	0,1838	0,0407	23	3,185	0,089
Lagunillas	0,7093	0,0405	49	1,366	0,248
Lengua Vaca	0,9139	0,0372	46	0,776	0,383
Ancud	0,0094	0,0446	69	0,827	0,366
Puñihuil	1,8757	0,0228	17	0,370	0,552
Golfo Trinidad	1,1906	0,0074	78	0,030	0,863

### Relación Peso de la Concha versus Largo Peristomal

La relación gravimétrica entre Peso de la Concha y Longitud Peristomal fue alta y significativa en gran parte de las localidades, a excepción de Golfo Trinidad, el que al ser incluido en el ANCOVA presentó, en términos estadísticos, la mayor pendiente de entre todas las localidades estudiadas (Figura 4.33. y Tabla 4.28). Entre el resto de las localidades no hay diferencias significativas.

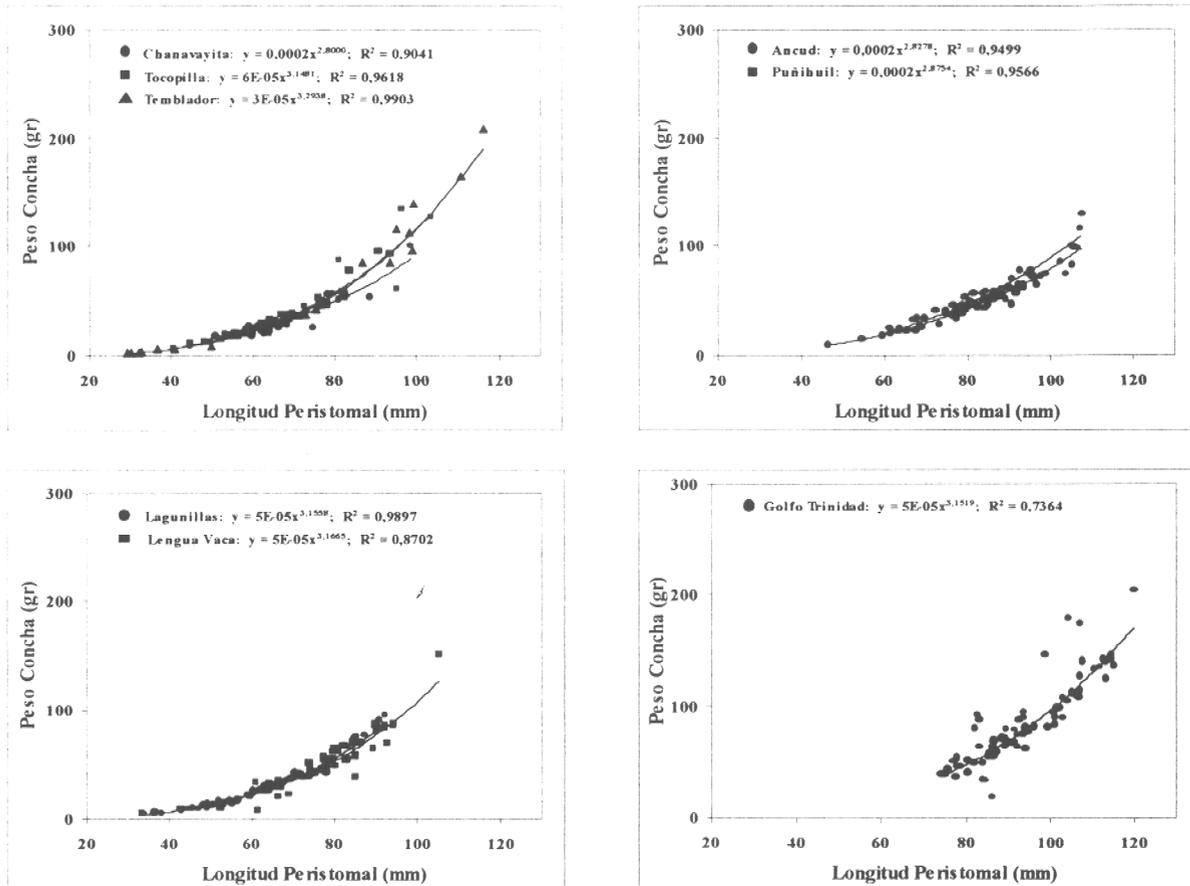


Figura 4.33. Relación Peso de la Concha versus Largo Peristomal para las diferentes localidades.

Tabla 4.28. Análisis de varianza, de co-varianza y Test a posteriori de Tukey de la relación Peso de la Concha versus Largo Peristomal de las localidades de estudio.

Relación Peso Concha vs. Largo Peristomal

	Parámetros Regresión Lineal			ANOVA	
	a	b	n	F	P
Chanavayita	-63,4871	1,4221	66	6,143	0,016
Tocopilla	-85,6407	1,8647	39	6,326	0,016
Temblador	-77,3022	1,9170	23	5,050	0,036
Lagunillas	-61,2113	1,4837	49	10,542	0,002
Lengua Vaca	-84,6954	1,7816	46	4,145	0,048
Ancud	-80,4770	1,5708	69	6,762	0,011
Puñihuil	-94,0474	1,8021	17	12,346	0,003
Golfo Trinidad	-180,6170	2,8217	78	3,484	0,066

Resultado Análisis de Co-Varianza para las Pendientes

Fcal = 12,699                      P = 0,000  
 F<sub>(7,371)0,05</sub> = 2,034

Prueba a-posteriori de Tukey para las Pendientes

q<sub>0,05,371,8</sub> = 4,286

	Chanavayita	Tocopilla	Temblador	Lagunillas	Lengua Vaca	Ancud	Puñihuil
Tocopilla	2,971						
Temblador	3,640	0,460					
Lagunillas	0,434	3,165	4,173				
Lengua Vaca	2,366	0,629	1,154	2,403			
Ancud	1,030	2,381	3,225	0,760	1,661		
Puñihuil	1,780	0,313	0,603	1,636	0,101	1,177	
Golfo Trinidad	9,625	7,675	8,317	11,539	8,115	10,502	5,168

#### 4.13.2. Análisis de Conglomerados

El análisis de conglomerados, basado en la distancia euclidiana de las pendientes (exceptuando la relación gravimétrica) y que resume las relaciones morfométricas entre las poblaciones de locos del conjunto de localidades, mostró dos grupos discretos, uno con asociaciones más similares que reunió las localidades de la III y IV Regiones y un segundo agrupando al resto de las localidades (Fig. 4.34). En este último resaltan dos pares de asociaciones estrechas: Chanavayita-Golfo Trinidad y Ancud-Puñihuil. Mientras que la mayoría de las asociaciones resultantes están conformadas por localidades espacialmente próximas, la asociación entre Chanavayita y Golfo Trinidad está constituida por los puntos extremos del rango geográfico considerado en el estudio.

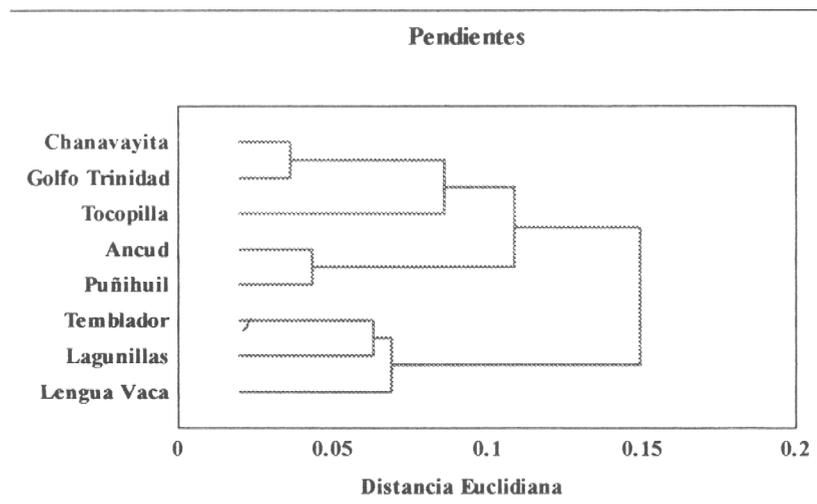


Figura 4.34. Análisis de conglomerados de todas las pendientes de las relaciones morfométricas (exceptuando la relación gravimétrica).

El grado de relación de los cambios ontogenéticos de la morfología experimentado por las distintas poblaciones de locos estudiadas, se observan en los análisis de conglomerados de la Figura 4.35. Para las estimaciones de LT, An y AL de individuos de 100 mm de LP, basadas en las regresiones lineales de las respectivas localidades, el análisis agrupó a las localidades

más extremas, Chanavayita, Golfo Trinidad y Tocopilla, y en un núcleo más compacto a las localidades de la zona central y sur, ambos grupos evidentemente discretos (diferenciándose de la relación de la gráfica anterior en que la asociación Ancud/Puñihuil ya no se corresponde con las localidades geográficas extremas). El mismo patrón se observa en el análisis con las estimaciones de individuos de 80 mm LP, no obstante, con diferencias de menor magnitud. Sin embargo, esta relación se quiebra en individuos de menor tamaño (estimaciones de 60 mm y 40 mm), en donde junto con disminuir sus diferencias, Chanavayita y Tocopilla emergen como una unidad separada, ingresando Golfo Trinidad al núcleo compacto de localidades donde se asocia estrechamente con Ancud. En este grupo compacto de localidades también se observan cambios importantes en la relación de sus morfologías, a pesar de su baja magnitud.

En síntesis, las diferencias son leves en a tallas mas pequeñas del loco y se van acentuando en la medida que los individuos crecen.

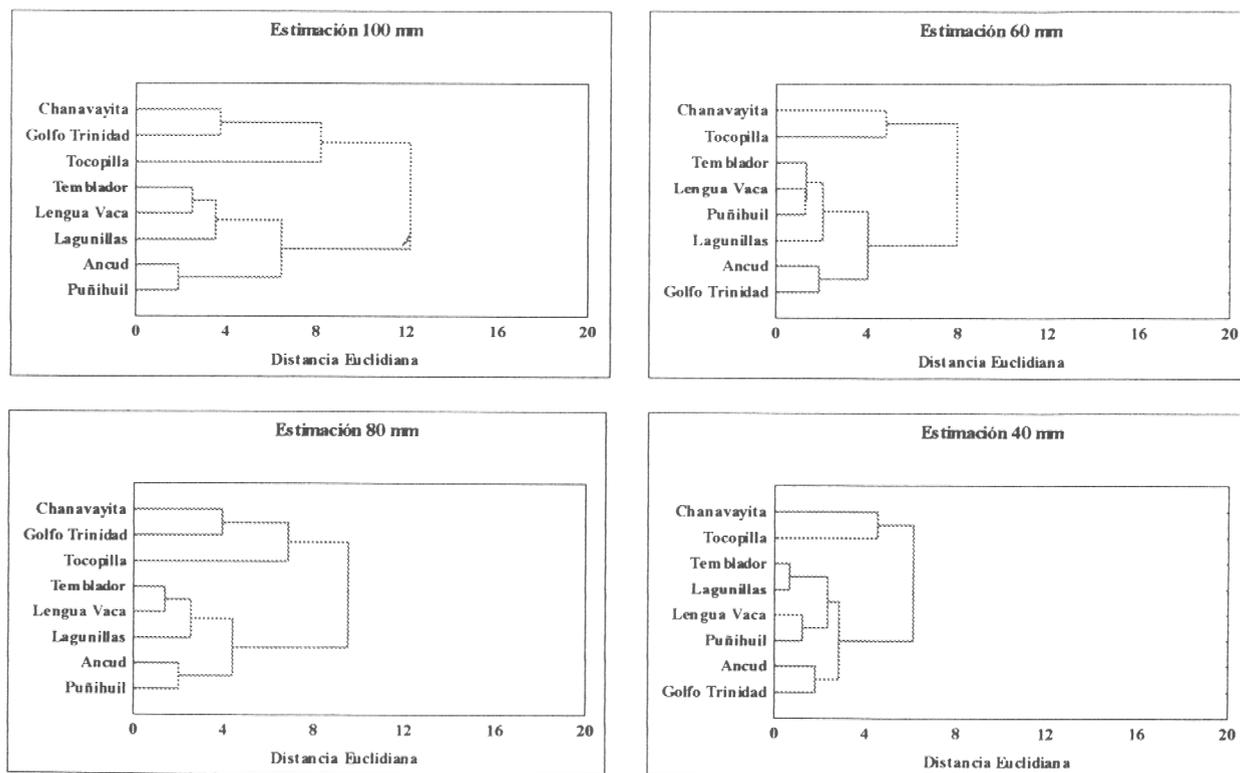


Figura 4.35. Análisis de conglomerados por tallas, considerando todas las relaciones morfométricas (sin la relación gravimétrica)

### 4.13.3. Índice morfométrico

Los resultados de la exploración de relaciones morfométricas se muestra en la Tabla 4.29. La relación que mejor describió las relaciones morfométricas de individuos de 100 mm LP resultó de la razón Al/An vs. LT/An, estandarizadas por LT (Fig. 4.36). Las localidades de Lagunillas, Lengua Vaca y Temblador (círculos) presentan valores bajos en ambas razones, traduciéndose en individuos de baja altura con una base de la concha de forma más bien circular. Esta relación progresivamente se invierte a través de Ancud y Puñihuil (triángulos), Golfo Trinidad (rombo) hasta el extremo opuesto donde se encuentra Chanavayita y Tocopilla (cuadrados) con ejemplares con conchas de mayor altura y una base alargada.

Tabla 4.29. Resumen de las relaciones morfométricas analizadas, con su respectiva función.

<b>Pendientes</b>		
<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Función</b>
Largo Total	Ancho	$y = -0,731\text{Ln}(x) + 0,6463$ ; $R^2 = 0,5282$
Largo Total	Alto	$y = 0,299x + 0,2258$ ; $R^2 = 0,3202$
Largo Total	Alto/Ancho	$y = 1,020\text{Ln}(x) + 0,7961$ ; $R^2 = 0,8413$
Largo Total	(Alto/Ancho)*Largo Total	$y = 1,523\text{Ln}(x) + 0,7842$ ; $R^2 = 0,9397$
Largo Total/Ancho	(Alto/Ancho)*Largo Total	$y = 0,662\text{Ln}(x) + 0,4745$ ; $R^2 = 0,8506$
<b>Individuo de 100 mm LP</b>		
<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Función</b>
Largo Total	Ancho	$y = -50,767\text{Ln}(x) + 302,8600$ ; $R^2 = 0,6181$
Largo Total	Alto	$y = 0,336x + 15,1200$ ; $R^2 = 0,8034$
Largo Total	Alto/Ancho	$y = 0,8657\text{Ln}(x) - 3,2832$ ; $R^2 = 0,878$
Largo Total	(Alto/Ancho)*Largo Total	$y = 141,240\text{Ln}(x) - 580,2100$ ; $R^2 = 0,9652$
Largo Total/Ancho	(Alto/Ancho)*Largo Total	$y = 180,760\text{Ln}(x) + 75,6700$ ; $R^2 = 0,9705$

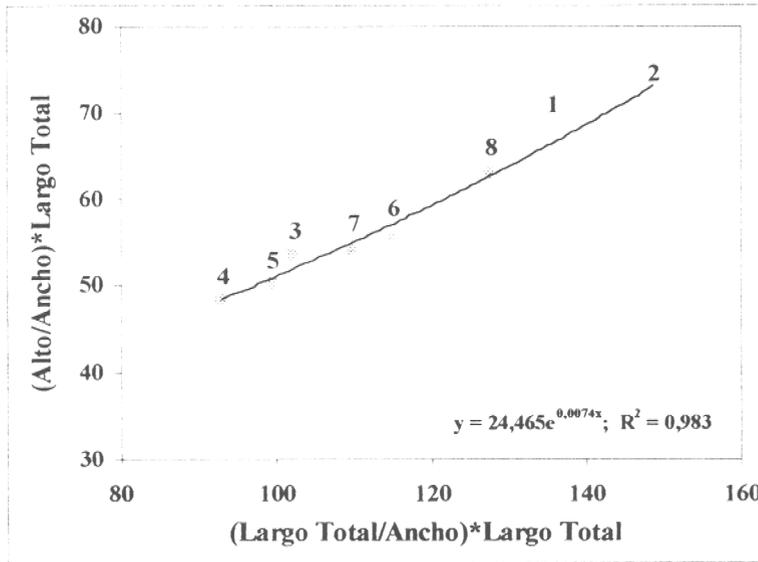


Figura 4.36. Relación entre relaciones morfométrica estandarizadas para un individuo de 100 mm de longitud peristomal (1=Chanavayita, 2=Tocopilla, 3=Temblador, 4=Lagunillass, 5=Lengua de Vaca, 6=Ancud, 7=Puñihuil y 8=Golfo Trinidad)

#### 4.13.4. Predictor del crecimiento

El análisis de la relación entre diversos índices morfométricos y el crecimiento (Fig. 4.37) dio como el mejor predictor del parámetro que resume los parámetros  $K$  y  $L_{\infty}$  de la función de crecimiento,  $\emptyset$ , la relación multiplicativa de las pendientes  $Al*LT$ . En la Fig. 4.38, en el gráfico inferior derecho y Tabla 4.29 se observan dos grupos discretos de  $\emptyset$  con un valor promedio de 3,91 (DE = 0,043) para las localidades de Lagunillas, Lengua Vaca, Ancud y Puñihuil, y de 3,49 (DE = 0,046) para Chanavayita, Tocopilla, Temblador y Golfo Trinidad. El umbral entre ambos grupos de  $\emptyset$  se encuentra alrededor de 0,44 de la relación de pendientes  $Al*LT$ , relación morfométrica derivada de la gráfica anterior y que describe la relación funcional de ambas variables a través de todo el espectro de tallas de las respectivas poblaciones. A ambos grupos de  $\emptyset$  se le asoció una función, resultando la forma exponencial como la mejor descriptora, no obstante, ambas no fueron significativas a un  $\alpha = 0,05$ .

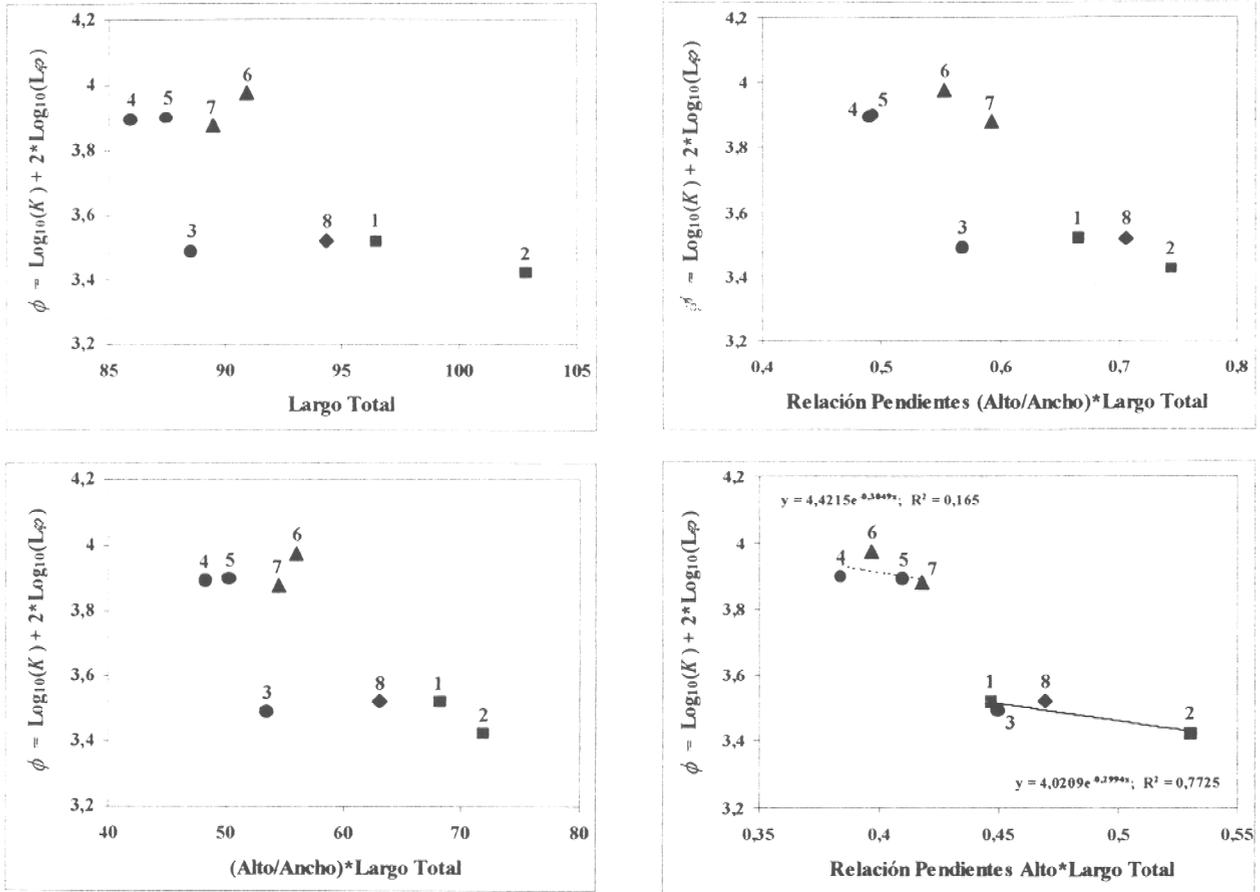


Figura 4.37. Análisis de relaciones morfométricas en función del crecimiento expresado en términos de  $\phi$ . Las medidas morfométricas de la izquierda corresponden a individuos de 100 mm LP. Las de la derecha utilizan las pendiente, or lo que representan a todo el rango de talla. (1=Chanavayita, 2=Tocopilla, 3=Temblador, 4=Lagunillass, 5=Lengua de Vaca, 6=Ancud, 7=Puñihuil y 8=Golfo Trinidad)

Tabla 4.30. Valores de  $\phi$  y del índice morfométrico, dado por las pendientes de alto y largo total versus longitud peristomal para las diferentes localidades.

	Chanavayita	Tocopilla	Temblador	Lagunillas	Lengua Vaca	Ancud	Puñihuil	Golfo Trinidad
$\phi$	3,523	3,425	3,488	3,893	3,899	3,976	3,879	3,521
$bAl*bLT$	0,446	0,530	0,450	0,410	0,384	0,396	0,417	0,469

#### 4.14. Estimación de parámetros de crecimiento para cualquier sitio a lo largo de la costa de Chile.

Los parámetros de crecimiento estimados para los sitios estudiados a lo largo de la costa, muestran un patrón que permitiría estimar parámetros para cualquier sitio a lo largo de la costa entre la I y X Regiones. En la Figura 4.38 se muestra el patrón mostrado por el Loo, observándose que existe un gradiente respecto a este parámetro, con una disminución hacia el norte. Este gradiente se ha representado por una parte mediante una regresión a través de los Loo estimados individualmente para cada sitio (curva A en la Fig. 4.38). Para esa regresión no se ha incluido el valor de Temblador ni de Lagunillas, que resultaron excesivamente altos. Por otra parte, se muestra también el gradiente mediante la simple unión de los valores de Loo estimados para las diferentes zonas (curva B en la Fig. 4.38).

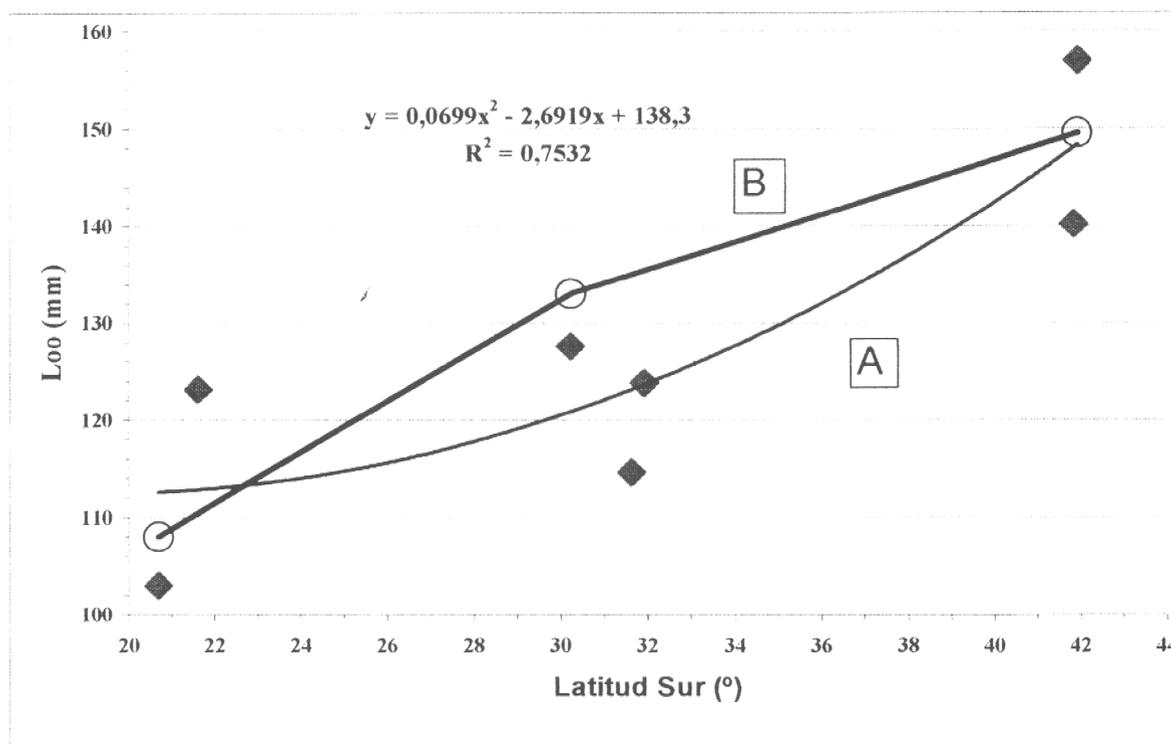


Figura 4.38. Gradiente de L infinito en función de la latitud.

Utilizando el gráfico de la Fig. 4.38 se puede estimar los parámetros de crecimiento mediante el siguiente procedimiento:

1. Proyectar la latitud para la cual se desea estimar los parámetros de crecimiento sobre la curva B. Se sugiere utilizar la curva B en vez de la A, pues está basada en valores de Loo estimados con mayor número de datos.
2. Proyectar el punto de la curva que resultó el paso anterior, sobre la abscisa y leer ahí el correspondiente valor del Loo.
3. Determinar el phi que corresponde a la latitud para la cual se quiere estimar los parámetros. Si el sitio está al sur de los 30°S, se debe utilizar el valor phi de  $\emptyset = 3,91$ . Si la localidad está al norte de los 30° S, el valor phi a utilizar será  $\emptyset = 3,49$
4. Conocido el Loo y el phi, el K se puede estimar mediante la siguiente ecuación:

$$K = 10^{(\emptyset - 2 \log(L_{oo}))}$$

5. En el caso que la localidad para la cual se estima los parámetros de crecimiento se encuentra en el límite de los 30°S, se debería analizar la morfometría. Si el valor de la pendiente de la relación  $\frac{\text{Álto}}{\text{Largo Peristomal}}$ , multiplicado por el valor de la pendiente Largo Total versus Largo Peristomal tiene como resultado un valor inferior a 0,44, se deberá utilizar  $\emptyset = 3,91$ . En caso que el valor resulte estar por sobre 0,44, se deberá utilizar  $\emptyset = 3,49$ .

Este procedimiento entregará una aproximación a los parámetros de crecimiento promedio de la localidad. Utilizando el procedimiento se entrega en la Tabla 4.31 los valores estimados para cada una de las regiones de Chile, entre la I y X Región.

Tabla 4.31. Valores de Loo y K estimados para las diferentes regiones del país

Región	Loo	K
I	108	0,264
II	110	0,255
III	124	0,201
IV	133	0,459
V	137	0,433
VI	138	0,427
VII	140	0,415
VIII	142	0,403
IX	145	0,387
X	148	0,371

#### 4.15. Transformación de Talla a Edad

##### 4.15.1. Método de Quinn y Deriso, 1999

En la Figura 4.39 se muestra el resultado de la transformación de la estructura de talla de Lagunillas de enero 1999 en una estructura de edades. De acuerdo a la Figura 4.14, en ese mes se observan las medias de hasta tres clases de edad en el rango de talla muestreado, por lo que se inició la estimación suponiendo un total de 5 clases de edad presentes. En la parte de arriba de la Fig. 4.39 se muestra la estructura inicial y las curvas de distribución de las edades. Para realizar la transformación se utilizó la varianza que resultó en la estimación de los parámetros de crecimiento mediante los incrementos de talla de los individuos marcados y recapturados. En la parte de abajo de la Fig. 4.39 se muestra la estructura de edades resultantes

de la transformación. El aporte de los grupos de edades en cada una de las clase de talla se encuentra en la Tabla 4.32.

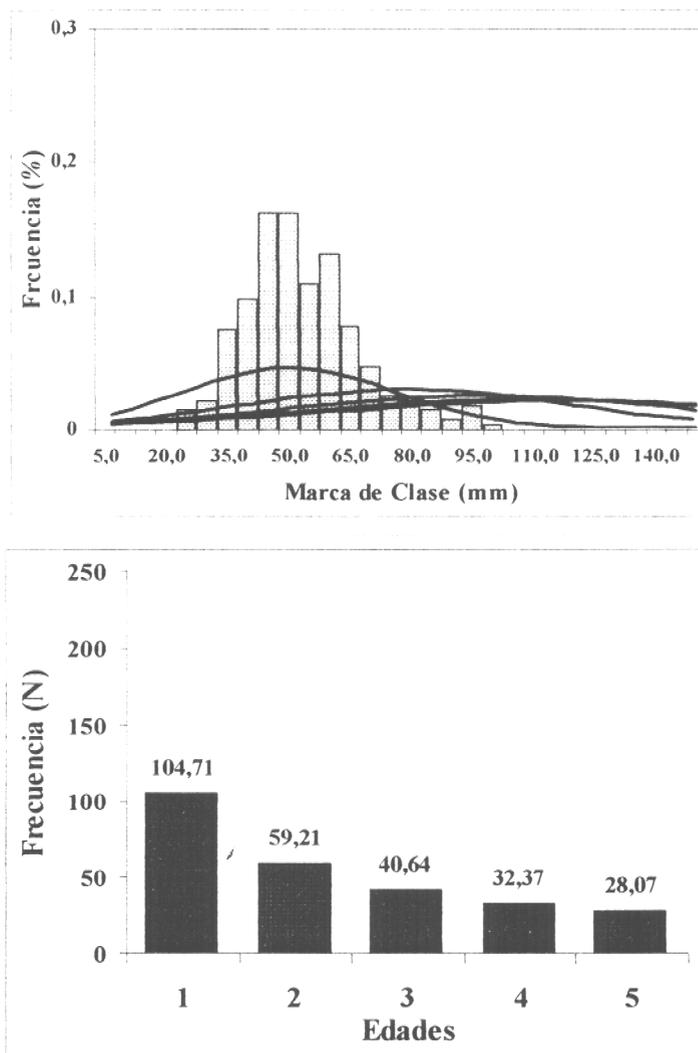


Figura 4.39. Transformación de la estructura de talla de enero 1999 de Punta Lagunillas (arriba) en una estructura de edad.

Tabla 4.32. Número de individuos de cada edad presentes en cada clase de talla en la población de locos de Punta Lagunillas en enero 1999.

MC [cm] $l_j$	Edad $t_a$					Total MC
	1	2	3	4	5	
5						
10						
15						
20						
25	1,92	0,79	0,52	0,41	0,36	4,00
30	2,90	1,18	0,77	0,61	0,53	6,00
35	9,62	3,98	2,60	2,04	1,76	20,00
40	12,25	5,28	3,44	2,70	2,33	26,00
45	19,57	8,98	5,88	4,61	3,97	43,00
50	18,61	9,28	6,14	4,82	4,15	43,00
55	11,73	6,50	4,36	3,44	2,97	29,00
60	12,97	8,18	5,59	4,43	3,83	35,00
65	6,97	5,11	3,58	2,86	2,48	21,00
70	3,77	3,28	2,37	1,91	1,66	13,00
75	1,73	1,82	1,36	1,11	0,97	7,00
80	1,22	1,60	1,24	1,03	0,91	6,00
85	0,65	1,08	0,88	0,74	0,65	4,00
90	0,25	0,54	0,46	0,39	0,35	2,00
95	0,47	1,34	1,20	1,05	0,95	5,00
100	0,07	0,26	0,25	0,22	0,20	1,00
105						
110						
115						
120						
125						
130						
135						
140						
145						
150						
<b>Total Edad</b>	104,71	59,21	40,64	32,37	28,07	265,00

En la Figura 4.40 se muestra como segundo ejemplo el resultado de la transformación de la estructura de talla de Tocopilla (Caleta Punta Arenas) de enero 1999 en una estructura de edades. De acuerdo a la Figura 4.5, en ese mes se observan las medias de aproximadamente 5 clases de edad en el rango de talla muestreado, por lo que se inició la estimación suponiendo un total de 7 clases de edad presentes. En la Fig. 4.40 se muestra la estructura

inicial y la estructura de edades resultantes de la transformación. A su vez en la Tabla 4.33 se resumen los números de individuos de cada clase de edad en cada clase de talla.

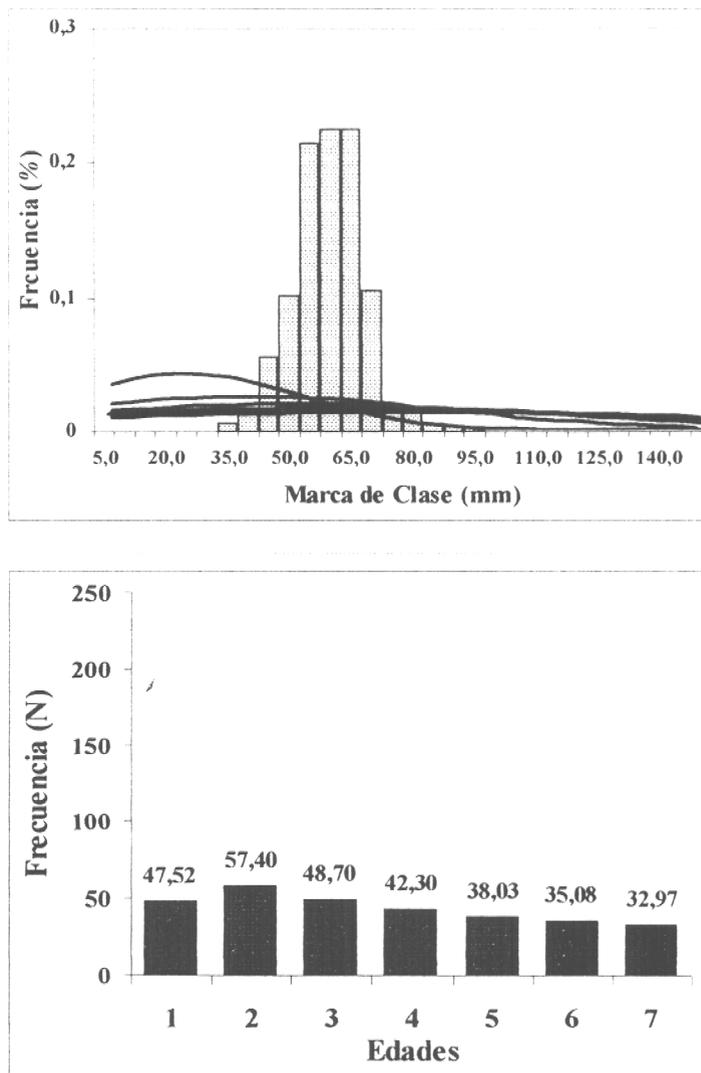


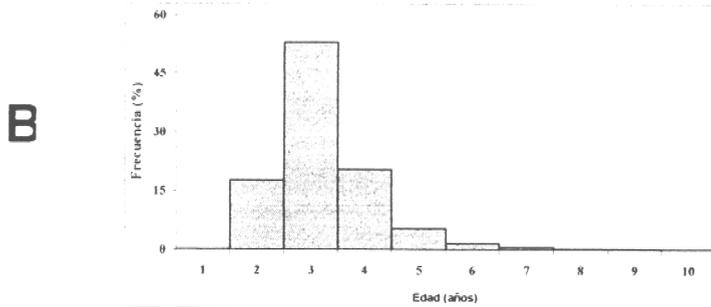
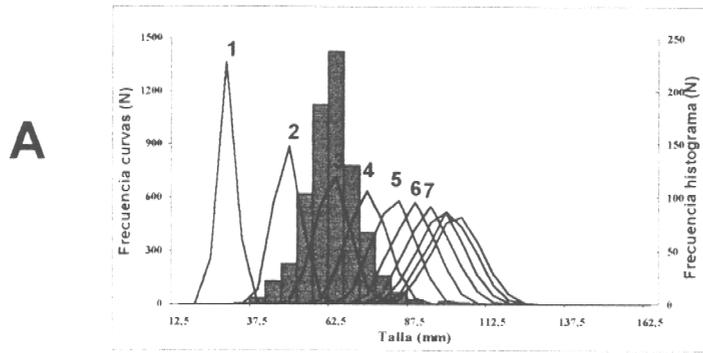
Figura 4.40. Transformación de la estructura de talla de septiembre 1998 de Caleta Punta Arenas (Tocopilla) (arriba) en una estructura de edad (abajo).

Tabla 4.33. Número de individuos de cada edad presentes en cada clase de talla en la población de locos de Caleta Punta Arenas en septiembre 1998.

MC [cm] $l_j$	Edad $t_u$							Total MC
	1	2	3	4	5	6	7	
5								
10								
15								
20								
25								
30								
35	0,57	0,37	0,28	0,23	0,20	0,18	0,17	2,00
40	1,06	0,74	0,57	0,47	0,42	0,38	0,36	4,00
45	4,08	3,21	2,49	2,09	1,85	1,69	1,58	17,00
50	6,60	5,91	4,70	3,98	3,54	3,24	3,03	31,00
55	11,96	12,49	10,19	8,72	7,79	7,15	6,70	65,00
60	10,53	13,07	11,02	9,54	8,56	7,88	7,40	68,00
65	8,62	12,98	11,35	9,95	8,98	8,31	7,82	68,00
70	3,22	6,01	5,47	4,87	4,43	4,11	3,88	32,00
75	0,47	1,10	1,05	0,95	0,87	0,81	0,77	6,00
80	0,29	0,88	0,88	0,81	0,75	0,71	0,67	5,00
85	0,08	0,34	0,36	0,33	0,31	0,29	0,28	2,00
90	0,03	0,16	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	1,00
95	0,02	0,15	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	1,00
100								
105								
110								
115								
120								
125								
130								
135								
140								
145								
150								
<b>Total Edad</b>	47,52	57,40	48,70	42,30	38,03	35,08	32,97	302,00

### 3.15.2. Transformación de estructura de talla en estructura de edad con método propio

En las Figuras 4.41 a 4.43 se muestran los resultados de la transformación en edades de la estructura de talla para tres sitios a lo largo de la costa de Chile realizados mediante el método propio. En este caso, y como era de esperar, recién cerca de la talla máxima las edades se



**C**

MC [cm] $l_j$	Edad $t_x$										Total MC	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2.5												
7.5												
12.5												
17.5												
22.5												
27.5												
32.5	0.119	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.119	
37.5	0.048	0.667	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.714	
42.5	0.000	2.619	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.619	
47.5	0.000	4.424	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.524	
52.5	0.000	8.228	4.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	12.262	
57.5	0.000	1.683	19.668	0.912	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	22.262	
62.5	0.000	0.123	21.956	5.944	1.308	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	28.333	
67.5	0.000	0.000	6.475	7.664	1.206	0.132	0.000	0.000	0.000	0.000	15.476	
72.5	0.000	0.000	0.717	4.625	2.121	0.405	0.094	0.014	0.000	0.000	7.976	
77.5	0.000	0.000	0.034	1.096	1.225	0.596	0.167	0.061	0.027	0.010	3.214	
82.5	0.000	0.000	0.000	0.145	0.464	0.334	0.197	0.102	0.044	0.024	1.310	
87.5	0.000	0.000	0.000	0.011	0.105	0.169	0.125	0.084	0.060	0.041	0.595	
92.5												
97.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.036	0.066	0.087	0.088	0.077	0.357	
102.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.009	0.033	0.054	0.066	0.075	0.238	
107.5												
112.5												
117.5												
122.5												
127.5												
132.5												
137.5												
142.5												
147.5												
152.5												
157.5												
162.5												
167.5												
172.5												
177.5												
182.5												
<b>Total Edad</b>	0.167	17.744	52.985	20.397	5.433	1.682	0.682	0.401	0.285	0.226	100.000	

Figura 4.41 A: Estructura de talla de Chanavayita (histograma) del muestreo realizado en Diciembre 1998, a la cual se han sobrepuesto las curvas teóricas de la distribución de tallas a la edad. Sobre cada curva se señala la edad que representa. B: Estructura de edades de la misma muestra de A. y C: Tabla de las proporciones de edades dentro de cada talla o viceversa.

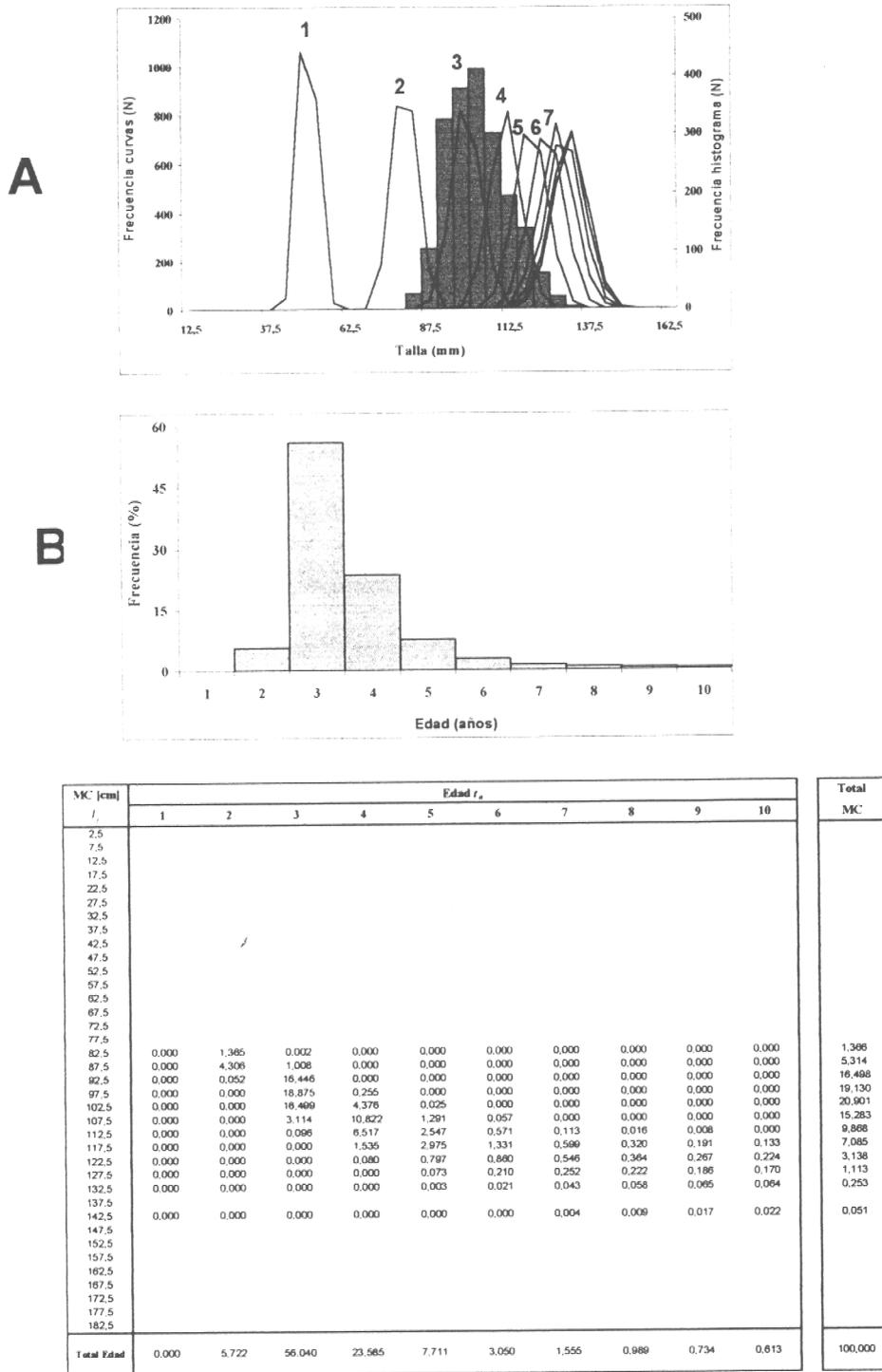
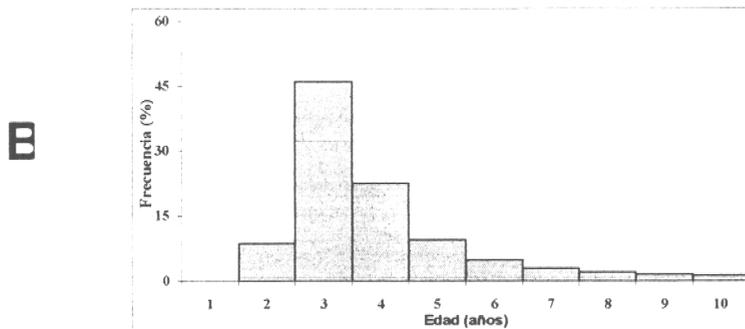
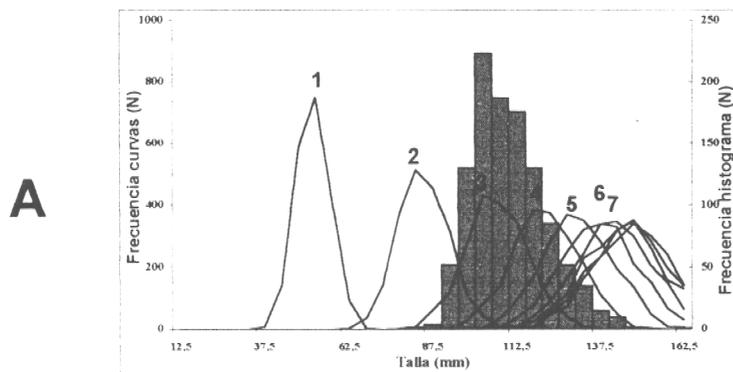


Figura 4.42. A: Estructura de talla de la captura de Diciembre 1984 de Los Vilos (histograma), a la cual se han sobrepuesto las curvas teóricas de la distribución de tallas a la edad. Sobre cada curva se señala la edad que representa. B: Estructura de edades de la misma muestra de A. y C: Tabla de las proporciones de edades dentro de cada talla o viceversa.



**C**

MC [cm]	Edad $t_x$										Total MC
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2.5											
7.5											
12.5											
17.5											
22.5											
27.5											
32.5											
37.5											
42.5											
47.5											
52.5											
57.5											
62.5											
67.5											
72.5											
77.5											
82.5	0,000	0,178	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,181
87.5	0,000	0,317	0,045	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,362
92.5	0,000	3,384	1,299	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,706
97.5	0,000	3,209	7,712	0,732	0,113	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,765
102.5	0,000	1,488	15,381	3,048	0,213	0,142	0,000	0,000	0,000	0,000	20,271
107.5	0,000	0,225	11,357	4,048	1,058	0,112	0,112	0,000	0,000	0,000	16,923
112.5	0,000	0,000	6,843	5,883	1,961	0,760	0,200	0,120	0,080	0,080	15,928
117.5	0,000	0,000	2,597	4,889	2,165	0,993	0,590	0,331	0,127	0,102	11,765
122.5	0,000	0,000	0,616	2,451	1,848	1,048	0,590	0,446	0,380	0,315	7,892
127.5	0,000	0,000	0,134	0,995	1,235	0,841	0,554	0,387	0,314	0,247	4,706
132.5	0,000	0,000	0,018	0,393	0,643	0,592	0,452	0,423	0,342	0,305	3,167
137.5	0,000	0,000	0,000	0,084	0,214	0,254	0,254	0,199	0,176	0,176	1,357
142.5	0,000	0,000	0,000	0,024	0,096	0,161	0,170	0,157	0,156	0,141	0,905
147.5	0,000	0,000	0,000	0,001	0,014	0,023	0,032	0,037	0,036	0,036	0,161
152.5											
157.5											
162.5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,005	0,011	0,023	0,025	0,025	0,090
167.5											
172.5											
177.5											
182.5											
<b>Total Edad</b>	0,000	8,781	48,005	22,540	9,570	4,932	2,936	2,121	1,637	1,427	100,000

Figura 4.43. A: Estructura de talla de la captura de Diciembre 1984 de Ancud (histograma), a la cual se han sobrepuesto las curvas teóricas de la distribución de tallas a la edad. Sobre cada curva se señala la edad que representa. B: Estructura de edades de la misma muestra de A. y C: Tabla de las proporciones de edades dentro de cada talla o viceversa.

superponen, pero no así en los primeros 3 a 4 años. De acuerdo a esto, la población muestreada en Chanavayita está formada principalmente por individuos de 3 años de edad, es decir que reclutaron al bentos en el año 1995 (Fig. 4.41). A su vez, la estructura de talla de la captura registrada en Los Vilos en Diciembre de 1984 (previo a la veda y al gran auge de las capturas a nivel nacional, datos de Bustos et al., 1985), muestran que las capturas se centraron principalmente en los individuos de 3 años de edad, que son los que están en tallas alrededor de la talla mínima de captura de 10 cm de longitud peristomal (Fig. 4.42). En este caso la superposición de clases de edad es relativamente poca hasta las edades de 4 a 5 años. Y finalmente, en Ancud (datos de Bustos et al., 1985) también la pesca se centra principalmente en la edad de 3 años, la cual en este caso sin embargo, por el crecimiento mas rápido, está compuesta por individuos de mayor tamaño que por Ejemplo en Los Vilos (Fig. 4.43).

## 5. DISCUSION

### 5.1. Enfoque metodológico de la investigación

#### 5.1.1. Marcaje y recaptura versus lectura de marcas de crecimiento

Cuando existen marcas de crecimiento en estructuras duras de las especies, es posible determinar directamente la edad de cada individuo. Esta es una práctica común, utilizada en peces (utilizando otolitos o escamas) y moluscos (utilizando las conchas u opérculos, y mas recientemente también estatolitos). Para validar esas marcas como indicadores de edad, se debe determinar el número de marcas para individuos de edad conocida. Si se logra demostrar una relación directa entre edad y número de marcas, estas se aceptan como indicadores de edad. Sin embargo debe ser una relación directa, de escasa variabilidad, o esa variabilidad debe ser significativamente menor a la que existe entre la relación edad y talla. Pues de no ser así, el usar las marcas resulta tan poco preciso como usar la talla como indicador de edad.

Para que se dé una relación edad y marca de crecimiento de escasa variabilidad, debe existir regularmente en cada año un evento que genere una marca. También puede haber mas de un evento, pero entonces deben ser todos los años el mismo número de eventos, para que la relación edad - número de marcas se mantenga. En moluscos, en se ha demostrado que la detención o reducción del crecimiento en algún momento es el evento que genera esas marcas. Por tanto, en mares de ciclo estacional marcado, en que durante el invierno las actividades biológicas prácticamente se detienen, cesando el crecimiento por completo, los moluscos presentan marcas en las conchas que sirven para determinar directamente la edad de cada individuo. En esas latitudes el crecimiento de moluscos, o invertebrados en general, se concentra en la primavera y verano, meses en que aumenta significativamente la temperatura, generándose una gran productividad primaria y secundaria. Es este el caso de los países Europeos y costas de Estados Unidos del Atlántico norte, en donde por tanto se han generado y utilizado con éxito métodos de determinación de edad, utilizando marcas de crecimiento en estructuras duras para moluscos.

La costa de Chile, por efecto de la corriente de Humboldt presenta una variabilidad estacional de temperaturas muy pequeña. A su vez, a esta escasa variabilidad anual se

superpone una variabilidad de corto plazo, generada por ejemplo por los eventos de surgencia. Así, en algunos meses la variabilidad de temperatura en un sitio determinado puede ser mayor a la variabilidad que se registra en el curso del año. Por ejemplo véanse las variaciones de temperaturas registradas en Caleta Punta Arenas (Tocopilla) (Fig. 4.4), en que no existe variabilidad estacional alguna, sin embargo hay variabilidades de corto plazo de 2-3°C. A su vez, en el sur de Chile, en Ancud (Fig. 4.19), donde si existe una leve estacionalidad de la temperatura, al menos al interior de la bahía, en la primavera aparecen variaciones muy marcadas de temperatura, que en pocos días la llevan de nuevo a los mismos niveles del invierno. A su vez, la costa abierta de Chiloé, representada por Puñihuil (4.22), parece no tener grandes variaciones de temperatura entre invierno y primavera, pero si gran variabilidad de corto plazo en primavera. Diferente a esto es el extremo sur, pues en el Golfo Trinidad (Fig. 4.25) si se observa una marcada estacionalidad. Pero para la costa del sur, centro y norte de Chile, en que viven las principales poblaciones del loco, no existe una estacionalidad marcada.

Considerando la escasa variabilidad estacional de la temperatura, resulta poco probable que las marcas de crecimiento que los moluscos de la costa del sur, centro y norte de Chile presentan en sus partes duras (conchas, opérculos y probablemente estatolitos) tengan una relación directa de escasa variabilidad con la edad. En ese contexto, las marcas de crecimiento, analizadas a nivel poblacional, pueden eventualmente ser utilizadas para estimar los parámetros de crecimiento. De hecho para el loco se ha utilizado esta técnica, tanto para Chiloé como para la zona central de Chile (Bustos, Adlerstein). Sin embargo esas estimaciones presentan las mismas incertidumbres de cualquier método que utiliza la estructura de tallas para estimar los parámetros de crecimiento. En un ensayo de lectura de anillos de crecimiento en cortes de concha de loco realizado por nosotros mismos, constatamos las dificultades para interpretarlos a nivel poblacional. Y esto es válido probablemente para la mayoría de los invertebrados en nuestras costas. Al menos se ha probado para el ostión del norte (Stotz & González, 1998), en el cual no fue posible usar los anillos para una estimación de crecimiento a nivel poblacional. Algo similar se probó también recientemente para el erizo (FIP IT/97-30), en el cual se observó que en un año puede generar entre 1,5 y 4 anillos, con un promedio de 2,4. Es decir, para el erizo los

anillos de crecimiento a lo mas sirven para estimar los parámetros a nivel poblacional, pero no para determinar la edad de un individuo en particular.

Considerando los antecedentes anteriores, se descartó a priori el utilizar marcas de crecimiento para estimar crecimiento y para utilizarlas como indicadores de edad. Pues si ya su análisis a nivel poblacional presenta problemas, a nivel de individuo su utilización para determinar la edad es inútil. Y esto, con gran probabilidad, independiente de que estructura se utilice. Pues, el problema en el loco (y demás invertebrados) no es que no se vean las marcas, sino el significado de ellas. Para el estatolito hasta el momento sólo se ha demostrado que se logran ver marcas (Day et al., 1998). Sin embargo se puede plantear como hipótesis, que esas marcas se correlacionan estrechamente con los anillos de crecimiento en la concha. Y de ser así, resultarían tan inútiles como aquellas para determinar con certeza la edad de individuos específicos.

Con el fin de reforzar la hipótesis, de que para el loco, como probablemente para la mayoría de los invertebrados de nuestras costas, las marcas de crecimiento no sirven para determinar la edad de individuos específicos, se hace a continuación un análisis de la variabilidad estacional del crecimiento de los individuos estudiados en el presente trabajo. Para que se generen marcas de crecimiento de utilidad para la determinación de edad, el crecimiento de todos o la gran mayoría de los individuos debe mostrar una muy clara estacionalidad, en la cual sincrónicamente la mayoría deja de crecer en algún momento del año. A su vez, en el resto del año no deben haber individuos que dejen de crecer. Pues cada vez que un individuo deja de crecer, forma una marca. Si vemos individuos dejando de crecer en diferentes épocas, por tanto generando marcas en diferentes épocas, estas no se correlacionarán con la edad. Y viceversa, si en el momento en que todos los individuos dejaron de crecer, algunos lo siguen haciendo, estos no generarán marcas, destruyendo también la correlación entre edad y marcas de crecimiento.

En la Figura 5.1. se muestra los incrementos para las cuatro estaciones: invierno, primavera, verano y otoño, analizados para lapsos de tiempo diferentes entre marcaje y recaptura. De acuerdo a esto, la población del loco muestra una clara estacionalidad, con

los menores crecimientos en invierno, aumentando notablemente en primavera, mostrando el verano y otoño situaciones intermedias. En invierno una gran proporción de individuos no creció, es decir, habría formado una marca de crecimiento en esa época (son individuos que durante al menos 30 días no crecieron nada). No obstante, otra fracción de la población, de magnitud similar a la anterior, siguió creciendo en invierno, y por tanto no habría formado marca de crecimiento. Las tasas de crecimiento de estos últimos individuos son similares al promedio logrado en primavera-verano. Por otra parte, en todas las épocas del año, con la sola excepción de la primavera, aparecen individuos de crecimiento reducido o nulo. Es decir, habría individuos que también generan marcas de crecimiento en otras épocas, diferentes al invierno.

En síntesis, las marcas de crecimiento, en el mejor del caso sirven a nivel poblacional: en promedio los individuos de mayor edad tendrían mayor número de anillos (pasan mas inviernos), sin embargo este promedio va acompañado de una variabilidad, pudiendo probablemente formarse anualmente al menos entre cero y 2 anillos.

De acuerdo a Stotz et al. (in litteris), en la IV Región, el principal alimento del loco lo constituyen los cirripedios. Nuestras observaciones en el marco del presente proyecto, sugieren lo mismo para la X Región. Y los cirripedios son en general más abundantes y de mas fácil consumo en primavera (aun son de tamaños pequeños, para romperlos). Probablemente es esa la causa del buen crecimiento observado en los meses de primavera. A su vez, durante el verano y otoño los locos, en conjunto con las estrellas (*Stichaster striatus* y *Heliaster helianthus* principalmente, observaciones personales) terminan consumiendo la mayor parte de los cirripedios, de modo que ya en invierno el alimento disponible se torna escaso. Al inicio se consumen principalmente los cirripedios sobre superficies abiertas, quedando aquellos en las grietas, pero a los cuales los individuos mas grandes ya no acceden, creciendo por tanto marcadamente menos que los de tamaño mas pequeño (ver incrementos versus talla en verano, Fig. 5.1). Y esa escasez de alimento, mas que una eventual baja temperatura, probablemente es la causa del poco crecimiento de muchos de los individuos en invierno y en otras épocas del año.

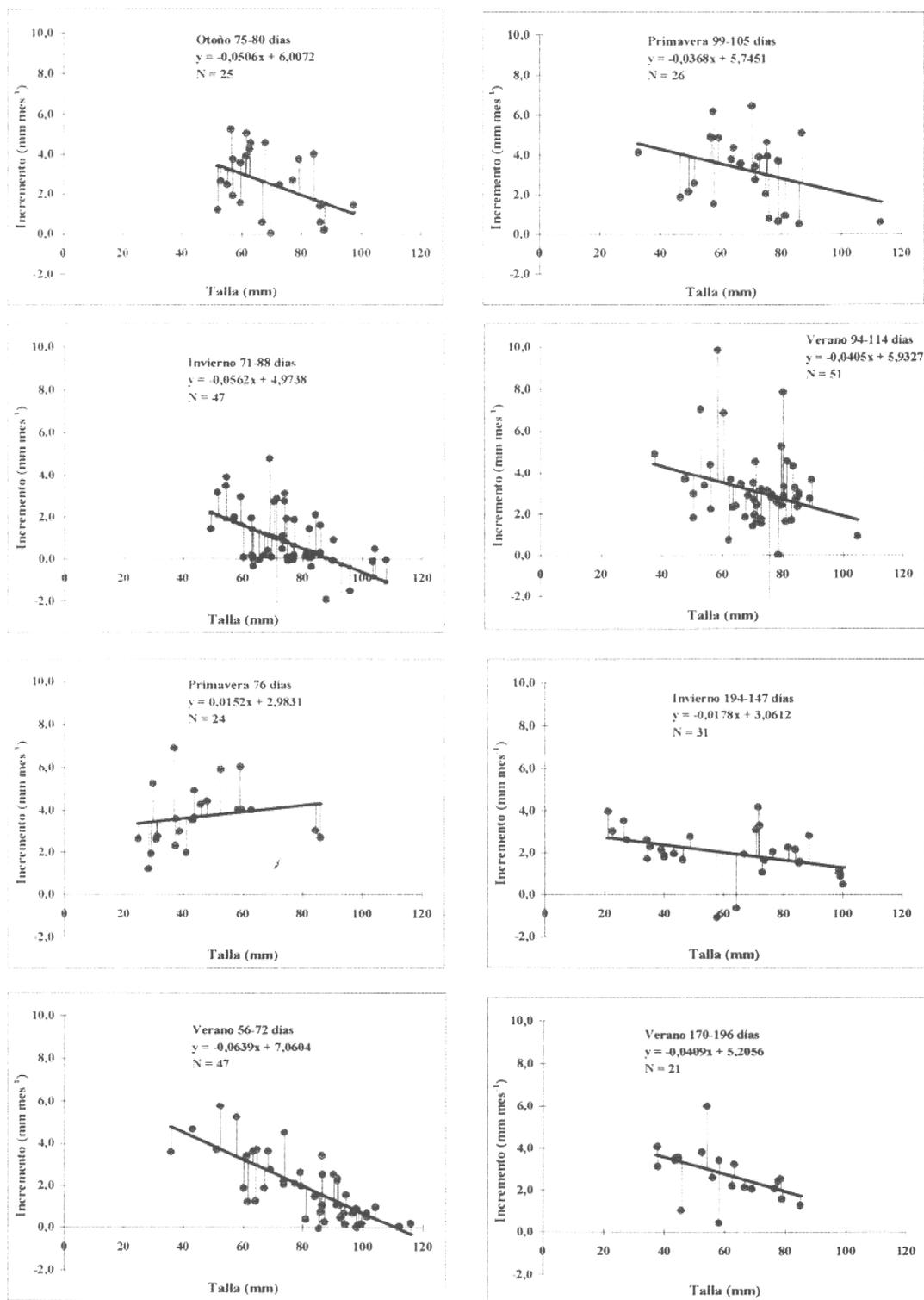


Figura 5.1. Incrementos versus talla en diferentes épocas del año y para diferentes períodos de tiempo entre marcaje y recaptura. Datos de locos en el centro-sur de Chile 1998-1999.

En general, el loco, como probablemente la mayoría de los invertebrados en nuestras costas, crecen mas en función de la cantidad y calidad de alimento disponible, que en función de la variabilidad de los factores ambientales. Y, si bien la abundancia de alimento en el curso del año puede mostrar variaciones, que genera ciclos anuales de crecimiento, esto sucede sólo a nivel de promedio poblacional, no a nivel de individuo, como bien lo muestran los datos presentados en la Figura 5.1. Un individuo particular puede quedar sin alimento en cualquier momento del año, no creciendo en ese momento. O puede encontrar alimento, cuando en general la mayoría de los individuos ya no lo encuentran, por tanto creciendo.

En síntesis, si bien la existencia de marcas de crecimiento como indicadores de edad es algo muy **deseable**, es algo muy poco **esperable** en nuestras especies. Y en ese marco, los resultados “esperados” (tal como los expresa el evaluador), mas bien representaban resultados “deseados”, pero alejados de nuestra realidad biológica y ambiental. Y fue en ese contexto que desde un inicio se planteó el presente trabajo con un enfoque diferente. Se puso el énfasis en conocer la variabilidad espacial y temporal del crecimiento, buscando algún indicador de velocidad de crecimiento (en la morfometría), mas que un indicador de edad. Y para ello estudiar el crecimiento en forma directa, mediante el seguimiento de individuos marcados, mas que en forma indirecta a través del análisis de estructuras de talla o marcas de crecimiento. Con ello se genera un resultado indiscutible, que no resulta de una interpretación o análisis (que puede tener algún sesgo u error), sino de una medición directa. No se está interpretando lo que el loco pudiera estar haciendo, sino que se mide efectivamente en forme directa lo que hace. Pueden plantearse dudas respecto a la representatividad de los resultados. Sin embargo, la gran variabilidad en los datos, y el patrón general que emerge, sugieren que con un mayor número de observaciones posiblemente se podrá reducir la variabilidad, pero en el promedio poco cambiará. Es decir, pueden haber individuos que crecen mas o menos de lo observado para las diferentes regiones, pero en promedio dificilmente será muy diferente al crecimiento descrito en este trabajo (en el marco de los límites de confianza señalados para los parámetros). Y en ese sentido, el enfoque elegido dio los resultados esperados, en cuanto a entregar los

parámetros de crecimiento promedio (con los respectivos límites de confianza) y su variabilidad (o varianza) a lo largo del gradiente latitudinal, y al menos para algunos sitios, en función del tiempo. También fue posible identificar un primer indicador de velocidad de crecimiento en la morfometría, el cual aun puede ser perfeccionado.

El insistir en buscar un indicador de edad, por ejemplo en el estatolito, sin duda que constituye una investigación de gran interés académico, con el fin de poner a prueba las hipótesis aquí planteadas. Pero desde un punto de vista práctico, considerando la baja probabilidad de éxito, pues todas las evidencias apuntan en la dirección contraria, en el contexto de la evaluación de recursos bentónicos, los esfuerzos debieran enfocarse mas en desarrollar metodologías basadas en la talla, en vez de seguir buscando indicadores de edad, que con gran probabilidad no se encontrarán. Es decir, mas bien enfocar los esfuerzos en desarrollar metodologías de análisis que den cuenta de las particularidades de nuestras especies y la dinámica de nuestras comunidades costeras, mas que insistir en buscar en nuestras especies características que no tienen, pero que las metodologías comúnmente usadas exigen.

### **5.1.2. Gompertz o Van Bertalanffy**

Para el loco en general se ha utilizado como función de crecimiento la ecuación de van Bertalanffy. Sólo Reyes y Moreno (1990) ajustaron a una cohorte de individuos pequeños una función exponencial. En ese caso particular, lo que se hizo fue ajustar una función a las variaciones del tamaño promedio de un grupo de individuos en el tiempo. Los autores mediante dos ajustes, uno exponencial y otro lineal al promedio de tallas, y su proyección sobre la talla de asentamiento de 1,8 mm, interpretan que el asentamiento debe haber ocurrido entre enero y fines de mayo. No obstante, los mismos resultados permiten otra interpretación. Si se analiza la Figura 1 (pagina 160), se observa que hasta los tres meses después de iniciadas las observaciones seguían ingresando individuos pequeños. Por ejemplo en Septiembre vuelven a aparecer individuos entre 2,0 y 2,9. Es poco probable que esos individuos tengan 4 meses de edad, como lo sugieren los autores, al concluir que el asentamiento termina a fines de mayo. La baja representación de los individuos recién

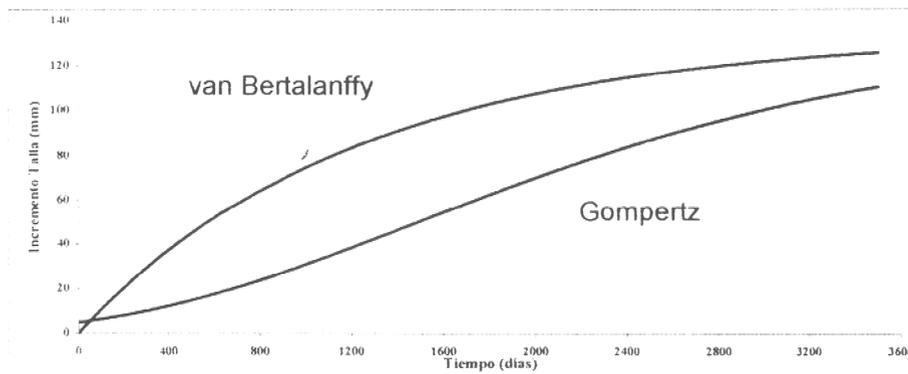
asentados (1,8 mm) puede también a causa de los problemas de malas mareas bajas y fuerte oleaje en el período, que los propios autores reconocen dificultaron el trabajo. Por otra parte, en muestreos de larvas realizados en el año 1991 (Moreno, Asencio e Ibañez, 1993), encuentran larvas competentes hasta septiembre. Considerando esto, se puede suponer que la talla promedio de esa cohorte, a la cual ingresan permanentemente individuos pequeños, permanece artificialmente baja, no representando en realidad su crecimiento. Y en el momento que dejan de ingresar, es decir finaliza el asentamiento, el tamaño promedio de la cohorte comienza a crecer a una velocidad mayor. En síntesis, el aparente crecimiento exponencial en esa edad, dependiendo de la interpretación de los datos que se haga, podría resultar como artefacto de método.

No obstante, mediciones de Knickmeier (1996) de juveniles metamorfoseados en el laboratorio muestran que efectivamente durante los primeros dos meses se puede observar un crecimiento tipo exponencial, pero ya a partir de los 5 mm aproximadamente el crecimiento se torna lineal o se ajusta a una función de van Bertalanffy. Cabe sin embargo hacer notar que eran juveniles mantenidos en laboratorio, los cuales, al eventualmente no contar con el alimento adecuado, mostraron esa conducta. Una vez de mayor tamaño pudieron aprovechar bien los cirripedios ofrecidos, se normalizó su crecimiento. Pero aceptando que esa fase de crecimiento exponencial sea real, los datos de Knickmeier (1996) señalan que al ajustar van Bertalanffy, la edad se subestimaría en máximo dos meses, lo cual para efectos prácticos, al estimar edades de individuos en las capturas, resulta poco relevante. Al menos no lo suficientemente relevante como para usar un ajuste Gompertz, para satisfacer lo que se observa con los juveniles, siendo que para los individuos adultos la función de van Bertalanffy describe mucho mejor el crecimiento.

Para probar lo anterior, se realizó una comparación de los ajustes utilizando las funciones de Gompertz y van Bertalanffy. Para ello se utilizaron los datos de marcaje y recaptura obtenidos en Lagunillas entre 1990 y 1992, pues ellos incluyen un amplio espectro de tallas, sobre todo las talla mas pequeñas, que son necesarias para verificar si el crecimiento tiene en las tallas pequeñas una forma exponencial. Quinn & Deriso (1999) sugieren que cuando se comparan modelos con igual número de parámetros (que es el caso

de Gompertz y van Bertalanffy), el criterio de elección debe orientarse a la menor suma de cuadrados de los residuos entre la talla de recaptura (observada) y la predicha por los respectivos modelos (es decir el que muestra menor varianza).

En la Figura 5.2 se muestran los ajustes con ambas funciones. Se observa, que indistintamente si se fija o no el Loo, siempre el mejor ajuste resulta con van Bertalanffy, con una evidente menor varianza (expresada como desviación estándar) asociada. Y en ese contexto, el uso de van Bertalanffy para describir el crecimiento del loco aparece plenamente justificado. El utilizar un ajuste Gompertz para las tallas entre 40 y 80 mm de longitud peristomal generaría una sobreestimación exagerada de la edad, que está muy lejos de nuestras observaciones directas del crecimiento de individuos pequeños en terreno y en laboratorio. Por ejemplo, de acuerdo a Gompertz, un individuo de 40 mm tendría cerca de tres años de edad, en virtud que por ejemplo Knickmeier (1996) logra esa talla al año en el laboratorio, con todas las limitaciones que el crecimiento en laboratorio pudiera tener. Sería claramente erróneo utilizar Gompertz.



**Ajuste Gompertz**

**Parámetros fijos**

	322	Limite inf.	Limite sup.
n			
Linf	133,0	81,1	184,9
K	0,300	0,259	0,341
$\sigma$	45,2726		

**Parámetros Libres**

	322	Limite inf.	Limite sup.
n			
Linf	56,3	50,7	61,8
K	3,329	3,161	3,497
$\sigma$	18,1411		

**Ajuste von Bertalanffy**

**Parámetros fijos**

	322	Limite inf.	Limite sup.
n			
Linf	133,0	123,2	142,8
K	0,300	0,292	0,308
$\sigma$	3,7134		

**Parámetros Libres**

	322	Limite inf.	Limite sup.
n			
Linf	303,0	278,4	327,7
K	0,116	0,113	0,119
$\sigma$	3,5797		

Figura 5.2. Análisis del ajuste de la función de Gompertz versus la función von Bertalanffy

No obstante lo anterior, los datos de incrementos de las poblaciones del norte de Chile, de Chanavayita y de Caleta Punta Arenas, muestran que los individuos más grandes, a partir de aproximadamente 60 mm crecen mas que los individuos por debajo de esa talla. De acuerdo a nuestras observaciones , la causa de este menor crecimiento está dada por las características del ambiente. Los locos viven asociados al banco de cholga, especie que cubre todo el fondo entre los 6 y 20 m de profundidad aproximadamente. Aparentemente los individuos más pequeños no son capaces de hacer uso de la cholga como alimento, por lo que deben lograr crecer con los escasos cirripedios que existen en el lugar. Pero una vez que logran una talla mayor, lograrían hacer uso de las cholgas y en ese momento el crecimiento se incrementa. Por ello, en esos lugares, el ajuste presenta gran variabilidad. Si se utiliza sólo los individuos pequeños se logra un ajuste (con un Loo mas bajo) que el que se logra con sólo los individuos más grandes (con un Loo mayor). Pero el ajuste se hizo para los dos grupos a la vez, por lo que aparece con una mayor variabilidad. El utilizar un ajuste de Gompertz, que pudiera aparecer como mas adecuado a este tipo de datos, no mejora el ajuste para el rango de tallas analizado (Tabla 5.1). La varianza es mucho mayor a la que se obtiene con el ajuste de van Bertalanffy, sugiriendo que esa es la función que debe ser utilizada.

Chanavayita			
LVB (Libre)			
n	70	Limite inf.	Limite sup.
Linf	103,0	82,9	123,1
K	0,321	0,271	0,370
$\sigma$	2,3122		
Gompertz (Libre)			
n	70	Limite inf.	Limite sup.
Linf	103,2	77,5	128,9
K	1,572	1,251	1,893
$\sigma$	7,2996		
Gompertz (Parámetros Fijos)			
n	70	Limite inf.	Limite sup.
Linf	103,0	10,6	195,4
K	0,380	0,139	0,621
$\sigma$	44,0066		
Tocopilla			
LVB (Libre)			
n	39	Limite inf.	Limite sup.
Linf	123,1	58,2	188,0
K	0,170	0,127	0,212
$\sigma$	3,1172		
Gompertz (Libre)			
n	39	Limite inf.	Limite sup.
Linf	128,7	81,8	175,5
K	1,169	0,960	1,379
$\sigma$	14,1842		
Gompertz (Parámetros Fijos)			
n	39	Limite inf.	Limite sup.
Linf	123,1	-55,3	301,5
K	0,285	0,086	0,484
$\sigma$	63,6950		

Tabla 5.1. Comparación de ajustes con la función de van Bertalanffy y Gompertz a los datos de Chanavayita y Tocopilla.

### 5.1.3. Diferentes métodos de ajuste de parámetros

Cabe mencionar, que en general con todos los métodos de estimación de parámetro incluidos en el FISAT se llega a los mismos resultado que con el método derivado de Quinn & Deriso (1999). Las diferencias de número que aparecen, en todos los casos están incorporadas en los límites de confianza de los parámetros estimados. Considerando esto, cuando únicamente se trata de obtener los parámetros, puede ser utilizado cualquiera de los métodos, aunque de preferencia siempre una combinación de ellos. Sólo en el caso de requerir realizar pruebas de hipótesis con los parámetros, los métodos incluidos en el FISAT presentan limitaciones, al no siempre incluir límites de confianza.

### 5.1.4. Posibles artefactos del método de marcaje y recaptura

Si bien en la mayoría de los sitios, los individuos, una vez marcados y medidos, fueron devueltos al mismo sitio en que se extrajeron, su manipulación puede haber perturbado el crecimiento. Sólo en la Bahía de Ancud y en el Canal Trinidad el sitio en que se dejaron los locos, no fue el mismo de colecta, agregándose por tanto a la perturbación de la manipulación, el eventual gasto de energía de buscar alimento en el nuevo sitio. No obstante, en ambos casos se colocaron en sitios que tuvieran las características similares al lugar de extracción, pero por sobre todo, que tuvieran abundantes cirripedios, que constituyen el principal alimento de esta especie.

Si bien las perturbaciones causadas por la manipulación no pueden ser descartadas, ellas generarían como resultado una subestimación del crecimiento. Pues es más probable que la perturbación tenga como efecto que el animal deje de alimentarse por algunos días, creciendo por tanto menos. Sin embargo, la influencia de esa perturbación, mientras mas largo sea el tiempo hasta la recaptura, se promedia con un comportamiento normal, atenuándose con el paso del tiempo. En la Figura 5.3 se ha realizado un análisis del crecimiento utilizando diferentes períodos entre marcaje y captura, con datos provenientes de Punta Lagunillas. Se observa que en la medida que el período entre marcaje y recaptura

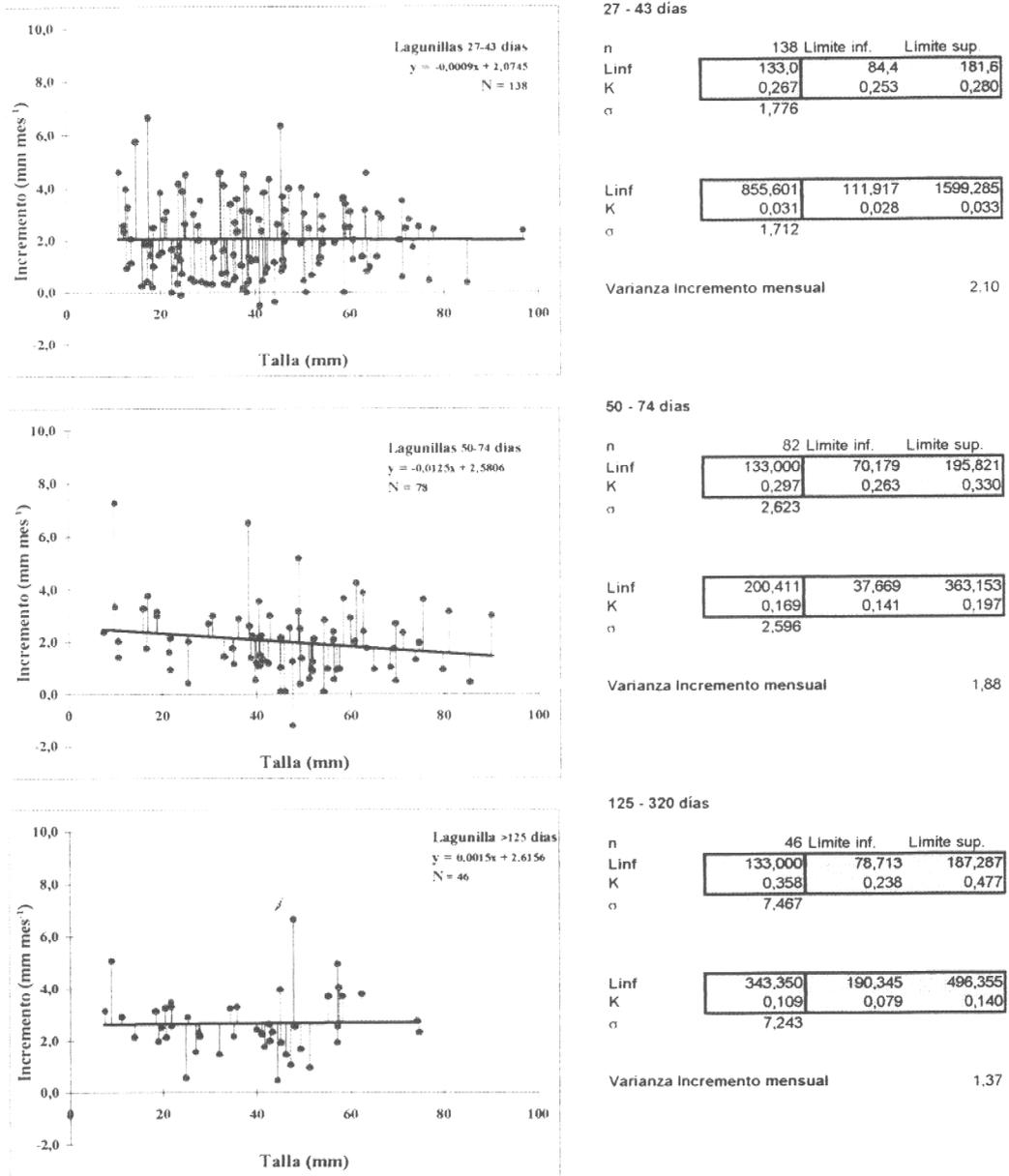


Figura 5.3. Comparación de los ajustes de parámetros de crecimiento a set de datos con períodos experimentales (tiempo entre marcaje y recaptura) crecientes. Los períodos experimentales se indican en la esquina superior derecha de cada figura. Los datos provienen de Punta Lagunillas.

aumenta, también aumenta el crecimiento y son levemente mas altos los parámetros estimados. Y por otra parte se disminuye la varianza del incremento. Esto debe tener relación con el hecho que la variabilidad temporal propia del crecimiento de cada individuo en el tiempo también se promedia, resultando por tanto la variabilidad global menor.

Considerando este análisis, se debe considerar que los estimados presentados en este trabajo pueden tener una leve subestimación, siendo en realidad el crecimiento levemente mayor. Sin embargo, por las magnitudes de las diferencias entre los diferentes periodos del experimento, esta subestimación parece ser muy leve, y puede considerarse cubierta en el marco de los límites de confianza entregados para los estimados.

## 5.2. Patrón espacial

El patrón espacial que se observó respecto al crecimiento del loco, en que básicamente se establecen dos grandes grupos, el del norte y el del centro-sur, con un extremo sur que no se ajusta al patrón y tiene características propias y diferentes, coincide con lo conocido respecto a la biogeografía de la costa chilena. En la revisión más reciente del tema (Lancellotti & Vásquez, 1999) se identifican tres grandes zonas zoogeográficas: una región templada cálida de los 35° hacia el norte, otra templada fría de los 48° al sur y una extensa zona templada transicional entre los 35 – 48°. De acuerdo a esto la zona norte de crecimiento del loco correspondería a la zona templada cálida, la zona extremo sur a la zona templada fría, y la macrozona centro-sur a la zona de transición. Sólo que en este caso se estaría mostrando, que para el caso del loco el límite entre la zona templada cálida y la zona de transición esta localizada alrededor de los 30°S. En este punto ocurre un importante cambio en la morfología de la costa. Desde Punta Lengua de Vaca hacia el sur tenemos una costa muy rectilínea, muy abierta, en su mayor parte rocosa y muy expuesta. Mientras desde Punta Lengua de Vaca hacia el norte la costa se caracteriza por la ocurrencia de grandes sistemas de bahías que se van sucediendo hacia el norte.

También la estructura genética poblacional del loco sustentan en parte los patrones descritos a base del crecimiento. Guíñez et al. (1992) reconoce tres agregados de localidades: el extremo norte, integrado por Iquique; el centro-norte, representado por Coquimbo (en realidad Los Vilos) y Antofagasta; y el centro-sur, representado por Valparaíso y Valdivia. Luego Gallardo y Carrasco (1996) corroboran la unidad del agregado centro-sur, pero ponen en duda que puedan existir diferencias reales con (y entre) los otros agregados descritos por Guíñez et al. (1992). En este marco, nuestros datos del patrón de crecimiento coinciden en cuanto a que la zona centro-sur forma una unidad, sin embargo su límite estaría localizado a la altura de Coquimbo y no de Valparaíso, como lo señala Guíñez et al (op.cit.). Y al revés de Guíñez et al. (op. cit.) el norte se presentaría como una unidad, la cual parte desde Coquimbo e incluye a Iquique.

### **5.3. Patrón temporal**

El patrón temporal de variación fue analizado justamente en el límite entre las dos zonas biogeográficas. Por tanto presenta la variabilidad propia de toda zona de transición y en realidad se mezcla la variabilidad temporal con la variabilidad espacial. Esto queda demostrado con las diferencias que se detectaron para un período de experimento de crecimiento para Lagunillas, el cual en una época se asemeja más a la zona norte que a la zona sur, sugiriendo que en ese período se trasladó el límite entre la zona centro-sur y zona norte, más hacia el sur. ¿Qué podría haber causado este cambio? En el año 1993 ocurrió un Fenómeno del Niño. Producto de este pueden haber cambiado las condiciones de circulación, de tal modo que asentaron individuos provenientes de las poblaciones de la zona norte más hacia el sur de lo que lo hacen habitualmente. Y esos deben haber sido los individuos que se estudiaron en el año 1996, cuando tenían entre 40 y 100 mm de LP y tenían una edad promedio de 2-3 años. Otra explicación posible puede ser que las condiciones ambientales ese año se modificaron. De hecho ocurrió una Niña. Sin embargo como efecto de ese fenómeno más bien se habría esperado un traslado del límite más hacia el norte y no al revés.

Cabe hacer notar que un lugar tan cercano, como Punta Lengua de Vaca, no fue afectado por este cambio. Pero la población de Punta Lengua de Vaca esta fuera del sistema de circulación del sistema de bahías, y probablemente recibe sus larvas de poblaciones de la costa abierta que se extiende desde ahí al sur. Por ello no se generó en ella el cambio.

#### **5.4. Variabilidad del crecimiento – influencia en la transformación talla a edad**

La variabilidad del crecimiento entre individuos en un momento dado es muy grande (ver Figs 5.1 y 5.3). En la medida en que el período analizado es mas largo, esa variabilidad se va atenuando (ver Fig. 5.3). Pues la variabilidad que un mismo individuo presenta en el tiempo, mientras mas tiempo transcurre, se va promediando. Visto en un extremo, un individuo puede no crecer durante un mes, pero es menos probable que no crezca durante un año, o que no crezca durante toda su vida. En este marco, si se utiliza la variabilidad de un período corto para la determinación de la edad a la talla, esta presentará una muy gran variabilidad. Eso es lo que ocurre con el método de transformación de talla a edad con el método de Quinn & Deriso (1999), generando un resultado poco creíble, en que prácticamente cualquier talla, puede tener cualquier edad. Es decir está suponiendo que un individuo que no crece, o que crece mucho, durante el período de observación, lo hará así durante toda su vida, por tanto pueden haber individuos muy pequeños y muy grandes de la misma edad. Este resultado que se genera por proyectar el crecimiento que un individuo presentó en el período experimental, a todo su ciclo vital, no considera que el mismo individuo, un mes mas tarde bien podría presentar un crecimiento muy diferente. Es decir, la variabilidad natural del crecimiento, que el experimento recoge correctamente, resultaría incorrectamente interpretada. El método, para que resulte, requiere de períodos entre marcaje y recaptura mas largos (al menos de un año).

Habría al menos dos vías para resolver este problema. Una manera es, considerando la variabilidad temporal de crecimiento de un individuo, generar historias de crecimiento

durante un año, o durante el ciclo vital completo, mediante la asignación al azar de incrementos mensuales, considerando la variabilidad de estos. Repitiendo esto un gran número de veces (por ej. 1000), se generaría una distribución de los crecimientos, que permitiría construir para cada edad una distribución de tallas. La otra vía, es utilizar la varianza de los estimados de parámetros de crecimiento, los cuales recogieron la variabilidad de los incrementos en el período de observación, y a partir de ello, mediante asignaciones al azar, generar la distribución de la variabilidad del crecimiento. Este fue el procedimiento considerado en este trabajo para generar un método propio para la transformación de estructuras de talla en edad. Y los resultados con ese modelo resultan bastante más cercanos a lo que se observa, al seguir una cohorte en el tiempo (por ejemplo ver en Stotz y Pérez, 1992). Eventualmente la variabilidad está levemente subestimada, generándose distribuciones de talla a la edad algo más estrechas, pues el modelo supone que todos los individuos nacen y comienzan a crecer en el mismo momento. El siguiente paso, para perfeccionar el modelo, es incorporar la distribución de asentamiento a lo largo del eje tiempo. Con ello se lograría recrear los principales procesos que generan la distribución de tallas a la edad: el momento del nacimiento y la velocidad de crecimiento. Sin embargo, aun desconocemos la distribución que tiene el reclutamiento (¿uni o polimodal, normal u otra? etc.), como para incorporarla en el modelo. No obstante, la no inclusión de la variabilidad del momento preciso del “nacimiento” sólo tiene influencia en los primeros años o a tallas menores. Ya en las tallas mayores una diferencia de uno o dos meses más o menos no tienen gran influencia sobre la talla. Es decir, para aquellas tallas afectas a pesca, el “error” de uno a dos meses más o menos en la edad, genera diferencias poco relevantes para la distribución de talla a la edad.

Otro factor que genera variabilidad, y que no está aun considerado en el modelo, es la posibilidad de pulsos de asentamiento de diferente intensidad en los diferentes años. No obstante, ello será relevante sólo en la medida que las diferencias de un año al siguiente sean extremas (es decir fallas en el reclutamiento).

Considerando estas diversas fuentes de variabilidad, la transformación de una estructura de talla en una estructura de edades, independiente del modelo que se utilice,

siempre será solo una aproximación, y como tal debe ser reconocida y utilizada. Cualquier estimación o conclusión que de ella se derive, tendrá carácter de exploración con un grado de incertidumbre desconocido. Por ello, tal como se señala en repetidas oportunidades en el presente documento, los esfuerzos deben ser realizados en la dirección de prescindir de estas transformaciones, desarrollando modelos de análisis que utilicen directamente la talla, y no la edad.

## **5.5.Morfometría**

La morfometría de la concha evidentemente se relaciona a características del crecimiento. No obstante, siendo que el crecimiento entre individuos es en extremo variable, se genera también una variabilidad considerable en las relaciones morfométricas para cada lugar, que oscurecen las probables diferencias. También se intentó hacer un análisis fino, correlacionando la morfometría de cada individuo con su propio incremento. No obstante, ello no mostró relaciones evidentes. Y la explicación estaría en que en realidad el crecimiento medido en el experimento sólo recoge el crecimiento de ese período, mientras que la morfometría de la concha recoge toda la historia pasada del crecimiento del individuo, la cual no necesariamente tiene que haber sido igual a la última registrada. Habría que diseñar un experimento de largo plazo para ello, midiendo el crecimiento acumulado de todo el ciclo vital del individuo.

## **5.6.Proyecciones de crecimiento**

### **5.6.1. Análisis general**

Realizar proyecciones de crecimiento para cualquier sitio puede parecer muy aventurado. No obstante, en términos de promedio de zonas costeras, probablemente se acerca mucho a la realidad. Y si se trasladan a esa estimación también los límites de confianza de los cuales se dispone (mediante un procedimiento similar al utilizado para estimar el promedio) probablemente se dará cuenta de la amplitud de la variabilidad en el sector para el cual se realiza la estimación. En el caso de utilizar la regresión, se pueden utilizar directamente los límites de confianza de la curva.

De acuerdo a las proyecciones realizadas, los parámetros estimados para Playa Temblador estarían equivocados. Pues según la curva le correspondería un  $L_{oo}=130$ . Si estimamos su  $K$  a través del  $\phi$ , considerando siempre su pertenencia a la zona norte, este asciende a  $K=0,182$ . Si analizamos los datos del Temblador manteniendo fijo el  $L_{oo}=130$ , el resultado es un  $K=0,205$ , con límites de confianza al 95% de 0,126 y 0,284. Es decir el resultado de la proyección es similar al resultado del análisis de los datos reales, señalando que las proyecciones con estas curvas no resultarán lejanas a la realidad. Prácticamente los mismos parámetros estimados para Temblador deberían ser válidos para Punta Choros, lo cual viendo los pocos datos que se lograron de ese sitio, pareciera ocurrir.

Las dos curvas muestran que efectivamente hay un gradiente. Sin embargo difieren en su ubicación. Para lograr perfeccionar estas curvas, sería importante contar con mas información de puntos intermedios de la costa, como por ejemplo de la II-III y VI-IX Región.

Podría plantearse como objeción al gradiente que los  $L_{oo}$  que estos fueron fijados (considerándolos por tanto como conocidos), sin embargo cabe hacer recordar que sólo se fijaron a nivel de sitios, utilizando en ellos los valores que resultaron de una estimación, sin restricciones, para las zonas. Y el gradiente fue construido con los estimados de las zonas.

### 5.6.2. ¿El gradiente de $L_{oo}$ es artefacto del método?

La pesquería del recurso loco privilegia la captura de los individuos mas grandes. Ello tiene como consecuencia, que tanto en las muestras, como en los experimentos de marcaje y recaptura las tallas mayores están menos representadas o en algunos casos completamente ausentes. La pregunta es ¿hasta que punto esa falta de individuos grandes en el análisis, puede haberlo influido? Para responder a esta pregunta se hace por un lado un análisis de la influencia que tiene el rango de tallas (en cuanto a límite superior de tallas) utilizado en

los experimentos sobre la estimación, y luego se discutirá, en base a otras evidencias, el sustento de la existencia del gradiente del Loo.

#### **5.6.2.1. Influencia del rango de tallas utilizadas en la estimación de Loo**

Con el fin de evaluar el efecto que tiene sobre la estimación de los parámetros de crecimiento el no contar con los individuos de mayor talla, se realizó para cada sitio un análisis, en el cual se fueron eliminando gradualmente los individuos mas grandes, probando en cada caso si los parámetros resultantes difieren de los originalmente estimados. Para probar las diferencias se procedió con el mismo método de prueba de hipótesis descrito en material y métodos (modelos particulares versus modelo general).

El resultado de este análisis muestra dos cosas. Por una parte, en todos los casos se logra la misma estimación de parámetros prescindiendo de los individuos mas grandes (Tabla 5.2). Es decir, las estimaciones de parámetros se estabilizan con un rango de talla menor al utilizado para estimar los parámetros. En forma análoga a las conclusiones respecto a estos análisis al evaluar tamaño mínimo de muestra, se puede por tanto afirmar que el rango de talla utilizado en este trabajo fue suficiente, y el hecho de seguirlo ampliando no generará otra estimación. En otras palabras, las estimaciones merecen un alto grado de confianza.

Y por otra parte los resultados muestran, que en la mayoría de los sitios, el efecto de no incluir las tallas mas grandes, es una sobreestimación del Loo. Es decir, en la medida que se incluyen individuos más grandes, el Loo tiende a decrecer. En ese contexto, el análisis sugiere que los Loo de las estimaciones realizadas aquí, si han de contener algún efecto por faltar individuos de mayor tamaño en la muestra (a causa de que ellos están ausentes por pesca), sería una sobreestimación. No obstante, como se verá mas adelante, observando las tallas más grandes en las capturas, es poco probable que los Loo sean mas pequeños que los utilizados.

Tabla 5.2. Determinación del límite crítico de talla máxima incluida en el análisis a partir de la cual se estabilizan los parámetros (considerando como tal que no existan diferencias estadísticamente significativas con determinaciones realizadas con una muestra que tiene un límite máximo de tallas mayor). Para cada sitio se indican los parámetros obtenidos, el número de observaciones (n) y la talla máxima disponible (primera columna) y talla máxima a partir de la cual las diferencias desaparecen. En el margen inferior de cada cuadro se indica el valor de t de student y la probabilidad para la diferencia entre los Loo dentro de una localidad. En todos los casos las estimaciones de Loo y K fueron realizadas sin restricción.

<p><b>Chanavayta</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 103,0      88,7                      K = 0,321      0,473                      n = 70      56                      Talla max = 86,3      73,8</p> <p>t = 0,000      P = 0,000</p>	<p><b>Zona Norte</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 108,0      97,7                      K = 0,274      0,346                      n = 109      97                      Talla max = 102,1      76,6</p>	
<p><b>Tocopiila</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 123,1      95,0                      K = 0,170      0,302                      n = 39      32                      Talla max = 102,1      79,4</p> <p>t = 0,000      P = 0,000</p>	<p>t = 3,040      P = 0,003</p>	
<p><b>Temblador'98</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 8895,6      8895,5                      K = 0,002      0,001                      n = 24      4                      Talla max = 116,6      27,6</p> <p>t = 0,000      P = 0,000</p>		
<p><b>Lagunillas'98</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 284,9      337,9                      K = 0,149      0,122                      n = 60      56                      Talla max = 86,0      79,6</p> <p>t = 0,000      P = 0,000</p>	<p><b>Zona Centro</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 133,1      138,6                      K = 0,447      0,417                      n = 183      175                      Talla max = 116,0      99,6</p>	<p><b>Zona Centro-Sur</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 144,9      149,2                      K = 0,399      0,379                      n = 294      284                      Talla max = 116,0      100,1</p>
<p><b>Lengua Vaca'96-98</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 127,6      144,1                      K = 0,485      0,395                      n = 76      55                      Talla max = 112,9      75,8</p> <p>t = 0,000      P = 0,000</p>		
<p><b>Huentelauquén</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 114,6      90,3                      K = 0,520      1,983                      n = 21      6                      Talla max = 116,0      91,3</p> <p>t = 0,000      P = 0,000</p>		
<p><b>Las Conchas</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 123,8      680,3                      K = 0,674      0,086                      n = 26      4                      Talla max = 97,9      57,8</p> <p>t = 0,000      P = 0,000</p>	<p>t = 2,502      P = 0,013</p>	
<p><b>Ancud</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 140,2      161,2                      K = 0,485      0,370                      n = 91      87                      Talla max = 108,0      93,0</p> <p>t = 0,000      P = 0,000</p>	<p><b>Zona Centro-Sur</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 149,5      163,8                      K = 0,406      0,343                      n = 111      108                      Talla max = 108,0      95,8</p>	
<p><b>Puñihuil</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 156,9      211,4                      K = 0,311      0,196                      n = 20      13                      Talla max = 104,6      72,7</p> <p>t = 0,000      P = 0,000</p>	<p>t = 2,450      P = 0,015</p>	
<p><b>Gofo Trinidad</b></p> <p>L<sub>oo</sub> = 122,5      111,2                      K = 0,221      0,320                      n = 154      166                      Talla max = 125,2      106,1</p> <p>t = 0,000      P = 0,000</p>	<p>t = 2,060      P = 0,040</p>	

### 5.6.2.2. Otras evidencias del gradiente de Loo

#### Variaciones clinales

Para muchas especies se ha descrito un gradiente latitudinal de las tallas máximas (y por ende también del Loo), aumentando estas con la latitud. Ello parece tener relación a la temperatura. El crecimiento del individuo implica dos procesos a nivel celular: el crecimiento y la multiplicación celular. La temperatura tiene efecto sobre las tasas de multiplicación, reduciéndose estas. A su vez, tasas de división celular bajas siempre se relacionan a tamaños celulares mas grandes (Vermeij, 1978). Aparentemente entre divisiones, las células tienen mas tiempo para crecer. Y finalmente tamaños celulares mayores, tienen como consecuencia también tamaños mayores del organismo. Estos procesos tienen efecto sobre la edad máxima y sobre la talla máxima. Mientras mas distanciadas las divisiones celulares, mayor es la edad que alcanzará el organismo, pero al mismo tiempo, al aumentar los tiempos entre divisiones, también mayor será el tamaño de cada célula, resultando también en una talla mayor. Y consecuentemente, en latitudes geográficas altas, con temperaturas medias mas bajas, los individuos vivirán mas años, crecerán mas lento, pero lo hacen hasta tallas mas grandes. Y el loco aparece como un buen ejemplo de este fenómeno.

#### Evidencias para el loco

Analizando la estructura de talla de la captura en 1984 (en los inicios del gran auge de capturas, Bustos et al. 1985) se observa el mismo gradiente descrito para el Loo (Figura 5.4). Tanto la talla media de la captura, como la talla promedio del 5 o 10% de los individuos mas grandes de la captura muestran valores mas bajos en el centro-norte (III y IV Regiones), aumentando hacia el sur. En la Fig. 5.4 además se han agregado los valores de Loo estimados en este trabajo, observándose que la tendencia es consistente con la tendencia de las tallas, al menos para el sector entre las latitudes de 30° hacia el sur. Para el norte no disponemos de datos de captura, por lo que faltan los puntos y las líneas son simples extrapolaciones. De esta manera no es posible ver si también el quiebre hacia el norte se da para la captura. No obstante, de resultar cierta la extrapolación y no existiera el quiebre, cabe hacer notar que el Loo estimado para Caleta Punta Arenas (Tocopilla), marcado con un triángulo grande, se alinearía perfectamente con esa misma tendencia.

En síntesis, el comportamiento de las tallas de las capturas apoyan la existencia del gradiente de tallas, y por ende también del Loo para el recurso loco.

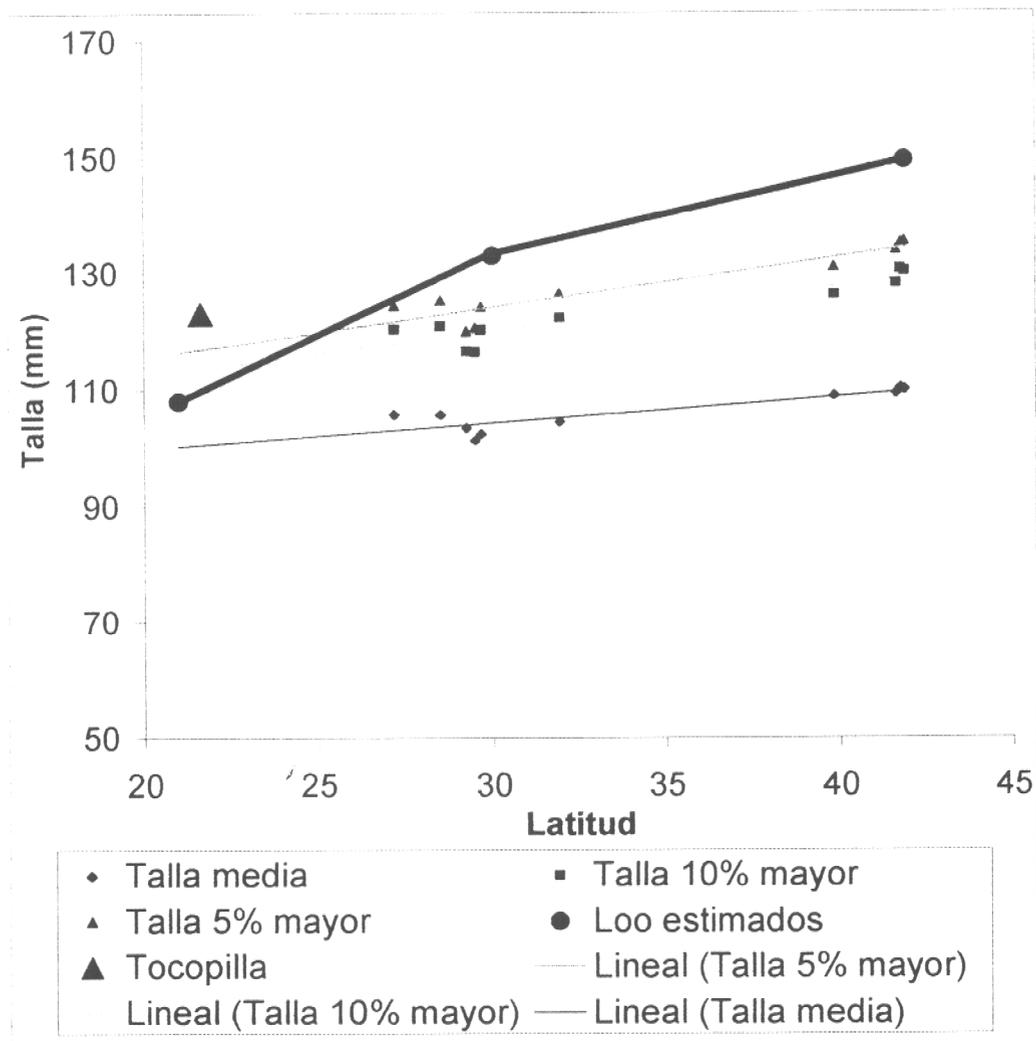


Figura 5.4. Talla media y del 5 y 10% mas grande de las capturas del recurso loco en el año 1984, en diferentes latitudes de la costa de Chile. Los círculos unidos con línea gruesa representan los Loo estimados en este trabajo.

### 5.7. Significado de los resultados para la administración

Los resultados tienen algunas implicancias importantes para la administración. Por una parte, se demuestra que la Talla Mínima de Captura Legal no puede ser la misma para todo el país. En la zona norte la actual TMC tiene como efecto de que escasamente se logra cumplir con la norma, demorando los individuos casi 10 años en lograr la talla (Fig. 5.5). Como consecuencia se genera en el norte una importante pesca clandestina, que aprovecha la productividad del recurso, que legalmente no puede ser aprovechada. A su vez en el sur eventualmente la norma podría no estar protegiendo la reproducción, pues suponiendo que la talla de primera madurez es la misma para todo el país (inicio a los 40 mm de LP, pero 100% de individuos reproduciéndose a los 80 mm de LP), cada individuo escasamente logra reproducirse una vez antes de ser extraído. En este marco resulta importante revisar también la talla de primera madurez, la cual probablemente también varía a lo largo de la costa.

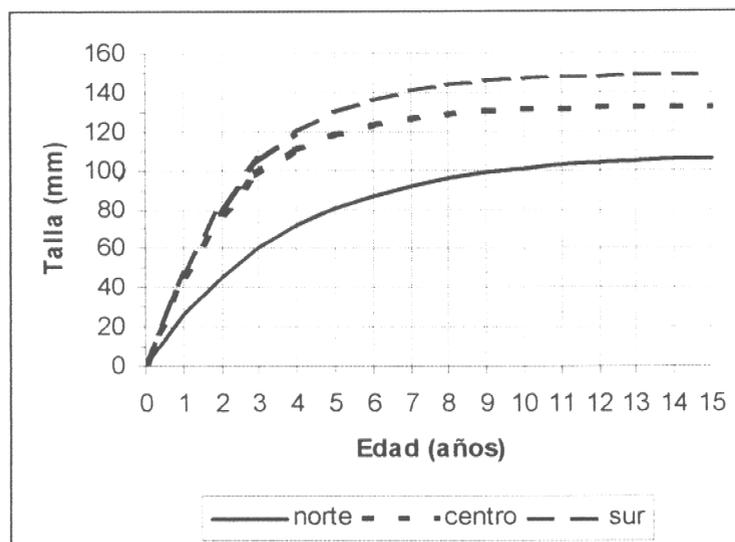


Figura 5.5. Curvas de crecimiento para las diferentes zonas del país, con los siguientes parámetros en cada caso: norte  $L_{\infty}=108$ ,  $K=0,27$ ; centro  $L_{\infty}=133$ ,  $K=0,448$ ; sur  $L_{\infty}=1149,5$ ,  $K=0,406$  (ver Tabla 4.14).

La otra implicancia para la administración es que en la zona centro-sur, que sustenta los mayores desembarques, en realidad los individuos son capturados casi inmediatamente cuando reclutan a la pesquería, es decir permanecen en la pesquería a lo más dos años. De acuerdo a eso en realidad la información contenida en las capturas resulta limitada para poder realizar proyecciones. De acuerdo a ello sería aconsejable realizar las evaluaciones de stock mas bien con la población completa. Y con ello recoger también la información sobre el reclutamiento a la población (o al bentos), y no solo a la pesca. Para ello sería necesario desarrollar un método adecuado de monitoreo.

### **5.8. Futuras necesidades de investigación**

De acuerdo a los señalado en el texto precedente, habría que enfocar los futuros esfuerzos en los siguientes temas:

- Desarrollar una metodología de monitoreo de poblaciones en el submareal, en complemento y/o reemplazo del actual monitoreo de la captura.
- Desarrollar una metodología de monitoreo de reclutamiento al bentos. Considerando el poco tiempo que los individuos demoran en reclutar a la pesquería, y el poco tiempo que permanecen en la pesca, un buen predictor de capturas futuras podría resultar del monitoreo del reclutamiento, el cual, de acuerdo a la experiencia del autor, es muy variable entre años.
- Desarrollar modelos de evaluación que aprovechen la información de estructura de la población en el submareal y el reclutamiento.
- Desarrollar modelos de evaluación que trabajen a la talla, no a la edad.
- Desde el punto de vista práctico tiene poco sentido seguir buscando métodos para determinar la edad de individuos y/o probar si el estatolito sirve para determinar la edad. Es poco probable que sirva, y la comprobación de ello mas bien ya sólo es de interés académico.
- En vez de seguir insistiendo en buscar en el loco (u otros invertebrados) atributos que sirvan para los modelos comúnmente utilizados, sería recomendable dedicar esos

esfuerzos para desarrollar modelos que den cuenta de las particularidades del loco (o de otros invertebrados sometidos a pesca). Adaptar el modelo al animal, no buscar como adaptar el animal al modelo.

## 6.- CONCLUSIONES

- 6.1.- En el trabajo se marcaron un total de 5186 individuos de loco, repartidos en 10 localidades entre Iquique y Golfo Trinidad (Magallanes). Todos los individuos marcados fueron devueltos a su ambiente y población natural, lográndose recapturar un total de 561 individuos.
- 6.2.- El análisis de los incrementos de talla de los individuos marcados muestra que el crecimiento presenta una gran variabilidad a lo largo de la costa, la cual sin embargo se ordena en 3 zonas: la zona norte desde Iquique hasta los 30°S, la zona centro-sur desde los 30°S hasta Chiloé, y la zona extremo sur en Magallanes. Los parámetros de crecimiento presentan diferencias entre zonas, pero no entre localidades al interior de cada zona.
- 6.3.- El análisis de la variabilidad temporal, para el cual se incorporó información de estudios previos, mostró que en general no existen diferencias significativas entre años. Sólo se detectaron diferencias en una localidad localizada en el límite entre dos zonas, la cual en un período adoptó las características de la zona vecina.
- 6.4.- La morfometría presenta una variabilidad, la cual sin embargo no siempre se relaciona muy claramente al crecimiento.
- 6.5.- Se definió el índice morfométrico que mejor se relaciona con el crecimiento al producto de la pendiente de la relación alto versus largo peristomal por la pendiente de la relación largo total versus largo peristomal.
- 6.6.- Se demuestra que el Loo presenta un gradiente a lo largo de la costa. El gráfico de ese gradiente permite, mediante interpolación, estimar el Loo de cualquier localidad en base a su ubicación geográfica (su latitud).
- 6.7.- El patrón del crecimiento también queda reflejado en el phi, teniendo la zona centro-sur un phi de 3,91 y la zona norte un phi de 3,49.
- 6.8.- Conocido el Loo y el phi, se puede estimar el K.
- 6.9.- Se presenta una rutina para transformar la estructura de talla en una estructura de edad, derivada de Quinn & Deriso (1999), la cual sin embargo no resulta. Por tanto se desarrolla un método propio, que recogiendo la varianza de los parámetros estimados, genera distribuciones probabilísticas de talla a cada edad.

- 6.10.- Se discute que si bien el contar con un indicador de edad en alguna estructura dura del loco (concha, opérculo, estatolito) es un resultado deseable, resulta poco esperable. La falta de una regularidad en la variabilidad del crecimiento, las características de la especie y las condiciones ambientales de la costa de Chile no permitirían generar marcas de crecimiento directamente correlacionables con la edad.
- 6.11.- En consecuencia, para efectos pesqueros, resultaría mas eficiente dirigir los esfuerzos hacia el desarrollo de métodos de análisis que utilicen la talla y su dinámica, en vez de la edad. Es decir, desarrollar una metodología que recoja las particularidades de la especie, en vez de buscar en la especie atributos que exigen las metodologías desarrolladas para otras especies y latitudes.

## 7. LITERATURA CITADA

Acuña E. y J. Stuardo 1979. Una estimación de clases anuales y crecimiento relativo en muestras de dos poblaciones de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1879). *Biología Pesquera* 12:131-142.

Adlerstein S. 1987. Age and growth of *Concholepas concholepas* (Brugiere 1789) using microgrowth structure and spectral analysis. Tesis para optar al grado de Master of Science. Universidad de Washington. 179.

Appeldoorn, R. 1987. Modification of a seasonally oscillating growth function for use with mark-recapture data. *J. Cons. CIEM*, 43:194-198.

Bustos, E., A. Reyes, H. Robotham, A. Augsburger, L. Sasso, B. Barrandeguy, N. Barahona, E. Lara, E. Pacheco, P. Cañas y A. Zabala. 1985. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales bentónicas III, IV y X Región. I. Estado de situación del recurso. Anexo tablas y figuras. AP 85/43 Informe del Instituto de Fomento Pesquero para la Corporación de Fomento de la Producción, Gerencia de Desarrollo.

Bustos E., H. Robotham, E. Lara y E. Pacheco 1986. Edad y crecimiento de *Concholepas concholepas* y consideraciones a la aplicación de la ecuación de Von Bertalanffy (Gastropoda, Muricidae). *Invest. Pesq.* 33:33-45.

Day, R., V. Humphris, D. Zacherlie, C. Moreno and P. Martínez 1998. Statoliths in gastropods may provide estimates of age. Summary of "Australian Society for Fish Biology", Melbourne, 26 September 1998.

Gallardo, M. H. & J. I. Carrasco. 1996. Genetic cohesiveness among populations of *Concholepas concholepas* (Gastropoda, Muricidae) in Southern Chile. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 197 :237-249.

Gayanilo, F. C., P. Sparre and D. Pauly. 1996. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT). User's Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). N° 8 Rome, FAO. 126 p.

Gayanilo, F. C. and D. Pauly. 1997. (eds). FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT). Reference Manual. FAO Computerized Information Series (Fisheries). N° 8 Rome, FAO. 262 p.

Guiñez, R., M. V. Gómez & J.C. Castilla. 1992. Diferenciación genética de poblacional en *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789)(Gastropoda, Muricidae) en su área de distribución centro-norte. Biol.Pesq. Vol.21 :31-41.

Guisado, Ch. y J. C. Castilla 1983. Aspects of the ecology and growth of an intertidal juvenile population of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) at Las Cruces, Chile. Marine Biology 78:99-103.

Knickmeier, K. 1996. Zur Larvenökologie des Loco *Concholepas concholepas* (Gastropoda, Muricidae) an der chilenischen Felsküste. Dissertation zur Erlangung de Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. 85 pp.

Lancellotti, D.A. y J. A. Vásquez. Biogeographical patterns of benthic macroinvertebrates in the Southeastern Pacific littoral. Journal of Biogeography 26:1001-1006.

Lozada, E., M. T. López y R. Desqueyroux 1976. Aspectos ecológicos de poblaciones chilenas de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Mollusca, Gastropoda, Muricidae). Biología Pesquera 8:9-29.

Méndez A. y J. Cancino 1982 Crecimiento de ejemplares postmetamórficos y juveniles de *Concholepas concholepas* (Bruguiere) en condiciones de laboratorio. Efecto de densidad, dieta y temperatura. Biología pesquera 21: 21-30.

Moreno, C., G. Asencio y S. Ibañez. 1993. Patrones de asentamiento de *Concholepas concholepas* (Bruguiere) (Mollusca: Muricidae) en la zona intermareal rocosa de Valdivia, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 66:93-101.

Munro, J. L. 1982. Estimation of the parameters of the von Beralanffy growth equation from recapture data at variable time intervals. *J. Cons. CIEM*, 40: 199-200.

Munro, J. L. and D. Pauly 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte* 1(1): 5-6.

Quinn, T. J. and R. B. Deriso 1999. *Quantitative Fish Dynamics*. Oxford University Press, New York. 542 p.

Reyes, A. y C. A. Moreno 1990. Asentamiento y crecimiento de los primeros estadios bentónicos de *Concholepas concholepas* (Mollusca: Muricidae) en el intermareal rocoso de Mehuín, Chile. *Rev. Chilena de Historia Natural* 63:157-163.

Rhoads, D.C.&G. Pannella. 1970. The use of molluscan shell growth patterns in ecology and paleontology. *Letahia* 3 : 143-161.

Seber, G.A.F and C. J Wild 1989. *Nonlinear Regression*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 768 p.

Stotz W. y E. Pérez 1992. Crecimiento y productividad del loco *Concholepas concholepas* (Bruguiere, 1789) como estimador de la capacidad de carga en áreas de manejo. *Invest. Pesq.* 37:13-22.

Stotz, W. 1989. Los cirripedios como organismos adherentes en actividades de cultivo. *Proceeding del IV Taller de Acuicultura*, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad del Norte.

Stotz, W. 1997. Las áreas de manejo en la ley de pesca y acuicultura : primeras experiencias y evaluación de la utilidad de esta herramienta para el recurso loco. *Estud. Oceanol.* 16 :67-86.

Thomas, A. C., F. Huang, P.T. Strubb and C. James. 1994. Comparison of the seasonal and interannual variability of phytoplankton pigment concentrations in the Peru and California Current systems. *Journal of Geophysical Research* 99(C4):7355-7370.

Tobella, G. 1975. Crecimiento de Concholepas concholepas (Bruguière, 1789) (Mollusca, Gastropoda, Muricidae). *Bol. Soc. de Biol. de Concepción* 44:185-189.

Varela C. y D. López 1989. Manejo de los reproductores de Concholepas concholepas (Bruguiere) en el diseño de una estrategia de repoblación. *Medio Ambiente* 10:3-12.

Vermeij, G. J. 1978. Biogeography and Adaptations. Patterns of Marine Life. Harvard University Press, Cambridge. 332 pp.

Wolff, M. 1989. Estimates of growth, mortality and recruitment of the loco Concholepas concholepas (Bruguière, 1789) derived from a shell mound in northern Chile. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 24:87-96.

Zar, 1969. Biostatistical analysis. 3<sup>rd</sup> edition, Prentice Hall, New Jersey, 662p.

## **8.- ANEXO: Costos de salida de terreno para la realización de un experimento de marcaje y recaptura.**

En la Tabla 8.1. se entrega una relación de costos para la realización de salidas a terreno para la ejecución de un experimento de marcaje y recaptura en los sitios señalados. Los sitios considerados y el número de visitas a cada uno es el mismo utilizado en el proyecto que generó el presente informe. Los costos unitarios consideran, en el caso de los viáticos, la escala de viáticos de la Universidad Católica del Norte. Los precios de pasaje actualmente presentan muchas variaciones, dependiendo de las condiciones y de la línea aérea. Por ello se utilizó una estimación de precio promedio.

Como se puede apreciar de la tabla, los costos, solamente de las salidas a terreno realizadas en la ejecución del presente proyecto, exceden en aproximadamente 20% el presupuesto que disponía el proyecto. A ello es necesario agregar los costos para el análisis y preparación de informes. El proyecto en su ejecución ha sido subvencionado con fondos de la Universidad Católica del Norte.

Tabla 8.1. Relación de costos de las campañas a terreno para la realización de un experimento de marcaje y recaptura de locos en diversos puntos de la costa de Chile.

Costos Unitarios					
Pasaje	depende de lugar				
Viaticos	\$ 28.000/día/persona				
Horas profesional	\$15.000				
Horas técnico	\$1.000				
Horas de buceo	\$25.000/hora				
Arriendo vehículo de terreno	\$35.000/día				
Arriendo de embarcación	\$35.000/día				
Números	\$10/número				

	Precios Unitarios	Unidades		Costo Total: xCampaña
<b>Chiloé (Chanavayita)</b>				
Pasaje	90.000	3	270.000	
Viaticos	26.000	12	312.000	
Horas profesionales	15.000	24	360.000	
Horas técnico	1.000	48	48.000	
Horas de buceo	25.000	4	100.000	
Arriendo vehículo de terreno	35.000	2	70.000	
Arriendo de embarcación	35.000	1	35.000	
Materiales varios			20.000	
Números	10	200	2.000	
<b>Total</b>			1.217.000	1.217.000
<b>Tocopilla (Caleta Punta Arenas)</b>				
Pasaje	80.000	3	240.000	
Viaticos	26.000	12	312.000	
Horas profesionales	15.000	24	360.000	
Horas técnico	1.000	48	48.000	
Horas de buceo	25.000	4	100.000	
Arriendo vehículo de terreno	35.000	3	105.000	
Arriendo de embarcación	35.000	1	35.000	
Materiales varios			20.000	
Números	10	200	2.000	
<b>Total</b>			1.222.000	1.222.000
<b>Coquimbo (Lagunillas, Lengua de Vaca, Temblador)</b>				
Viaje	0	0	0	
Viaticos	5.000	9	45.000	
Horas profesionales	15.000	12	180.000	
Horas técnico	1.000	24	24.000	
Horas de buceo	25.000	12	300.000	
Arriendo vehículo de terreno	35.000	3	105.000	
Arriendo de embarcación	35.000	0	0	
Materiales varios			20.000	
Números	10	600	6.000	
<b>Total</b>			680.000	680.000
<b>Chiloé (Ancud, Puñihuil)</b>				
Pasaje	100.000	3	300.000	
Viaticos	26.000	20	520.000	
Horas profesionales	15.000	40	600.000	
Horas técnico	1.000	80	80.000	
Horas de buceo	25.000	8	200.000	
Arriendo vehículo de terreno	35.000	5	175.000	
Arriendo de embarcación	35.000	3	105.000	
Materiales varios			40.000	
Números	10	400	4.000	
<b>Total</b>			2.024.000	2.024.000
<b>Total 1 visita</b>				5.143.000
<b>Total 5 visitas</b>				25.715.000
<b>Magallanes (Golfo Trinidad)</b>				
Pasaje	120.000	3	360.000	
Viaticos	26.000	24	624.000	
Horas profesionales	15.000	40	600.000	
Horas técnico	1.000	80	80.000	
Horas de buceo	25.000	2	50.000	
Arriendo vehículo de terreno	35.000	0	0	
Arriendo de embarcación			1.800.000	
Materiales varios			40.000	
Números	10	200	2.000	
<b>Total</b>			3.556.000	
<b>Total 3 viajes</b>				10.668.000
<b>Total general</b>				36.383.000

Esto no incluye gastos de análisis y confección de informes