

# FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

## INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 93 - 07

INFORME : MONITOREO DE LA PESQUERIA Y  
FINAL : EVALUACION INDIRECTA DEL STOCK DE  
          : LOCO (I a XII REGIONES)

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO  
EJECUTORA



INFORME FINAL

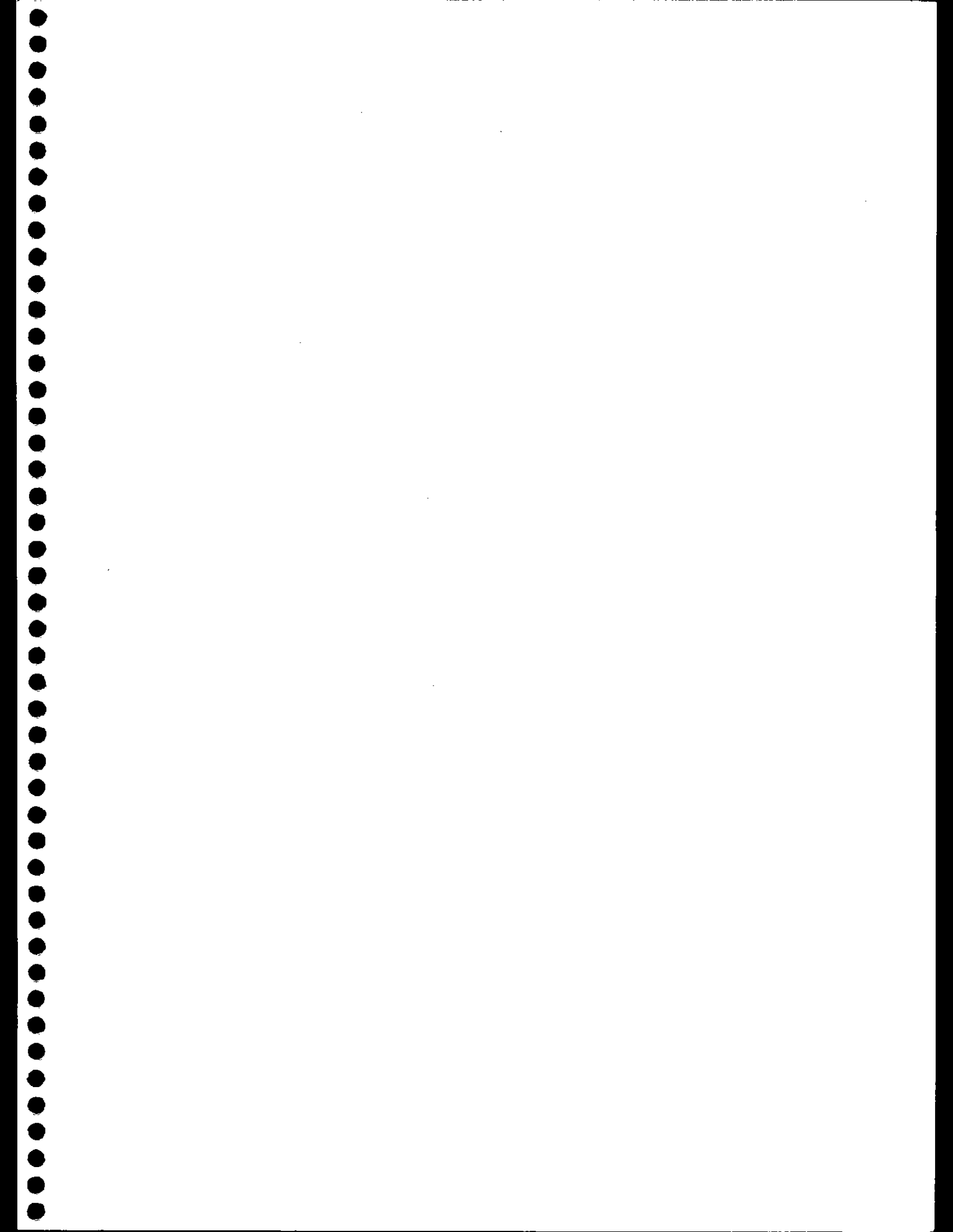
"MONITOREO DE LA PESQUERIA Y EVALUACION  
INDIRECTA DEL STOCK DE LOCO  
(I A XII REGIONES)"

- JULIO 1994 -



INSTITUTO  
DE FOMENTO  
PESQUERO  
- CHILE -

*30 Años  
Contribuyendo al  
Desarrollo del  
Sector Pesquero*



**INFORME FINAL**

**PROYECTO**

**"MONITOREO DE LA PESQUERIA Y EVALUACION INDIRECTA  
DEL STOCK DE LOCO (I A XII REGIONES)"**

**REQUIRENTE : FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA**

**EJECUTOR : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**

## INFORME FINAL

### PROYECTO

#### "MONITOREO DE LA PESQUERIA Y EVALUACION INDIRECTA DEL STOCK DE LOCO (I A XII REGIONES)"

**Autores Monitoreo** : HUGO ROBOTHAM V.  
CARLOS VERA E.  
HERNAN MIRANDA P.

**Autores Evaluación** : ALEJANDRO ZULETA V.  
CARLOS MORENO M.  
PEDRO RUBILAR M.

**Colaboradores Monitoreo** : Alejandro Zuleta V.  
Gladys Asencio

**Colaboradores Evaluación** : Hernán Miranda P.  
Hugo Robotham V.

## PARTICIPANTES EQUIPO PROFESIONAL Y TECNICO

### a) Instituto de Fomento Pesquero

#### Nombre

|                    |  |
|--------------------|--|
| Hugo Robotham V.   | Jefe de Proyecto                           |
| Hernán Miranda P.  | Análisis de Datos                          |
| Carlos Vera E.     | Coordinar, Procesamiento Análisis de datos |
| Alberto Reyes      | Coordinador                                |
| Gabriel Jerez      | Coordinador                                |
| Oscar Mendoza      | Coordinador                                |
| Juan Carvajal      | Coordinador                                |
| Cristian Potocnjak | Coordinador                                |
| Jorge Garrido      | Coordinador                                |
| Luis Ariz          | Coordinador                                |
| Miguel Donoso      | Coordinador                                |
| Iván Céspedes      | Coordinador                                |
| Ramón Aravena      | Coordinador                                |
| Alvaro Zabala      | Coordinador                                |
| Nancy Barahona     | Coordinador                                |
| Enrique Arias      | Coordinador                                |
| Angélica Carmona   | Coordinador                                |
| Carolina Rojas     | Coordinador                                |
| Vivian Pezo        | Coordinador                                |
| Armando Muñoz      | Coordinador                                |
| Verónica Asencio   | Coordinador                                |
| Luis Adasme        | Coordinador                                |
| Ulises Parker      | Coordinador                                |
| Marcela Alfaro     | Asistencia técnica                         |
| Auxiliares (179)   | Muestreadores                              |

### b) Universidad Austral de Chile

|                  |                        |
|------------------|------------------------|
| Alejandro Zuleta | Evaluación de Stock    |
| Carlos Moreno M. | Análisis               |
| Pedro Rubilar    | Análisis y procesos    |
| Gladys Asencio   | Procesamiento de datos |
| Luis Vergara     | Colaborador técnico    |

## RESUMEN EJECUTIVO

A continuación se presenta una síntesis de los resultados, considerados como los más relevantes, de la etapa del Monitoreo y Evaluación del Recurso Loco, realizado en la temporada de invierno de 1993, en el marco del proyecto "Monitoreo de la Pesquería y Evaluación Indirecta del Stock de Loco (I a XII Regiones)".

- La duración efectiva del monitoreo de invierno de 1993 se extendió a un total de 16 días, desde el 26 de julio al 10 de agosto de 1993.
- El desembarque final de los 77 puntos de muestreo del monitoreo fue de 12.818.729 ejemplares, del orden de un 81% de la cifra nacional estimada por SERNAP.
- En las regiones I y IX no hubo registros de desembarques. La I Región no fue incluida en la apertura de la veda y en la IX Región no se desembarcó loco.
- Cuatro regiones: IV, VIII, X y XI desembarcaron el 90,6% de la captura con un total de 11.611.216 unidades. La X Región tuvo el mayor desembarque con una participación de un 57,8% en el total nacional.
- El rendimiento promedio nacional medido como el cociente entre captura y las horas de buceo fue de 152 ejemplares/hora-buceo, inferior en un 23,6% respecto al verano de 1993.
- Los precios por unidad fluctuaron entre \$280 y \$1.900, con un precio promedio nacional de \$ 1.068 por unidad. El precio promedio más alto por unidad fue de \$1.444 y se obtuvo en Puerto Aguirre, XI Región.
- La muestra total de ejemplares medidos fue de 418.871 unidades, 325.972 correspondieron al muestreo de longitud y 93.079 al muestreo de longitud-peso. La muestra total se incrementó en un 86% respecto al monitoreo de verano de 1993, cubriéndose el 30,6% de los viajes realizados.

- La longitud peristomal mínima y máxima registrada en el desembarque fue de 77 y 174 mm respectivamente, siendo la longitud promedio de los ejemplares extraídos a nivel nacional de 114 mm.
- El peso mínimo y máximo medido fue de 75 y 1.600 g. respectivamente, correspondiendo a 247 g. el peso promedio de los ejemplares desembarcados a nivel nacional.
- Un total de 565 procedencias se presentaron en el monitoreo de invierno, incrementándose en un 22% respecto al monitoreo de verano. El 61% de las procedencias de invierno corresponden a las frecuentadas en verano, las que contribuyeron con 9.844.322 unidades que equivalen al 76,8% del total desembarcado en los 77 puntos de muestreo.
- La estimación de la abundancia y biomasa por región de los stocks del recurso "loco" fué realizada mediante la aplicación del modelo de Análisis de Captura a la Talla (ACT; Zuleta y Moreno, 1992).
- La información empleada para esta evaluación corresponde a la composición por tallas de las capturas estimadas con datos provenientes del monitoreo de la temporada extractiva de invierno de 1993 que autorizó la Subsecretaría de Pesca entre las regiones II a XII inclusive.
- El stock que se evalúa corresponde al efectivamente explotado por los buzos mariscadores autorizados durante la temporada extractiva indicada y comprende todos los intervalos de longitudes para los cuales se registraron capturas en cada una de las regiones involucradas.
- No se realizó evaluación de stocks en la IX Región por cuanto no se registraron desembarques procedentes de sus costas.
- En general se mantiene el patrón de abundancia regional respecto del verano, siendo las regiones X, XI, VIII y IV las que aportan el 90% del total nacional.



- El reclutamiento presentó un aumento en las regiones X, VIII, III, V, y XII. Los mayores reclutamientos porcentuales se registraron en las regiones XII, II, V, VIII y X, con respecto a la temporada anterior. A nivel nacional se observa un incremento global de un 12,3%, aportado principalmente por la X Región.
- En términos generales la mortalidad por pesca sufrió un aumento en todas las regiones evaluadas, a excepción de la VIII Región. Los mayores aumentos respecto del verano, se registraron en las regiones XII, XI, V, IV y X.

Los resultados principales de la evaluación se tabulan a continuación:

| REGION | Abundancia del Stock (N°) |             | Peso<br>prom.(g) | Biomasa del Stock (t) |          |
|--------|---------------------------|-------------|------------------|-----------------------|----------|
|        | N Total                   | N > TML     |                  | B Total               | B > TML  |
| I      | no evaluado               | no evaluado | sin inf.         | no eval.              | no eval. |
| II     | 498,885                   | 129,375     | 262              | 131                   | 34       |
| III    | 1,757,195                 | 1,031,707   | 337              | 592                   | 348      |
| IV     | 6,907,835                 | 3,631,264   | 331              | 2,286                 | 1,202    |
| V      | 2,255,022                 | 1,063,167   | 332              | 749                   | 353      |
| VI     | 73,925                    | 31,073      | 300              | 22                    | 9        |
| VII    | 103,698                   | 69,964      | 324              | 34                    | 23       |
| VIII   | 7,821,964                 | 3,649,863   | 318              | 2,487                 | 1,161    |
| IX     | no evaluado               | no evaluado | sin inf.         | no eval.              | no eval. |
| X      | 26,626,572                | 12,409,389  | 387              | 10,304                | 4,802    |
| XI     | 10,399,339                | 6,389,497   | 395              | 4,108                 | 2,524    |
| XII    | 833,933                   | 349,776     | 357              | 298                   | 125      |
| TOTAL  | 57,278,368                | 28,755,075  |                  | 21,011                | 10,580   |

- Se dispone de un modelo suficientemente ajustado a la realidad biológico pesquera del loco y los datos existentes, que permite estimar la abundancia, y mortalidad por pesca por intervalos de tallas y total para cada una de las temporadas y sus respectivos niveles de precisión. La abundancia es estimada en número, pero si se desea en peso, se pueden

obtener fácilmente combinando dichas estimaciones a la talla con el peso correspondiente a partir de la relación longitud-peso.

- El modelo utiliza toda la información existente para reconstituir todas las generaciones o cohortes existentes en la población para la serie de tiempo disponible. Sólo utiliza información de composición de tallas y puede generalizarse su aplicación a una serie de tiempo de cualquier longitud, siempre que los intervalos de tiempo entre observaciones sean equidistantes entre si.
- La estimación de cohortes o generaciones verdaderas a través del tiempo le confiere al modelo un carácter dinámico que lo hace superior a los modelos tradicionales en tallas que se basan en condiciones de equilibrio y por lo tanto estáticas o casi estáticas.
- Los estimadores de varianza que permiten medir la precisión de las estimaciones de abundancia y establecer sus límites de confianza y el procedimiento de programación no lineal utilizado para identificación de los parámetros lo ubican en la categoría de los métodos de evaluación con fundamento estadístico, una característica que poseen los modernos métodos de evaluación.
- Dos algoritmos básicos de estimación de los parámetros se elaboraron denominados "solución hacia adelante" y "solución hacia atrás". La primera de ellas se implementó usando un lenguaje de alto nivel y desempeño computacional denominado MATHLAB, una marca registrada de Math Works Inc., que provee todos los resultados de la evaluación de manera interactiva. La segunda, análisis secuencial de cohortes, se describe con el detalle suficiente para que cualquiera que esté familiarizado con el manejo de una planilla electrónica la implemente.
- Adicionalmente, la estructura básica del modelo puede servir como mecanismo de proyección de stock y capturas. En el mismo sentido, puede servir para el cálculo de capturas totales permisibles dado un patrón de selectividad y el nivel de mortalidad por pesca considerado recomendable.

# INDICE

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

|  |          |
|--|----------|
| <b>I OBJETIVOS</b>                                   | <b>1</b> |
| 1 Objetivos General                                  | 1        |
| 2 Objetivos Específicos                              | 1        |
| <b>II ANTECEDENTES</b>                               | <b>1</b> |
| <b>III METODOLOGIA</b>                               | <b>2</b> |
| 1 Metodología del Monitoreo                          | 2        |
| Etapa 1  | 3        |
| 1 Diseños de muestreo                                | 3        |
| 1.1 Desembarque                                      | 3        |
| 1.2 Composición de Longitud del Desembarque          | 3        |
| 1.3 Composición Longitud-Peso del Desembarque        | 4        |
| 1.4 Composición en Número y Peso de la Captura       | 4        |
| 1.5 Análisis Discriminante                           | 7        |
| Etapa 2  | 7        |
| 1 Coordinaciones                                     | 7        |
| 2 Cobertura de Muestreo                              | 7        |
| 3 Diseño de Formularios                              | 12       |
| 4 Selección Capacitación y Equipamiento del Personal | 12       |
| 5 Procedencias Geo-referenciadas                     | 12       |
| 6 Personal por Región y Centro de Muestreo           | 12       |
| Etapa 3  | 14       |
| 1 Acopio de Formularios                              | 14       |
| 2 Definición de Archivos                             | 14       |
| 3 Programas de Ingresos de Datos                     | 14       |
| 4 Generación de la Base de Datos                     | 14       |
| 5 Características de la Base de datos                | 14       |

|   |           |
|---|-----------|
| 2 Metodologías de Evaluación de Stocks                                      | 22        |
| 2.1 Modelo de Análisis de Captura a la Talla (A.C.T.)<br>para una Temporada | 22        |
| 2.1.1 Modelo de Evaluación Empleado   | 22        |
| 2.1.2 Información Utilizada en la Evaluación de Stocks                      | 23        |
| 2.2 Modelo de Evaluación en Tallas para las<br>dos Temporadas               | 24        |
| 2.2.1 Definición del Problema   | 25        |
| 2.2.2 Formulación del Modelo  | 26        |
| 2.2.3 Modelo de la Dinámica entre Temporadas                                | 26        |
| 2.2.4 Modelo Estadístico  | 27        |
| 2.2.5 Identificación de los Parámetros                                      | 28        |
| 2.2.6 Implementación  | 28        |
| <br>  |           |
| <b>IV RESULTADOS Y ANALISIS</b>   | <b>29</b> |
| <br>  |           |
| 1 MONITOREO   | 29        |
| 1.1 Desembarque   | 29        |
| 1.1.1 Desembarque por Región  | 29        |
| 1.1.2 Desembarque y Precios por Caleta                                      | 31        |
| 1.2 Captura   | 42        |
| 1.2.1 Composición en Número   | 42        |
| 1.2.2 Composición en Peso   | 45        |
| 1.3 Rendimiento   | 47        |
| 1.4 Esfuerzo de muestreo  | 51        |
| 1.5 Indicadores Estadísticos Descriptivos                                   | 60        |
| 1.6 Cobertura de Procedencias   | 64        |
| 1.7 Indicadores de Agrupamiento   | 68        |
| 2 EVALUACION DE STOCKS  | 72        |
| 2.1 Evaluación temporada extractiva invierno 1993                           | 72        |
| <br>  |           |
| II Región   | 72        |
| III Región  | 74        |
| IV Región   | 75        |

|   |     |
|---|-----|
| V Región  | 76  |
| VI Región   | 77  |
| VII Región  | 78  |
| VIII Región   | 79  |
| IX Región   | 81  |
| X Región  | 81  |
| XI Región   | 83  |
| XII Región  | 84  |
| <br>  |     |
| 2.2 Modelo de Evaluación en Tallas para las<br>dos Temporadas | 86  |
| 2.2.1 Formulación del modelo de la dinámica en tallas         | 86  |
| 2.2.1.1 Características del modelo                            | 86  |
| 2.2.1.2 Supuestos del modelo                                  | 87  |
| 2.2.1.3 Clases de edad y talla                                | 89  |
| 2.2.1.4 Crecimiento en talla                                  | 89  |
| 2.2.1.5 Sobrevivientes  | 91  |
| 2.2.2 Formulación de un modelo para las observaciones         | 101 |
| 2.2.2.1 Capturas  | 101 |
| 2.2.2.2 Mortalidad  | 103 |
| 2.2.3 Estimación de parámetros                                | 104 |
| 2.2.3.1 Modelo estadístico de estimación                      | 104 |
| 2.2.3.2 Función de pérdida                                    | 106 |
| 2.2.3.3 Algoritmo de estimación                               | 107 |
| 2.2.4 Varianzas de los estimadores de los parámetros          | 110 |
| 2.2.5 Estimadores de la abundancia                            | 111 |
| 2.2.6 Ajustes al modelo                                       | 111 |
| 2.2.6.1 Intervalos de tallas y seguimiento<br>de las cohorte  | 112 |
| 2.2.6.2 Sobrevivientes de la primera temporada                | 113 |
| 2.2.6.3 Proyección del último intervalo de tallas             | 115 |
| 2.2.6.4 Ecuaciones de captura                                 | 115 |
| 2.2.6.5 Ejemplo numérico                                      | 117 |
| 2.2.7 Estimadores de Varianza de la Abundancia en Número.     | 119 |
| 2.2.7.1 Primera temporada                                     | 119 |
| 2.2.7.2 Segunda temporada                                     | 122 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 2.2.8. Algoritmo de estimación  | 124 |
| 2.2.8.1 Solución hacia adelante | 124 |
| 2.2.8.2 Solución hacia atrás    | 127 |
| 2.2.8.3 Programa                | 129 |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| <b>V DISCUSION Y CONCLUSIONES</b> | <b>131</b> |
|-----------------------------------|------------|

|                        |            |
|------------------------|------------|
| <b>VI BIBLIOGRAFIA</b> | <b>140</b> |
|------------------------|------------|

ANEXOS

ANEXO 1

ANEXO 2

ANEXO 3

ANEXO 4

## INDICE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS

- Tabla 1      Número de puntos de desembarque oficiales y puntos de muestreo seleccionados, por región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 2      Puntos de desembarque seleccionados para muestreo, por región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 3      Distribución de personal por región y puntos de muestreo. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 4      Estructura de los archivos de desembarque, longitud, biológico y maestros de puertos y procedencias. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 5      Nombre de los archivos de desembarque, longitud, biológico, maestro de puertos y procedencias. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 6      Resumen de archivos de desembarque, longitud y biológicos por puntos de desembarque monitoreo invierno-1993
- Tabla 7      Desembarque (en unidades) de *C. concholepas* por región y día. Monitoreo invierno 1993
- Tabla 8      Indicadores del desembarque de *C. concholepas* de la II región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 9      Indicadores del desembarque de *C. concholepas* de la III región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 10     Indicadores del desembarque de *C. concholepas* de la IV región. Monitoreo invierno-1993

|          |   |
|----------|---|
| Tabla 11 | Indicadores del desembarque de <i>C. concholepas</i> de la V región. Monitoreo invierno-1993                                |
| Tabla 12 | Indicadores del desembarque de <i>C. concholepas</i> de la VI región. Monitoreo invierno-1993                               |
| Tabla 13 | Indicadores del desembarque de <i>C. concholepas</i> de la VII región. Monitoreo invierno-1993                              |
| Tabla 14 | Indicadores del desembarque de <i>C. concholepas</i> de la VIII región. Monitoreo invierno-1993                             |
| Tabla 15 | Indicadores del desembarque de <i>C. concholepas</i> de la X región. Monitoreo invierno-1993                                |
| Tabla 16 | Indicadores del desembarque de <i>C. concholepas</i> de la XI región. Monitoreo invierno-1993                               |
| Tabla 17 | Indicadores del desembarque de <i>C. concholepas</i> de la XII región. Monitoreo invierno-1993                              |
| Tabla 18 | Composición en número de las capturas por unidad de pesquería según clase de longitud, monitoreo invierno-1993              |
| Tabla 19 | Cofiente de variación de la captura en número por unidad de pesquería según clase de longitud, monitoreo invierno-1993      |
| Tabla 20 | Composición en peso de las capturas (kg) por unidad de pesquería según clase de longitud, monitoreo invierno-1993           |
| Tabla 21 | Coficiente de variación de la captura en peso (kg) por unidad de pesquería según clase de longitud, monitoreo invierno-1993 |



- Tabla 22 Desembarque (unidades), esfuerzo (horas-buceo) y rendimiento de pesca (unid/hr-buceo) de **C. concholepas** por región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 23 Desembarque (unidades), esfuerzo (horas-buceo) y rendimiento de pesca (unid/hr-buceo) de **C. concholepas** por región y caleta. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 24 Tamaños de muestra para  $0,05 \leq P_i \leq 0,21$  según coeficiente de variación  $0,01 \leq CV (P_i) \leq 0,05$  monitoreo-invierno- 1993
- Tabla 25 Tamaños finales de muestra de longitud por unidad de pesquería. Monitoreo verano-invierno-1993
- Tabla 26 Tamaños finales de muestra longitud-peso por unidad de pesquería. Monitoreo verano-invierno- 1993
- Tabla 27 Esfuerzo de muestreo en número de viajes y ejemplares medidos de **C. concholepas** según región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 28 Ejemplares muestreados de **C. concholepas** por caleta y tipo de muestreo en la II región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 29 Ejemplares muestreados de **C. concholepas** por caleta y tipo de muestreo en la III región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 30 Ejemplares muestreados de **C. concholepas** por caleta y tipo de muestreo en la IV región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 31 Ejemplares muestreados de **C. concholepas** por caleta y tipo de muestreo en la V región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 32 Ejemplares muestreados de **C. concholepas** por caleta y tipo de muestreo en la VI región. Monitoreo invierno-1993

- Tabla 33 Ejemplares muestreados de **C. concholepas** por caleta y tipo de muestreo en la VII región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 34 Ejemplares muestreados de **C. concholepas** por caleta y tipo de muestreo en la VIII región. Monitoreo invierno- 1993
- Tabla 35 Ejemplares muestreados de **C. concholepas** por caleta y tipo de muestreo en la X región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 36 Ejemplares muestreados de **C. concholepas** por caleta y tipo de muestreo en la XI región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 37 Ejemplares muestreados de **C. concholepas** por caleta y tipo de muestreo en la XII región. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 38 Indicadores estadísticos del muestreo de longitud del desembarque de **C. concholepas**. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 39 Indicadores estadísticos del muestreo de peso del desembarque de **C. concholepas**. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 40 Número total de áreas procedencias por región, desagregada en repetidas y no repetidas respecto a la temporada de verano. Monitoreo invierno-1993
- Tabla 41 Capturas en número por áreas de procedencias y región, desagregada en repetidas y no repetidas respecto a la temporada de verano. Monitoreo invierno 1993
- Tabla 42 Agrupamiento de procedencia por grados (latitud) II a VIII región
- Tabla 43 Agrupamiento de procedencia por grados (latitud y longitud). X a XII región
- Tablas 44 a 53 Estimación de la abundancia de **C. concholepas** por clase de talla y región (II a XII)

|          |  |
|----------|--|
| Tabla 54 | Número de procedencias por región y porcentaje de variación entre temporadas     |
| Tabla 55 | Tamaño de muestra en número y porcentaje de variación entre temporadas           |
| Tabla 56 | Comparación evaluaciones de los stocks de loco entre temporadas extractivas 1993 |
| Tabla 57 | Comparación evaluaciones de los stocks de loco entre temporadas extractivas 1993 |
| Tabla 58 | Análisis comparativos temporadas extractivas del recurso loco 1993               |
| Tabla 59 | Parámetros estimados mediante el ACT para las dos temporadas extractivas de 1993 |

## **FIGURAS**

|          |  |
|----------|--|
| Figura 1 | Ranking del desembarque de <b>C. concholepas</b> de las caletas muestreadas de la II región  |
| Figura 2 | Ranking del desembarque de <b>C. concholepas</b> de las caletas muestreadas de la III región |
| Figura 3 | Ranking del desembarque de <b>C. concholepas</b> de las caletas muestreadas de la IV región  |
| Figura 4 | Ranking del desembarque de <b>C. concholepas</b> de las caletas muestreadas de la V región   |
| Figura 5 | Ranking del desembarque de <b>C. concholepas</b> de las caletas muestreadas de la VI región  |

- Figura 6 Ranking del desembarque de **C. concholepas** de las caletas muestreadas de la VII región
- Figura 7 Ranking del desembarque de **C. concholepas** de las caletas muestreadas de la VIII región
- Figura 8 Ranking del desembarque de **C. concholepas** de las caletas muestreadas de la X región
- Figura 9 Ranking del desembarque de **C. concholepas** de las caletas muestreadas de la XI región
- Figura 10 Ranking del desembarque de **C. concholepas** de las caletas muestreadas de la XII región
- Figura 11 Rendimiento de pesca de **C. concholepas** del monitoreo de verano e invierno 1993, por región
- Figura 12 Distribución e indicadores descriptivos del muestreo de longitud del desembarque por región. Monitoreo invierno 1993
- Figura 13 Dispersiograma de las caletas en el espacio discriminante canónico
- Figura 14 Dispersiograma de las caletas en el espacio discriminante canónico
- Figura 15 Composición por tallas de las capturas regionales de loco en invierno 1993
- Figura 16 Variación de procedencias, capturas y número de pescadores por regiones, entre las temporadas de verano e invierno de 1993
- Figura 17 Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la II región

- Figura 18 Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la III región
- Figura 19 Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la IV región
- Figura 20 Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la V región
- Figura 21 Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la VI región
- Figura 22 Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la VII región
- Figura 23 Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la VIII región
- Figura 24 Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la X región
- Figura 25 Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la XI región
- Figura 26 Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la XII región

## I OBJETIVOS

### 1. Objetivo general

Monitorear la temporada de pesca comercial de invierno del recurso loco del año 1993 y evaluar su stock mediante la aplicación de un método de evaluación específico para este recurso, con el propósito de disponer de información actualizada y oportuna acerca de la distribución, abundancia y composición del stock del recurso loco, de manera que permita determinar la captura total permisible (CTP) de dichos recursos para cada unidad de pesquería.

### 2. Objetivos específicos

2.1 Monitorear la pesquería con el propósito de:

- a) Recabar información de la actividad extractiva de la pesquería del recurso loco, por área de procedencia y unidad de pesquería.
- b) Estimar la composición por talla del desembarque por área de procedencia y unidad de pesquería.

2.2 Evaluar el stock del recurso loco con el propósito de:

- a) Estimar la abundancia total (en número) por cada unidad de pesquería y a nivel nacional del recurso loco.

## II ANTECEDENTES

La pesquería del loco (Concholepas concholepas), tradicionalmente ha constituido una actividad importante para el Sector Pesquero Artesanal. En la actualidad este recurso se encuentra en veda, restricción que se prolonga desde 1988 a la fecha, debido al alto grado de sobreexplotación a que fue sometido el recurso.

Durante este período de veda, prácticamente no se ha obtenido información de la población de loco que permita evaluar el impacto de esta medida de manejo a nivel nacional, razón por la cual la Subsecretaría de Pesca formuló un plan nacional para evaluar el stock del recurso loco. En este plan se contempla la apertura comercial de la veda por períodos restringidos, poniéndose especial énfasis en lograr el mejor compromiso entre el objetivo de recabar antecedentes científicos para la evaluación de stock y el desarrollo de una actividad comercial controlada.

En esta perspectiva, como una primera etapa, en el verano de 1993 la Subsecretaría de Pesca autorizó la extracción de loco por un período de cinco días a lo largo de todo el territorio nacional, durante el cual se monitoreo el desembarque en relación a las principales variables que participan como componentes de los modelos de evaluación de stock. Este monitoreo fue desarrollado por el Instituto de Fomento Pesquero.

Sobre la base de los resultados de este estudio, durante el invierno de 1993, nuevamente se autorizó la extracción de este recurso, por un período de seis días a partir del 26 de julio en todo el territorio nacional, con la excepción de la I Región. La cuota global asignada por la Subsecretaría de Pesca ascendió a los 16.907.900 de unidades, distribuida en cuotas individuales por pescador que fluctuó entre las 500 y 2000 unidades/buzo/región. Es así que en las regiones II, VI y VII la cuota fue de sólo 500 ejemplares/buzo; en la III, V y VIII ésta ascendió a 1500 unidades y en la IX, X y XI a 1700 unidades; en tanto, que en la IV y XII Región la cuota establecida fue de 2000 ejemplares por buzo.

### **III METODOLOGIA**

#### **1. Metodología del Monitoreo**

El monitoreo del recurso abarcó desde la II a XII Región inclusive. Este se desarrolló dentro de un marco metodológico que contempló un total de tres etapas.

## Etapa 1

### 1. Diseños de Muestreo

#### 1.1 Desembarque

Las características operativas de levantamiento de los datos, estuvo basado en muestreadores permanentes en los principales puntos de muestreo, lo que permitió llevar a cabo una estrategia censal de desembarque por viaje.

#### 1.2 Composición de Longitud del Desembarque

El criterio de selección de la muestra de longitud se fundamentó en los resultados del monitoreo de verano de 1993, tomando en consideración una medida de la proporción a la clase de longitud,  $p_i$ , entre 0,05 y 0,21, conjuntamente con aspectos prácticos de terreno como son número de muestreadores, rendimiento día por persona y número efectivo de días de pesca.

La distribución de longitud del desembarque estimada de cada unidad de pesquería está dado por el estimador de proporción,  $\bar{P}$  que se expresa como el vector

$$\bar{P} = (p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_k)$$

con

$$p_i = \frac{n_i}{n} \quad i = 1, 2, \dots, k$$

donde

$n$  : Tamaño de la muestra de longitudes



$n_i$ : Número de ejemplares en la muestra  $n$  que pertenecen a la clase de longitud  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ )

La estructura de la varianza de este estimador (Cochran, 1977) por clase de longitud  $i$  está dado por

$$\hat{V}(p_i) = \left[1 - \frac{n}{N}\right] \frac{1}{n} p_i(1-p_i)$$

### 1.3 Composición Longitud-Peso del Desembarque

Sobre la base de submuestreos aleatorios de los datos de muestreos biológicos (longitud-peso) del monitoreo de Verano 93, se estimó un tamaño de muestra, para la unidad de pesquería y punto de muestreo, que proporcionara una adecuada estimación de los pesos medios de los ejemplares desembarcados.

### 1.4 Composición en Número y Peso de la Captura

Las estimaciones de las capturas en número y peso por clase de longitud se obtuvo a partir de los estimadores siguientes

#### **Estimador de la captura en número por procedencia y clase de longitud**

$$\hat{N}_{lj} = N_l p_{lj}$$

donde

$\hat{N}_{lj}$ : Captura estimada en número de la procedencia  $l$  y clase de longitud  $j$

$N_l$ : Captura en número de la procedencia  $l$

$p_{lj}$ : Proporción muestral de ejemplares en la procedencia  $l$  y clase de longitud  $j$

**Estimador de la captura en número por unidad de pesquería y clase de longitud**

$$\hat{N}_{zj} = \sum_{l=1}^r \hat{N}_{zlj}$$

donde

$\hat{N}_{zj}$  : Captura en número de la unidad de pesquería z y clase de longitud j.

$\hat{N}_{zlj}$  : Captura en número de la unidad de pesquería z, procedencia l (l=1,..r) y clase de longitud j

**La estructura de las varianzas de estos estimadores son de la forma**

$$\hat{V}(\hat{N}_{zj}) = \sum_{l=1}^r \hat{V}(\hat{N}_{zlj})$$

$$\hat{V}[\hat{N}_{zlj}] = N_{zl}^2 V(p_{zlj})$$

donde

$$\hat{V}(p_{zlj}) = \left[1 - \frac{n_{zl}}{N_{zl}}\right] \frac{1}{n_{zl}} p_{zlj}(1 - p_{zlj})$$

**El coeficiente de variación del estimador  $\hat{N}_{zj}$  está dado por**

$$CV(\hat{N}_{zj}) = \frac{\sqrt{\hat{V}[\hat{N}_{zj}]}}{\hat{N}_{zj}}$$

**Estimador de la captura en peso de la captura por procedencia y clase de longitud**

$$\hat{C}_{zlj} = \hat{N}_{zlj} \bar{W}_{zlj}$$

donde

$\hat{C}_{zlj}$  : Captura estimada en peso de la unidad pesquería z, procedencia l y clase de longitud j

$\hat{N}_{zlj}$  : Captura estimada en número por unidad pesquería z, procedencia l y clase de longitud j

$\bar{W}_{zlj}$  : Peso medio estimado por unidad pesquería z, procedencia l a la clase de longitud j

**Estimador de la captura en peso por unidad de pesquería y clase de longitud**

$$\hat{C}_{zj} = \sum_{l=1}^r \hat{C}_{zlj}$$

$\hat{C}_{zj}$  : Captura estimada de la unidad de pesquería z y clase de longitud j

**La estructura de la varianza de estos estimadores tienen la forma**

$$V(\hat{C}_{zj}) = \sum_{l=1}^r \hat{V}(\hat{C}_{zlj})$$

$$\hat{V}[\hat{C}_{zlj}] = \hat{N}_{zlj}^2 \hat{V}(\bar{W}_{zlj}) + \bar{W}_{zlj}^2 \hat{V}(\hat{N}_{zlj})$$

donde

$$\hat{V}(\bar{W}_{zlj}) = \left[1 - \frac{n_{zlj}^*}{n_{zlj}}\right] \frac{1}{n_{zlj}^*} \sum_{i=1}^{r_j} \frac{[W_{zlij} - \bar{W}_{zlj}]^2}{(n_{zlj}^* - 1)}$$

**El coeficiente de variación del estimador  $\hat{C}_{zj}$  está dado por**

$$CV(\hat{C}_{zj}) = \frac{\sqrt{\hat{V}[\hat{C}_{zj}]}}{\hat{C}_{zj}}$$

## 1.5 Análisis discriminante

Para llevar a cabo un estudio preliminar sobre agrupamiento de áreas de procedencia se utilizó el análisis multivariado con la técnica del análisis discriminante. (Morrison D. 1976, Anderson, T. 1958).

Se asignó inicialmente cada una de las 66 caletas, de las cuales se tenía información completa, a una unidad de pesquería específica (región) y sobre la base de 8 características, 4 de longitud y 4 de peso, se probó la hipótesis nula, que las unidades de pesquerías regionales constituyen efectivamente un factor discriminante de las poblaciones de locos.

### **Etapa 2**

#### **1. Coordinaciones**

Tanto a nivel nacional como regional se coordinaron actividades de apoyo a la operación de terreno, participando en éstas las siguiente Instituciones: Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA), Servicio Nacional de Pesca (SERNAP), Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Gobernación Marítima, Carabineros de Chile y Federaciones de Pescadores Artesanales.

#### **2. Cobertura del muestreo**

El número total de centros de muestreo fue 77, de un total de 108, lo que representa un 71% de la cobertura total. Inicialmente se tenía contemplado cubrir el 65% de los centros, la eliminación de la I Región en el monitoreo permitió incrementar la cobertura en un 12% (tablas 1 y 2).

TABLA 1. Número de puntos de desembarque oficiales y puntos de muestreo seleccionados, por región. Monitoreo invierno-1993

| REGION | NUMERO DE CENTROS        |                         | COBERTURA<br>% |
|--------|--------------------------|-------------------------|----------------|
|        | DESEMBARQUE<br>(OFICIAL) | MUESTREO<br>(MONITOREO) |                |
| I      | -                        | -                       | -              |
| II     | 16                       | 4                       | 25             |
| III    | 9                        | 5                       | 56             |
| IV     | 20                       | 19                      | 95             |
| V      | 15                       | 15                      | 100            |
| VI     | 4                        | 3                       | 75             |
| VII    | 5                        | 2                       | 40             |
| VIII   | 10                       | 8                       | 80             |
| IX     | 1                        | 1                       | 100            |
| X      | 19                       | 13                      | 68             |
| XI     | 5                        | 3                       | 60             |
| XII    | 4                        | 4                       | 100            |
| TOTAL  | 108                      | 77                      | 71             |

- En veda

TABLA 2. Puntos de desembarque seleccionados para muestreo, por región. Monitoreo invierno-1993

| REGION | PUNTOS DE DESEMBARQUE   |
|--------|---|
| I      | -   |
| II     | PAPOSO<br>TALTAL<br>CALETA COLOSO<br>TOCOPILLA  |
| III    | PAN DE AZUCAR<br>PUERTO VIEJO<br>CARRIZAL BAJO<br>HUASCO<br>* CHAÑARAL DE ACEITUNO  |
| IV     | PUNTA CHOROS<br>CALETA HORNS<br>PTO. ALDEA<br>* SAN LORENZO<br>RIO LIMARI<br>PUERTO OSCURO<br>PUERTO MANSO<br>HUENTELAUQUEN<br>TOTOTALILLO<br>PICHIDANGUI<br>CHUNGUNGO<br>LA CEBADA<br>SIERRA<br>MAITENCILLO<br>CHIGUALOCO<br>SAN PEDRO<br>LAS CONCHAS<br>COQUIMBO S/D<br>TALQUILLA |

Cont'

| REGION | PUNTOS DE DESEMBARQUE  |
|--------|--|
| V      | LOS MOLLES<br>ALGARROBO<br>EL QUISCO<br>QUINTAY<br>VENTANA<br>QUINTERO<br>* HIGUERILLAS<br>SAN ANTONIO<br>* ZAPALLAR<br>* LAS CRUCES<br>* PAPUDO<br>* MAITENCILLO<br>PICHICUY<br>HORCON<br>* CARTAGENA S/D |
| VI     | MATANZAS<br>PICHILEMU<br>* LA BOCA   |
| VII    | LOANCO<br>PELLUHUE   |
| VIII   | LOTA<br>TUBUL<br>CORONEL<br>DICHATO<br>TALCAHUANO<br>SAN VICENTE<br>LEBU<br>LLICO  |
| IX     | QUEULE S/D   |

Cont'

| REGION | PUNTOS DE DESEMBARQUE  |
|--------|--|
| X      | CORRAL<br>NIEBLA<br>ESTAQUILLA<br>BAHIA MANSA<br>CALBUCO<br>MAULLIN<br>AMORTAJADO<br>CARELMAPU<br>CHINQUIHUE<br>ANCUD<br>PIÑIHUIL<br>PUDETO<br>QUELLON |
| XI     | PUERTO CHACABUCO<br>MELINKA<br>PUERTO AGUIRRE  |
| XII    | PUNTA ARENAS<br>BAHIA MANSA<br>PUERTO EDEN<br>PUERTO NATALES   |

- Veda

\* Puntos de Muestreo Adicionales

S/D Sin Desembarque



### **3. Diseño de Formularios**

Para la colecta de los datos en terreno se utilizaron tres tipos de formularios (Anexo 1).

- registro diario del desembarque
- muestreo de longitud del desembarque
- muestreo de longitud y peso del desembarque

### **4. Selección, Capacitación y Equipamiento de Personal**

A parte de personal especializado del IFOP, se seleccionó, contrató y capacitó a un importante contingente de muestreadores ocasionales a quienes se les dotó con el material y equipo necesario. Paralelamente se construyeron instructivos para las actividades de operación de terreno.

### **5. Procedencias geo-referenciadas**

Las procedencias de los desembarques fueron geo-referenciadas en latitud y longitud (grados y minutos).

### **6. Personal por Región y Centro de Muestreo**

El personal utilizado por región y centro de muestreo fue distribuido según se muestra en la tabla 3.

TABLA 3. Distribución de personal por región y puntos de muestreo. Monitoreo invierno-1993

| REGION | PUNTOS DE MUESTREO | NUMERO      |             |       | PORCENTAJE % |
|--------|--------------------|-------------|-------------|-------|--------------|
|        |                    | MUESTREADOR | COORDINADOR | TOTAL |              |
| I      | -                  | -           | -           | -     | -            |
| II     | 4                  | 7           | 1           | 8     | 4,0          |
| III    | 5                  | 11          | 1           | 12    | 6,0          |
| IV     | 19                 | 53          | 4           | 57    | 28,5         |
| V      | 15                 | 24          | 1           | 25    | 12,5         |
| VI     | 3                  | 6           | 1           | 7     | 3,5          |
| VII    | 2                  | 6           | 1           | 7     | 3,5          |
| VIII   | 8                  | 19          | 2           | 21    | 10,5         |
| IX     | 1                  | 1           | 1           | 2     | 1,0          |
| X      | 13                 | 39          | 7           | 46    | 23,0         |
| XI     | 3                  | 7           | 1           | 8     | 4,0          |
| XII    | 4                  | 6           | 1           | 7     | 3,5          |
| TOTAL  | 77                 | 179         | 21          | 200   | 100,0        |

### **Etapa 3**

#### **1. Acopio de Formularios**

Cada formulario completado por día y punto de desembarque fue centralizado regionalmente y posteriormente enviado a Santiago para su digitación.

#### **2. Definición de Archivos**

La estructura de los archivos de la base de datos fue definida a partir de los formularios de registro de desembarque, muestreo de longitud y muestreo longitud-peso.

#### **3. Programas de Ingreso de Datos**

A partir de la definición de la estructura de los archivos de la base de datos, se construyó los programas ingresadores de datos y de conversión a ASCII.

#### **4. Generación de la Base de Datos**

Los datos fueron digitados, corregidos y validados. En este proceso se realizaron dos correcciones antes de ser finalmente enviados para conversión a ASCII.

#### **5. Características de la Base de Datos**

La base de datos se compone de cinco tipos de archivos.

1. Archivo de desembarque: Contiene información sobre las variables asociadas con la actividad de pesca, niveles desembarcados por embarcación y procedencias.
2. Archivo de longitud: Contiene información sobre el muestreo de longitud de los ejemplares desembarcados por embarcación y procedencia.

3. Archivo biológico: Contiene información del muestreo de longitud y peso de los ejemplares para los principales centros de desembarque y procedencias más importantes.
4. Archivo de puertos: Contiene información de los puntos de desembarque considerados en el monitoreo.
5. Archivo de procedencias: Contiene la información sobre el nombre y posición georeferenciada de las procedencias.

El detalle de la estructura de los registros por tipo de archivo y nombre de los archivos se entregan en las tablas 4 y 5, respectivamente.

TABLA 4. Estructura de los archivos de desembarque, longitud, biológico y maestros de puertos y procedencias. Monitoreo invierno-1993

| TIPO<br>ARCHIVOS | CAMPOS                   |              |          |
|------------------|--------------------------|--------------|----------|
|                  | NOMBRE                   | TIPO         | POSICION |
| Desembarque      | Región                   | numérico     | 2        |
|                  | Caleta                   | numérico     | 3        |
|                  | Tipo de embarcación      | alfanumérico | 1        |
|                  | Matrícula                | alfanumérico | 7        |
|                  | Procedencia              | numérico     | 4        |
|                  | Captura                  | numérico     | 12       |
|                  | Mes                      | numérico     | 2        |
|                  | Día                      | numérico     | 2        |
|                  | Año                      | numérico     | 2        |
|                  | Profundidad promedio     | numérico     | 2        |
|                  | Horas y minutos promedio | numérico     | 4        |
|                  | Número de buzos          | numérico     | 2        |
|                  | Precio unitario          | numérico     | 4        |
| Longitud         | Mes                      | numérico     | 2        |
|                  | Día                      | numérico     | 2        |
|                  | Año                      | numérico     | 2        |
|                  | Región                   | numérico     | 2        |
|                  | Matrícula                | alfanumérico | 7        |
|                  | Procedencia              | numérico     | 4        |
|                  | Caleta                   | numérico     | 3        |
|                  | Tipo embarcación         | alfanumérico | 1        |
|                  | Captura                  | numérico     | 12       |
|                  | Talla                    | numérico     | 3        |
| Frecuencia       | numérico                 | 5            |          |

Cont'

| TIPO         |                     | CAMPOS       |          |
|--------------|---------------------|--------------|----------|
| ARCHIVOS     | NOMBRE              | TIPO         | POSICION |
| Biológico    | Mes                 | numérico     | 2        |
|              | Día                 | numérico     | 2        |
|              | Año                 | numérico     | 2        |
|              | Región              | numérico     | 2        |
|              | Matrícula           | alfanumérico | 7        |
|              | Procedencia         | numérico     | 4        |
|              | Caleta              | numérico     | 3        |
|              | Tipo embarcación    | alfanumérico | 1        |
|              | Captura             | numérico     | 12       |
|              | Número de individuo | numérico     | 3        |
|              | Longitud            | numérico     | 3        |
| Peso         | numérico            | 4            |          |
| Puertos      | Código              | numérico     | 3        |
|              | Región              | numérico     | 2        |
|              | Nombre              | alfanumérico | 20       |
| Procedencias | Región              | numérico     | 2        |
|              | Código              | numérico     | 4        |
|              | Nombre              | alfanumérico | 30       |
|              | Grados latitud      | numérico     | 2        |
|              | Minutos latitud     | numérico     | 2        |
|              | Grados longitud     | numérico     | 2        |
|              | Minutos longitud    | numérico     | 2        |

TABLA 5. Nombre de los archivos de desembarque, longitud, biológico, maestro de puertos y procedencias. Monitoreo invierno-1993

| TIPO ARCHIVO | NOMBRE ARCHIVO |
|--------------|----------------|
| Desembarque  | cl xxx y zz    |
| Longitud     | tl xxx y zz    |
| Biológico    | bl xxx y zz    |
| Puertos      | ptos 1-12      |
| Procedencia  | proc 1-12      |

xxx: Código del lugar del desembarque

y : temporada (I invierno)

zz : año

La tabla 6 contiene un resumen de los archivos generados por región y punto de desembarque

TABLA 6. Resumen de archivos de desembarque, longitud y biológicos por puntos de desembarque monitoreo invierno-1993

| REGION | PUNTOS DE DESEMBARQUE | TIPO DE ARCHIVO |          |           |
|--------|-----------------------|-----------------|----------|-----------|
|        |                       | DESEMBARQUE     | LONGITUD | BIOLOGICO |
| I      |                       | -               | -        | -         |
| II     | PAPOSO                | X               | X        | X         |
|        | TALTAL                | X               | X        | X         |
|        | CALETA COLOSO         | X               | X        | X         |
|        | TOCOPILLA             | X               | X        | X         |
| III    | PAN DE AZUCAR         | X               | X        | X         |
|        | PUERTO VIEJO          | X               | X        | X         |
|        | CARRIZAL BAJO         | X               | X        | X         |
|        | HUASCO                | X               | X        | X         |
|        | CHAÑARAL DE AC        | X               | X        | -         |
| IV     | PTA. CHOROS           | X               | X        | X         |
|        | CALETA HORNOS         | X               | X        | X         |
|        | PUERTO ALDEA          | X               | X        | X         |
|        | SAN LORENZO           | X               | X        | X         |
|        | RIO LIMARI            | X               | X        | X         |
|        | PUERTO OSCURO         | X               | X        | X         |
|        | PUERTO MANSO          | X               | X        | X         |
|        | HUENTELAUQUEN         | X               | X        | X         |
|        | TOTALILLO             | X               | X        | X         |
|        | PICHIDANGUI           | X               | X        | X         |
|        | CHUNGUNGO             | X               | X        | X         |
|        | TALQUILLA             | X               | X        | X         |
|        | LA CEBADA             | X               | X        | X         |
|        | SIERRA                | X               | X        | X         |
|        | MAITENCILLO           | X               | X        | X         |
|        | CHIGUALOCO            | X               | X        | X         |
|        | SAN PEDRO             | X               | X        | X         |
|        | LAS CONCHAS           | X               | X        | X         |

Cont'



| REGION | PUNTOS DE DESEMBARQUE | TIPO DE ARCHIVO |          |           |
|--------|-----------------------|-----------------|----------|-----------|
|        |                       | DESEMBARQUE     | LONGITUD | BIOLOGICO |
| V      | LOS MOLLES            | X               | X        | X         |
|        | HORCON                | X               | X        | X         |
|        | ALGARROBO             | X               | X        | X         |
|        | EL QUISCO             | X               | X        | X         |
|        | QUINTAY               | X               | X        | X         |
|        | VENTANA               | X               | X        | X         |
|        | QUINTERO              | X               | X        | X         |
|        | HIGUERILLAS           | X               | -        | -         |
|        | SAN ANTONIO           | X               | X        | X         |
|        | ZAPALLAR              | X               | -        | -         |
|        | LAS CRUCES            | X               | -        | -         |
|        | PAPUDO                | X               | -        | -         |
|        | MAITENCILLO           | X               | -        | -         |
|        | PICHICUY              | X               | X        | X         |
| VI     | MATANZA               | X               | X        | X         |
|        | PICHILEMU             | X               | X        | X         |
|        | LA BOCA               | X               | X        | X         |
| VII    | LOANCO                | X               | X        | X         |
|        | PELLUHUE              | X               | X        | X         |
| VIII   | LOTA                  | X               | X        | X         |
|        | TUBUL                 | X               | X        | X         |
|        | CGRONEL               | X               | X        | X         |
|        | DICHATO               | X               | X        | X         |
|        | TALCAHUANO            | X               | X        | X         |
|        | SAN VICENTE           | X               | X        | X         |
|        | LEBU                  | X               | X        | X         |
|        | LLICO                 | X               | X        | X         |
| IX     |                       | -               | -        | -         |

Cont'

| REGION | PUNTOS DE DESEMBARQUE | TIPO DE ARCHIVO |          |           |
|--------|-----------------------|-----------------|----------|-----------|
|        |                       | DESEMBARQUE     | LONGITUD | BIOLOGICO |
| X      | CORRAL                | X               | X        | X         |
|        | NIEBLA                | X               | X        | X         |
|        | ESTAQUILLA            | X               | X        | X         |
|        | BAHIA MANSA           | X               | X        | X         |
|        | CALBUCO               | X               | X        | X         |
|        | MAULLIN               | X               | X        | X         |
|        | AMORTAJADO            | X               | -        | -         |
|        | CARELMAPU             | X               | X        | X         |
|        | CHINQUIHUE            | X               | X        | X         |
|        | ANCUD                 | X               | X        | X         |
|        | PIÑIHUIL              | X               | X        | X         |
|        | PUDETO                | X               | X        | X         |
|        | QUELLON               | X               | X        | X         |
| XI     | PTO. CHACABUCO        | X               | X        | X         |
|        | MELINKA               | X               | X        | X         |
|        | PTO. AGUIRRE          | X               | X        | X         |
| XII    | PUNTA ARENAS          | X               | X        | X         |
|        | BAHIA MANSA           | X               | X        | -         |
|        | PUERTO EDEN           | X               | X        | X         |
|        | PTO. NATALES          | X               | X        | X         |
|        | TOTAL ARCHIVOS        | 74              | 68       | 66        |

## 2. Metodologías de Evaluación de Stock

### 2.1 Modelo de Análisis de Captura para una Temporada (ACTI)

#### 2.1.1 Modelo de Evaluación Empleado

Se empleó el modelo de evaluación de stock denominado Análisis de Captura a la Talla (ACTI), desarrollado por Zuleta y Moreno (1992) que se describe en el Informe Final del estudio titulado "Investigación Modelo de Manejo Pesquería Recurso Loco (Fase II)" ejecutado a requerimiento de la Subsecretaría de Pesca.

Debe señalarse al respecto, que las características particulares del modelo diseñado, respondió al objetivo establecido por la Subsecretaría en esa oportunidad, esto es, considerando que existe una notoria carencia de información previa respecto de varios aspectos importantes de este recurso, particularmente durante la vigencia de la veda extractiva, que a esa fecha cumple 54 meses ininterrumpidos de duración.

Por ello, la situación de esta pesquería se asimiló al concepto de "nueva pesquería" (CCAMLR, 1992). Sus supuestos principales consideran que el reclutamiento, el patrón de crecimiento y la mortalidad se han comportado en forma constante en el pasado, al menos en promedio.

Dada la ocurrencia de la temporada extractiva anterior, realizada en enero de 1993, en esta oportunidad no se cumplen algunos de los supuestos originales de este modelo, sobretodo considerando los niveles de desembarque autorizados para las pesquerías involucradas. Sin embargo, por las razones que se discuten en el punto 2.2 se consideró una aproximación válida, mientras no se disponía aún del modelo ACTII que permite el análisis simultáneo de las dos temporadas.

En cada región evaluada se definieron parámetros de entrada referidos a los resultados anteriormente obtenidos y se estimaron parámetros en otros. Se realizaron las correspondientes

penalizaciones cuando fueron necesarias, con el objeto de minimizar la probabilidad de ocurrencia de soluciones no viables.

En otras oportunidades, se realizaron ajustes previos con SSQ-log sin el uso de restricciones sobre los parámetros de crecimiento, usualmente para encontrar buenos estimados de éstos (particularmente de  $L_{\infty}$ ), ya que esta modalidad asigna prácticamente igual ponderación tanto a los extremos de la distribución de talla, como a las frecuencias mayores.

Además, se estimaron conjuntos de valores de entrada para los parámetros del patrón de explotación (coeficientes a, b, c), mediante el algoritmo de ajuste no lineal, usando el método Quasi-Newton del programa estadístico SYSTAT.

#### 2.1.2 Información Utilizada en la Evaluación de Stock

Los datos de composición por tallas del desembarque corresponden a las muestras obtenidas en un subconjunto (77) del total de los puntos de desembarque autorizados para ese efecto (108), en cada una de las regiones en las que se suspendió la veda extractiva en invierno de 1993.

El método de evaluación no se aplicó para las regiones I y IX, por cuanto en la primera no se autorizó la temporada extractiva y en la otra, no se registraron capturas procedentes de sus costas.

Los intervalos de talla originales (agrupados en intervalos de 1 mm) se reagruparon dentro de intervalos de 3 mm, con el fin de suavizar las distribuciones de talla originales. Este intervalo fue elegido en virtud de la experiencia acumulada en la evaluación anterior, principalmente porque no se pierde información relevante para el análisis y se reduce el error de medición producido por las irregularidades del borde de la concha del molusco, frecuentemente producto de la presencia de epibiontes, fracturas o saltaduras de la concha, entre otras.

Análogamente a lo realizado en la primera evaluación de stock de enero de 1993, la distribución de frecuencia de talla de la captura obtenida por el muestreo se consideraron representativas de

la fracción explotada de los stock de este recurso, aun cuando se encontraron en algunos casos distribuciones de tallas de las capturas con intervalos hasta 20 mm bajo la TML (registrados en la II y XII regiones).

También en esta oportunidad se realizaron comparaciones entre el número de pescadores basado en el número de Certificados de Asignación de Cuotas Individuales de Extracción (en adelante, abreviados como CACIE) retirados por los pescadores en las oficinas de SERNAP respectivas, los lugares de procedencia y las capturas en número registradas en cada una de las regiones para ambas temporadas extractivas, a partir de la información colectada por el Instituto de Fomento Pesquero y la solicitada expresamente a la Subsecretaría de Pesca para estos efectos, basada en las estadísticas de SERNAP.

## 2.2 Modelo de Evaluación de la Dinámica en Tallas para las dos Temporadas (ACTII)

El modelo de evaluación desarrollado es un resultado del proyecto y no corresponde, en propiedad, tratarlo dentro del capítulo donde se supone debería presentarse la metodología usada para obtener los productos del estudio. Por esa razón, el modelo propiamente tal se entrega más adelante en la sección correspondiente al capítulo de resultados.

La construcción de un modelo es un proceso difícil de enmarcar dentro de un procedimiento preestablecido; involucra análisis y síntesis de conceptos y técnicas específicas de muy variada índole en la cual las preferencias, aptitudes y conocimientos del que lo realiza juegan un papel preponderante.

No obstante, en esta sección se considera pertinente describir los pasos fundamentales que se siguieron, los cuales definen *a posteriori* un procedimiento cuya generalidad y eficacia en estas y otras condiciones es difícil de prever y no se pretende, en consecuencia, postular como metodología útil en cualquier caso.

El trabajo fue dividido en tres etapas: 1) definición del problema, 2) formulación del modelo de evaluación, 3) identificación de los parámetros y 4) implementación computacional.

### 2.2.1 Definición del problema

La primera etapa consistió en la identificación y definición de las características básicas del modelo con el fin de satisfacer las demandas de la evaluación, tanto en cuanto al tipo de datos disponibles o que es posible de obtener a un costo razonable, como a los resultados y uso posterior de los mismos. Desde este punto de vista, el enfoque de modelación no corresponde a las estrategias "tow-down" que suelen citarse en la literatura sobre la materia, sino a un enfoque que podríamos denominar "input-ouput", centrado en las entradas y salidas del proceso extractivo. La idea fue, a partir de la relación de pesca, incorporar, en la forma más económica posible, aquellos aspectos del ciclo vital del loco y del comportamiento extractivo, que permitiesen explicitar formalmente (a través del modelo) el mecanismo que vincula el esfuerzo de pesca, representado por la mortalidad correspondiente, y las capturas.

En principio, era posible desarrollar un modelo estructurado (en clases edades, tallas) o sin estructura (abundancia total). Se optó evidentemente por un modelo estructurado por cuanto aparecía como la única posibilidad de lograr suficientes observaciones para identificar los parámetros fundamentales que las determinan. Entre las dos opciones, edades o tallas, se prefirió esta última por ser la composición de tallas el dato más fácil y rápido de obtener en estos momentos. Por otra parte, desde la perspectiva del uso de los resultados, un modelo que estimara el número de ejemplares a la talla y el patrón talla-específico de explotación aportaba dos de los ingredientes fundamentales, que junto a la mortalidad por pesca recomendable, permiten el cálculo de capturas totales permisibles en este recurso.

Otra decisión importante desde el punto de vista metodológico fue la elección de un modelo cohortes verdaderas en tallas. En la literatura especializada se conocen modelos en tallas que se basan en supuestos de equilibrio que permiten hacer equivalente la trayectoria de una cohorte con la estructura de la población en un momento determinado. Para subrayar este hecho, las composiciones de tallas o edades de la población reciben usualmente el nombre de pseudocohortes. Cuando las poblaciones están sujetas a cambios en la intensidad, patrones de explotación y de los parámetros vitales, es necesario proyectar la dinámica de cohortes verdaderas y del reclutamiento para tener una representación adecuada de la dinámica global de

stock. En el loco existen evidencias suficientes para suponer que, al menos después de la apertura de la veda la pesca, los stock de esta especie no se pueden ver en rigor como poblaciones en equilibrio a través del tiempo. Este hecho ha sido recogido en la estrategia de modelamiento mediante el supuesto de la prevalencia de un régimen de equilibrio hasta la apertura de la veda (pseudocohortes) y un régimen transciente, posterior a éste, donde las cohortes se consideran verdaderas.

Esta decisión ha tenido importantes consecuencias desde el punto de vista metodológico; la más destacable quizás ha sido que la investigación de un modelo basado estrictamente en el seguimiento de cohortes de tallas, abrió un camino a la investigación que lo aleja de la teoría tradicional de los modelos en edades o tallas. Esto ha motivado que la investigación requiera plantearse en campos de reciente desarrollo de la dinámica poblacional y que fuera necesario esmerarse y gastar importantes esfuerzos para justificar teóricamente las intuiciones que orientaron las indagaciones.

#### 2.2.2 Formulación del modelo

En la metodología se distinguen dos aspectos relevantes, uno relacionado con la formulación del modelo de dinámica poblacional que predice el número a la talla, y otro, con la formulación de un modelo estadístico, basado en el primero, para predecir las observaciones de la composición de tallas de la captura de las dos temporadas.

#### 2.2.3 Modelo de la dinámica entre temporadas

Para la formulación del modelo se establecieron ciertos supuestos, detallados en los resultados, y se procedió a modelar independientemente los procesos de crecimiento y sobrevivencia, suponiendo que la pesca y la muerte natural ocurren secuencialmente y no concurrentemente, como suele suponerse.

Desde un punto de vista matemático, el modelo se desarrolló en forma continua en función de la talla y del tiempo. Los parámetros de crecimiento y mortalidad natural se asumieron

constantes a través de la talla y del tiempo, mientras que la mortalidad por pesca se supone constante sólo dentro de cada intervalo, obteniéndose de este modo una representación discretizada de la dinámica de las cohortes.

Para desarrollar el modelo se usó el concepto de función de densidad de la abundancia a la talla  $N(l)$ ; un concepto análogo a la función de densidad de probabilidades de una variable aleatoria. Primero, se imaginó la función de densidad en este espacio de las edades, y posteriormente, se obtuvo la función de densidad en el espacio de las tallas recurriendo a una transformación de la primera por medio de la función de von Bertalanffy que las relaciona entre sí. El siguiente paso, fue integrar la función de densidad dentro de cada intervalo para obtener el número a la talla y proponer una regla de transición de las cohortes, presentes a comienzo de la primera temporada, para proyectar los sobrevivientes al inicio de la segunda temporada.

Como parte de la metodología se consideró también una validación teórica del modelo, pudiéndose comprobar que se puede deducir de un modelo más general en edad fisiológica supuesto por Sinko y Streifer (1967), van Sickle (1977), Roughgarden (1987) y Metz *et al.* (1988), entre otros.

#### 2.2.4 Modelo Estadístico

Otra etapa fundamental de la metodología es la formulación de un modelo estadístico de las observaciones de captura a la talla de las dos temporadas. En esta etapa se agregan supuesto adicionales sobre la estructura de los errores, de las funciones de estimación y de las distribuciones de probabilidades que justifican la estimación de varianzas de los parámetros y de las abundancias como una función de los mismos.

Para el diseño de los estimadores de varianza de las abundancias se usó el método delta (Wolter, 1985).

El modelo estadístico desarrollado es no lineal en los parámetros del reclutamiento ( $R$ ), de la selectividad ( $a$ ,  $b$  y  $c$ ) y en las mortalidades por pesca de las tallas completamente vulnerables



( $F_0$ ,  $F_1$  y  $F_2$ ). Los parámetros de crecimiento ( $L_\infty$  y  $K$ ) se asumieron conocidos y disponibles de las evaluaciones anteriores.

### 2.2.5 Identificación de los parámetros

Aunque relacionada con las etapas anteriores, ésta tiene sus propias complejidades que si no se resuelven impiden lograr un modelo estimable. Dos de los problemas a este respecto son la obtención de soluciones únicas o restringir el espacio de soluciones posibles y la identificabilidad de la solución. Este último aspecto es uno de los problemas cruciales ya que se puede tener un modelo realista y adecuado de los procesos de interés que desde el punto de vista de la identificación de los parámetros no funcione debido al mal condicionamiento de la superficie de respuesta del modelo (suma de cuadrados residuales).

Metodológicamente hablando, el análisis de este problema requirió poner atención en la matriz de sensibilidad de los parámetros  $X$  (jacobiano del modelo de las capturas), el condicionamiento de la matriz  $X'X$  y en la búsqueda de formas alternativas de modelamiento para mejorar el condicionamiento mediante una relación más favorable entre observaciones y parámetros. En efecto, como se aprecia más adelante en los resultados, buena parte del tiempo de la etapa final del proyecto fue destinado al cálculo de las derivadas parciales de las ecuaciones de captura para dos formulaciones alternativas en vista del mal condicionamiento de la matriz de la primera versión del modelo. Esto requirió un esfuerzo de imaginación para simplificar las ecuaciones, buscar aproximaciones y formas autorregresivas del modelo estadístico.

### 2.2.6 Implementación

La validación computacional del modelo exacto y aproximado se realizó mediante la planilla electrónica Excel 4.8 de Microsoft y los algoritmos L para los cálculos de la matriz jacobiana y programa de cómputo se codificaron en lenguaje MATLAB 4.0 de Math Works Inc., para ambiente Windows.

## IV RESULTADOS Y ANALISIS

### 1. Monitoreo

#### 1.1 Desembarque

##### 1.1.1 Desembarque por Región

En la tabla 7 se entrega la distribución del desembarque por región y día de los 77 puntos de muestreo monitoreados entre la II y XII Región, durante el período comprendido entre el 26 de julio y 10 de agosto de 1993. Si bien la temporada de pesca tenía una duración de seis días la autoridad debió extender el período en dos días en la II y III Región, tres días entre la IV y XI Región y seis días en la XII Región, teniendo en consideración que en gran parte del territorio las condiciones metereológicas fueron inapropiadas para realizar actividades de extracción en el período designado. Sin embargo, en los primeros seis días se extrajo alrededor del 83% de la cuota, lo que permitió obtener una adecuada cobertura de la pesquería a través del Monitoreo por parte del IFOP.

En la tabla 7 se aprecia que cuatro regiones: IV, VIII, X y XI, concentraron el 90,6% del total desembarcado, destacando la X Región con el 57,8% del desembarque nacional. Comparativamente con la temporada anterior, se observa que estas participaciones son muy similares, es así que las cuatro regiones más importantes y la X Región representaron el 91,3% y el 56% del desembarque nacional de la temporada de verano, (IFOP, 1993) respectivamente.

TABLA 7. Desembarque (en unidades) de C. concholepas por región y día. Monitoreo invierno-1993

| REGION | DIAS MES JULIO |        |         |         |         |         |
|--------|----------------|--------|---------|---------|---------|---------|
|        | 26             | 27     | 28      | 29      | 30      | 31      |
| II     | 121            | 822    | 6130    | 9591    | 7642    | 7879    |
| III    | 79599          | 105096 | 22900   | 50365   | 65188   | 34793   |
| IV     | 138751         | 39850  | 126053  | 220705  | 492374  | 274055  |
| V      | 188005         | -      | -       | 1586    | 207583  | 85474   |
| VI     | 183            | -      | -       | -       | 7382    | 5394    |
| VII    | -              | -      | -       | 1424    | 3310    | 9658    |
| VIII   | -              | -      | 450     | 7126    | 17410   | 54610   |
| IX     | S/D            | S/D    | S/D     | S/D     | S/D     | S/D     |
| X      | 153679         | 703227 | 1483768 | 2049691 | 2030273 | 749511  |
| XI     | -              | 68400  | 278460  | 386850  | 247480  | 255790  |
| XII    | -              | -      | -       | -       | -       | -       |
| TOTAL  | 560338         | 917395 | 1917761 | 2727320 | 3078642 | 1477164 |

| REGION | DIAS MES AGOSTO |        |        |        |        |        |      |       |      | TOTAL    |
|--------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|------|-------|------|----------|
|        | 1               | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7    | 8     | 10   |          |
| II     | 175             | -      | -      | -      | -      | -      | -    | -     | -    | 32360    |
| III    | 23353           | 6882   | -      | -      | -      | -      | -    | -     | -    | 388176   |
| IV     | 101616          | 4230   | -      | -      | -      | -      | -    | -     | -    | 1397634  |
| V      | 43752           | 51432  | 17678  | -      | -      | -      | -    | -     | -    | 595492   |
| VI     | -               | -      | -      | -      | -      | -      | -    | -     | -    | 12959    |
| VII    | 2069            | 1926   | 310    | -      | -      | -      | -    | -     | -    | 18697    |
| VIII   | 132850          | 113704 | 157180 | 276096 | 402800 | 166150 | -    | -     | -    | 1328376  |
| IX     | S/D             | S/D    | S/D    | S/D    | S/D    | S/D    | S/D  | S/D   | S/D  | S/D      |
| X      | 199638          | 34929  | 6380   | -      | -      | -      | -    | -     | -    | 7411096  |
| XI     | 162330          | -      | 47600  | 27200  | -      | -      | -    | -     | -    | 1474110  |
| XII    | 17400           | 27167  | 3200   | 16446  | 25061  | 46086  | 6100 | 14540 | 3829 | 159829   |
| TOTAL  | 741943          | 240270 | 232348 | 319742 | 427861 | 212236 | 6100 | 14540 | 3829 | 12818729 |

S/D Sin desembarque

### 1.1.2 Desembarque y Precios por Caleta

En las tablas 8 a 17 se sintetizan los principales indicadores del desembarque por región. En las figuras 1 a 10 se incluye el ranking por punto de desembarque para cada una de las regiones.

Como se indicara anteriormente, las regiones IV, VIII, X y XI concentraron sobre el 90% del desembarque nacional de loco. De igual manera, al interior de las regiones se aprecia una concentración de la actividad en un número reducido de centros. En la IV Región, de los 19 puntos de muestreo las caletas San Pedro, Hornos, Pta Choros y Chungungo aportaron el 45,6% del desembarque regional. En la VIII Región, de los 8 puntos de muestreo, Lebu, Lota y San Vicente concentraron el 76,8% del desembarque. En la X Región se observa una situación similar, prueba de ello es que de los 13 puntos de muestreo dos registraron el 44,5% del desembarque de la región y corresponden a las caletas de Quellón y Carelmapu. En la XI Región, de los 3 puntos de muestreo, el 94,4% se concentró en dos centros, Puerto Chacabuco y Melinka.

Con respecto a los precios, en general el cuadro mejoró en esta temporada, en parte debido a la estrategia de venta empleada por los pescadores a través de sus organizaciones. Los precios subieron considerablemente en todas las regiones, destacando la IV, XI y XII Región con incrementos sobre el 100% respecto al precio transado en verano.

La información indica que si bien los precios aumentaron, éstos presentaron una gran variabilidad, transándose entre \$280 y \$1900 la unidad con un precio promedio nacional de \$1.068. A nivel regional se verifica que el precio promedio más alto se obtuvo en la XI Región y alcanzó a \$1.326, a su vez el valor promedio más bajo correspondió a la II Región con sólo \$465 la unidad.

TABLA 8. Indicadores del desembarque de *C. concholepas* de la II región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS   | DESEMBARQUE |          |            | PRECIO (\$ UNIDAD) |        |          |
|-----------|-------------|----------|------------|--------------------|--------|----------|
|           | VIAJES      | UNIDADES | PORCENTAJE | MINIMO             | MAXIMO | PROMEDIO |
| PAPOSO    | 19          | 15717    | 48,6%      | 550                | 600    | 596      |
| TALTAL    | 11          | 13151    | 40,6%      | 550                | 600    | 583      |
| COLOSO    | 10          | 1190     | 3,7%       | 400                | 400    | 400      |
| TOCOPILLA | 17          | 2302     | 7,1%       | 280                | 350    | 309      |
| TOTAL     | 57          | 32360    | 100,0%     | 280                | 600    | 465      |

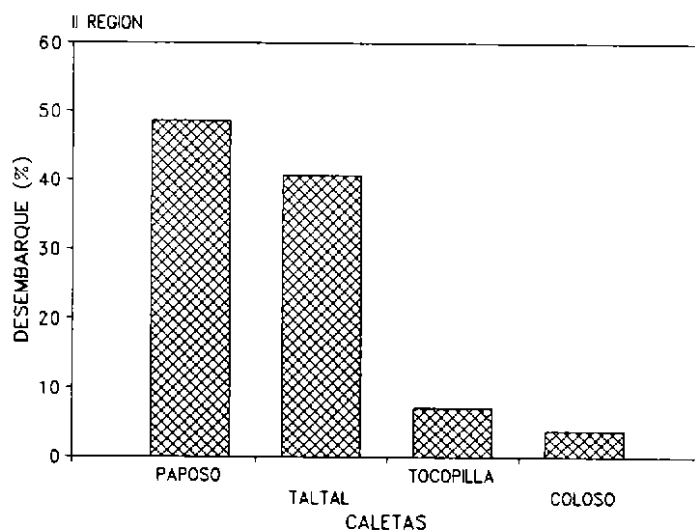


Fig. 1: Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

TABLA 9. Indicadores del desembarque de *C. concholepas* de la III región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS           | DESEMBARQUE |          |            | PRECIO (\$ UNIDAD) |        |          |
|-------------------|-------------|----------|------------|--------------------|--------|----------|
|                   | VIAJES      | UNIDADES | PORCENTAJE | MINIMO             | MAXIMO | PROMEDIO |
| PAN DE AZUCAR     | 99          | 64901    | 16,7%      | 550                | 650    | 608      |
| PTO. VIEJO        | 79          | 77873    | 20,1%      | 600                | 670    | 650      |
| CARRIZAL BAJO     | 36          | 56000    | 14,4%      | 650                | 700    | 695      |
| HUASCO            | 97          | 138813   | 35,8%      | 750                | 750    | 750      |
| CHAÑARAL ACEITUNO | 63          | 50589    | 13,0%      | 500                | 720    | 653      |
| TOTAL             | 374         | 388176   | 100,0%     | 500                | 750    | 651      |

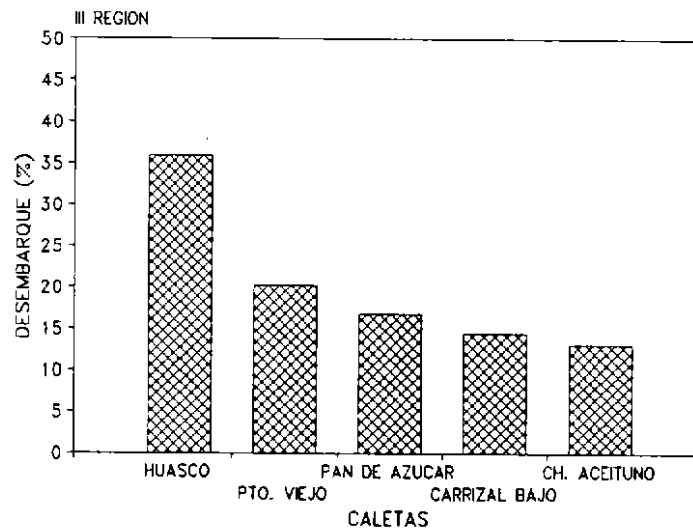


Fig. 2: Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

TABLA 10. Indicadores del desembarque de *C. concholepas* de la IV región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS       | DESEMBARQUE |          |            | PRECIO (\$ UNIDAD) |        |          |
|---------------|-------------|----------|------------|--------------------|--------|----------|
|               | VIAJES      | UNIDADES | PORCENTAJE | MINIMO             | MAXIMO | PROMEDIO |
| PTA. CHOROS   | 104         | 143600   | 10,3%      | 450                | 650    | 565      |
| HORNOS        | 174         | 162455   | 11,6%      | 800                | 800    | 800      |
| PTO. ALDEA    | 54          | 26322    | 1,9%       | 630                | 800    | 672      |
| SAN LORENZO   | 49          | 103200   | 7,4%       | 650                | 800    | 739      |
| RIO LIMARI    | 63          | 48875    | 3,5%       | 780                | 800    | 781      |
| PTO. OSCURO   | 26          | 18600    | 1,3%       | 900                | 900    | 900      |
| PTO. MANSO    | 49          | 37600    | 2,7%       | 1050               | 1050   | 1050     |
| HUENTELAUQUEN | 57          | 40200    | 2,9%       | 900                | 900    | 900      |
| TOTALILLO     | 60          | 62000    | 4,4%       | 850                | 850    | 850      |
| PICHIDANGUI   | 73          | 83832    | 6,0%       | 1050               | 1050   | 1050     |
| CHUNGUNGO     | 205         | 140740   | 10,1%      | 780                | 780    | 780      |
| TALQUILLA     | 92          | 75425    | 5,4%       | 760                | 830    | 784      |
| LA CEBADA     | 57          | 60000    | 4,3%       | 650                | 650    | 650      |
| SIERRA        | 57          | 46600    | 3,3%       | 800                | 800    | 800      |
| MAITENCILLO   | 39          | 41100    | 2,9%       | 700                | 700    | 700      |
| CHIGUALOCO    | 51          | 56950    | 4,1%       | 800                | 1050   | 1021     |
| SAN PEDRO     | 243         | 189845   | 13,6%      | 500                | 1050   | 1044     |
| LAS CONCHAS   | 76          | 60290    | 4,3%       | 1050               | 1500   | 1067     |
| TOTAL         | 1529        | 1397634  | 100,0%     | 450                | 1500   | 859      |

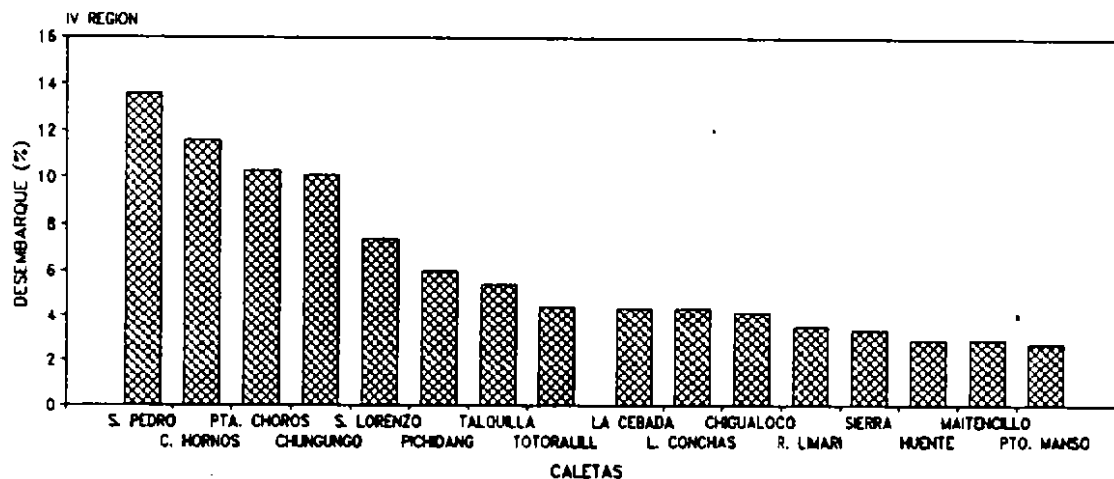


Fig. 3 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

TABLA 11. Indicadores del desembarque de *C. concholepas* de la V región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS     | DESEMBARQUE |          |            | PRECIO (\$ UNIDAD) |        |          |
|-------------|-------------|----------|------------|--------------------|--------|----------|
|             | VIAJES      | UNIDADES | PORCENTAJE | MINIMO             | MAXIMO | PROMEDIO |
| LOS MOLLES  | 34          | 45900    | 7,7%       | 930                | 930    | 930      |
| HORCON      | 144         | 59645    | 10,0%      | 620                | 800    | 697      |
| ALGARROBO   | 89          | 42305    | 7,1%       | 700                | 700    | 700      |
| EL QUISCO   | 71          | 62309    | 10,5%      | 780                | 800    | 792      |
| QUINTAY     | 61          | 91858    | 15,4%      | 550                | 800    | 627      |
| VENTANAS    | 99          | 38684    | 6,5%       | 680                | 800    | 703      |
| QUINTERO    | 73          | 23341    | 3,9%       | 630                | 700    | 664      |
| HIGUERILLAS | 7           | 2800     | 0,5%       | 500                | 700    | 600      |
| SAN ANTONIO | 64          | 49179    | 8,3%       | 500                | 700    | 551      |
| ZAPALLAR    | 35          | 8277     | 1,4%       | 700                | 780    | 769      |
| LAS CRUCES  | 34          | 5844     | 1,0%       | 650                | 650    | 650      |
| PAPUDO      | 49          | 24450    | 4,1%       | 500                | 780    | 676      |
| MAITENCILLO | 33          | 17850    | 3,0%       | 700                | 800    | 745      |
| PICHICUY    | 168         | 123050   | 20,7%      | 720                | 720    | 720      |
| TOTAL       | 961         | 595492   | 100,0%     | 500                | 930    | 700      |

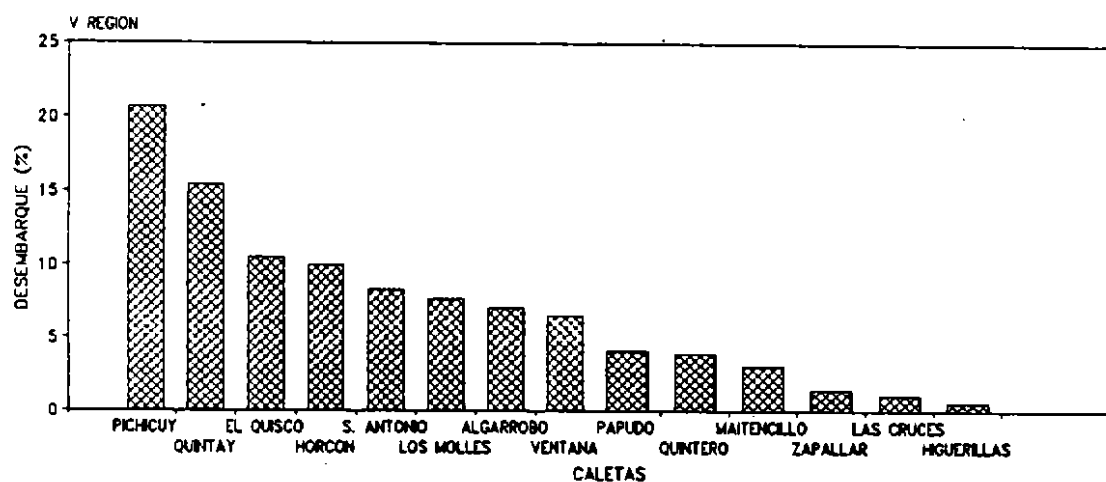


Fig. 4 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas



TABLA 12. Indicadores del desembarque de *C. concholepas* de la VI región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS   | DESEMBARQUE |          |            | PRECIO (\$ UNIDAD) |        |          |
|-----------|-------------|----------|------------|--------------------|--------|----------|
|           | VIAJES      | UNIDADES | PORCENTAJE | MINIMO             | MAXIMO | PROMEDIO |
| MATANZA   | 6           | 2540     | 19,6%      | 500                | 500    | 500      |
| PICHILEMU | 8           | 2776     | 21,4%      | 500                | 500    | 500      |
| LA BOCA   | 14          | 7643     | 59,0%      | 550                | 550    | 550      |
| TOTAL     | 28          | 12959    | 100,0%     | 500                | 550    | 528      |

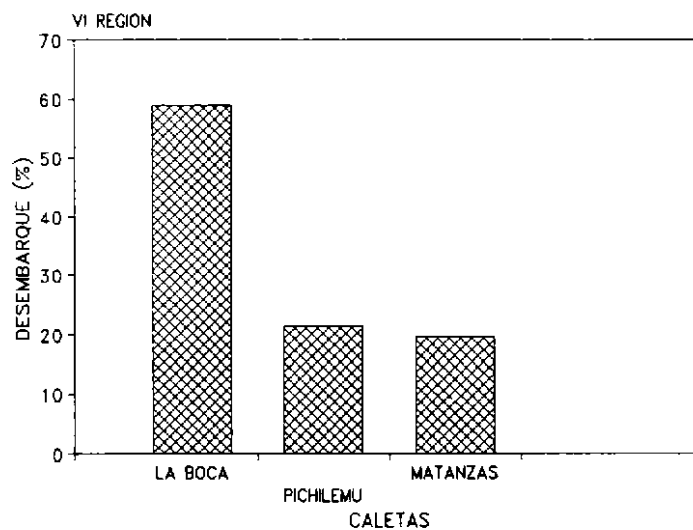


Fig. 5 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

TABLA 13. Indicadores del desembarque de *C. concholepas* de la VII región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS  | DESEMBARQUE |          |            | PRECIO (\$ UNIDAD) |        |          |
|----------|-------------|----------|------------|--------------------|--------|----------|
|          | VIAJES      | UNIDADES | PORCENTAJE | MINIMO             | MAXIMO | PROMEDIO |
| LOANCO   | 17          | 4350     | 23,3%      | 700                | 700    | 700      |
| PELLUHUE | 49          | 14347    | 76,7%      | 700                | 800    | 771      |
| TOTAL    | 66          | 18697    | 100,0%     | 700                | 800    | 753      |

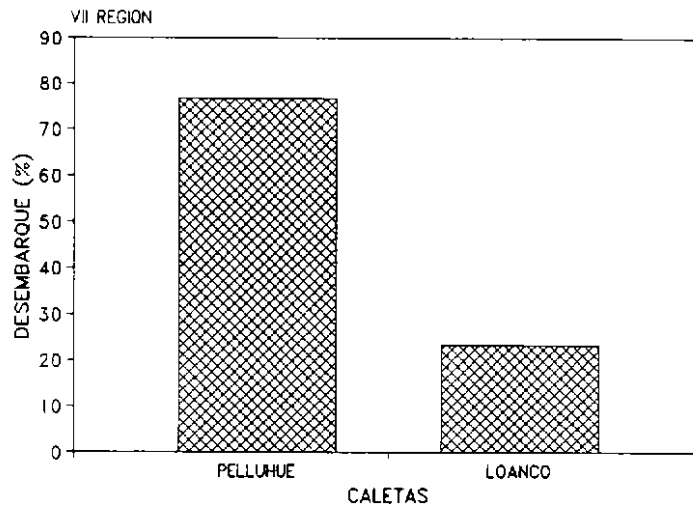


Fig. 6 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

TABLA 14. Indicadores del desembarque de *C. concholepas* de la VIII región. Monitoreo invierno - 1993

| CALETAS     | DESEMBARQUE |          |            | PRECIO (\$ UNIDAD) |        |          |
|-------------|-------------|----------|------------|--------------------|--------|----------|
|             | VIAJES      | UNIDADES | PORCENTAJE | MINIMO             | MAXIMO | PROMEDIO |
| LOTA        | 15          | 257296   | 19,4%      | 700                | 750    | 703      |
| TUBUL       | 36          | 60839    | 4,6%       | 650                | 1000   | 709      |
| CORONEL     | 9           | 50100    | 3,8%       | 550                | 900    | 794      |
| DICHATO     | 14          | 3954     | 0,3%       | 700                | 700    | 700      |
| TALCAHUANO  | 14          | 111287   | 8,4%       | 600                | 1000   | 800      |
| SAN VICENTE | 6           | 236000   | 17,8%      | 700                | 800    | 775      |
| LEBU        | 82          | 526400   | 39,6%      | 620                | 750    | 733      |
| LLICO       | 38          | 82500    | 6,2%       | 600                | 650    | 633      |
| TOTAL       | 214         | 1328376  | 100,0%     | 550                | 1000   | 714      |

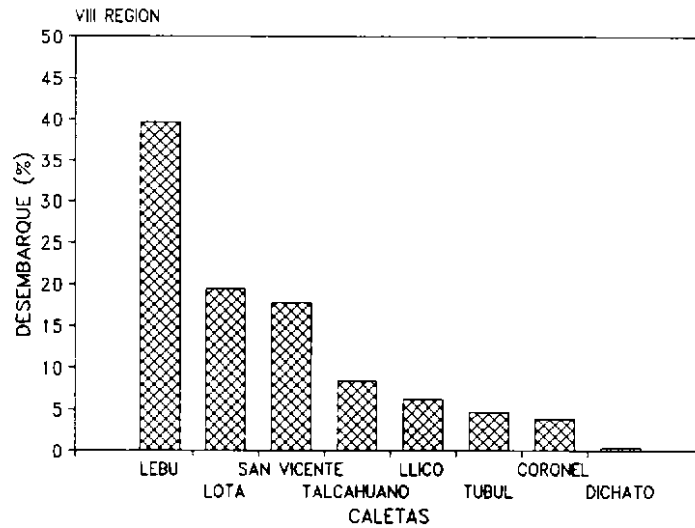


Fig. 7 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

TABLA 15. Indicadores del desembarque de *C. concholepas* de la X región. Monitoreo invierno - 1993

| CALETAS     | DESEMBARQUE |          |            | PRECIO (\$ UNIDAD) |        |          |
|-------------|-------------|----------|------------|--------------------|--------|----------|
|             | VIAJES      | UNIDADES | PORCENTAJE | MINIMO             | MAXIMO | PROMEDIO |
| CORRAL      | 40          | 166360   | 2,2%       | 580                | 1100   | 911      |
| NIEBLA      | 200         | 722335   | 9,7%       | 700                | 1200   | 946      |
| ESTAQUILLA  | 93          | 111395   | 1,5%       | 1000               | 1350   | 1231     |
| BAHIA MANSA | 375         | 63825    | 9,0%       |                    |        |          |
| CALBUCO     | 40          | 107610   | 1,5%       | 800                | 1850   | 1187     |
| MAULLIN     | 298         | 628676   | 8,5%       | 700                | 1500   | 1231     |
| AMORTAJADO  | 16          | 20930    | 0,3%       | 1000               | 1500   | 1161     |
| CARELMAPU   | 1239        | 1487585  | 20,1%      | 1000               | 1900   | 1241     |
| CHINQUIHUE  | 6           | 125800   | 1,7%       | 1100               | 1100   | 1100     |
| ANCUD       | 470         | 735612   | 9,9%       | 700                | 1700   | 1105     |
| PINIHUIL    | 318         | 430248   | 5,8%       | 700                | 1700   | 993      |
| PUDETO      | 126         | 403250   | 5,4%       | 800                | 1350   | 1068     |
| QUELLON     | 335         | 1807470  | 24,4%      | 900                | 1800   | 1321     |
| TOTAL       | 3556        | 7411096  | 100,0%     | 580                | 1900   | 1184     |

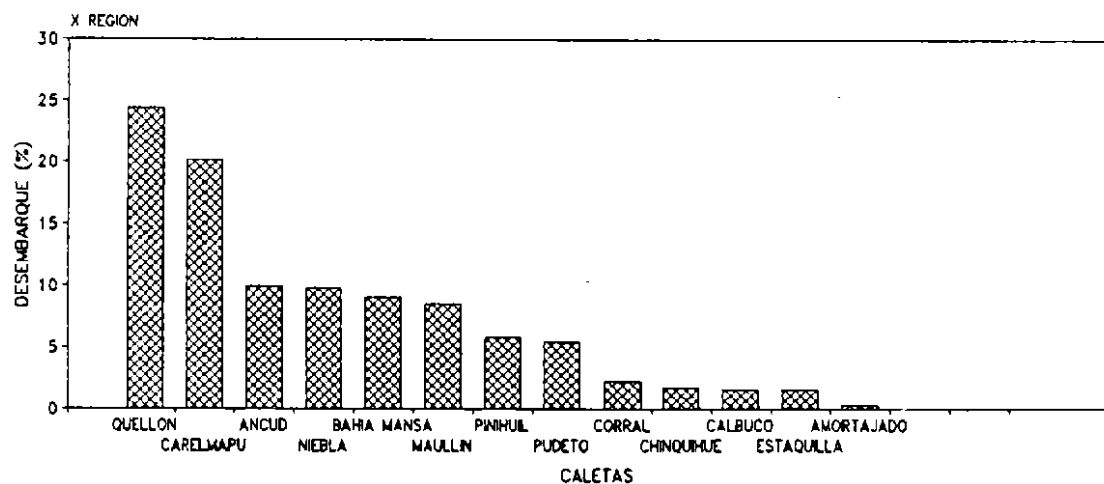


Fig. 8 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

TABLA 16. Indicadores del desembarque de *C. concholepas* de la XI región. Monitoreo invierno-1993

| CALETA         | DESEMBARQUE |          |            | PRECIO (\$ UNIDAD) |        |          |
|----------------|-------------|----------|------------|--------------------|--------|----------|
|                | VIAJES      | UNIDADES | PORCENTAJE | MINIMO             | MAXIMO | PROMEDIO |
| PTO. CHACABUCO | 30          | 733770   | 49,8%      | 700                | 1500   | 1181     |
| MELINKA        | 182         | 657040   | 44,6%      | 1150               | 1600   | 1417     |
| PTO. AGUIRRE   | 35          | 83300    | 5,7%       | 1200               | 1800   | 1444     |
| TOTAL          | 247         | 1474110  | 100,0%     | 700                | 1800   | 1326     |

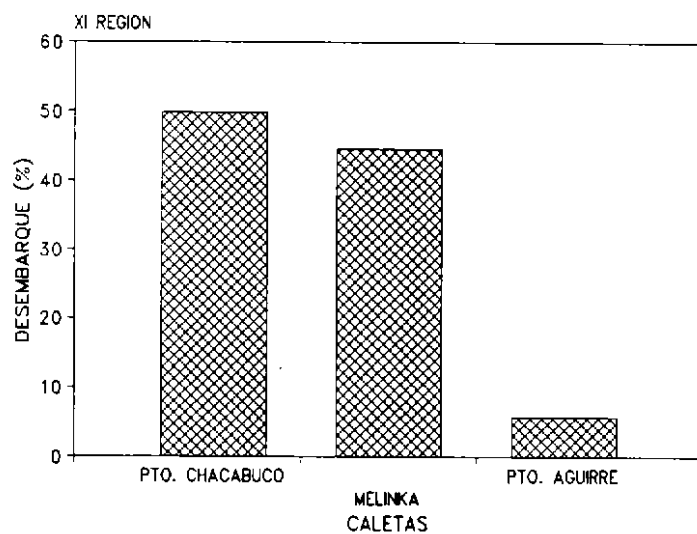


Fig. 9 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

TABLA 17. Indicadores del desembarque de *C. concholepas* de la XII región. Monitoreo invierno - 1993

| CALETAS      | DESEMBARQUE |          |            | PRECIO (\$ UNIDAD) |        |          |
|--------------|-------------|----------|------------|--------------------|--------|----------|
|              | VIAJES      | UNIDADES | PORCENTAJE | MINIMO             | MAXIMO | PROMEDIO |
| PTA. ARENAS  | 2           | 2540     | 1,6%       | 425                | 425    | 425      |
| BAHIA MANSA  | 1           | 15400    | 9,6%       |                    |        |          |
| PTO. EDEN    | 4           | 20760    | 13,0%      | 400                | 500    | 425      |
| PTO. NATALES | 21          | 121129   | 75,8%      | 600                | 750    | 695      |
| TOTAL        | 29          | 159829   | 100,0%     | 400                | 750    | 630      |

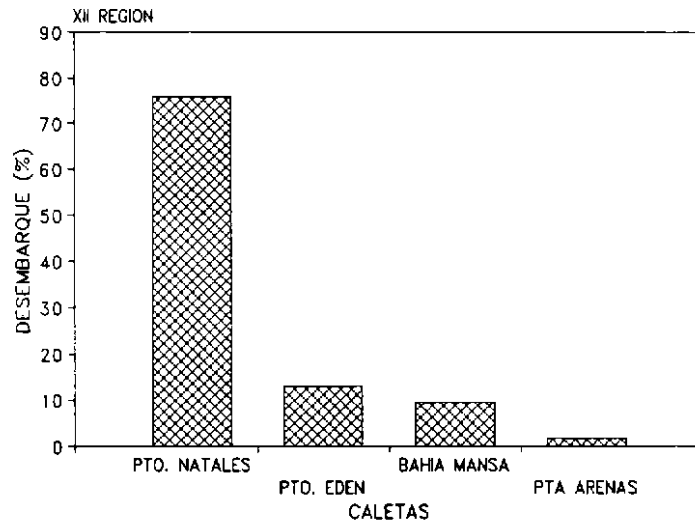


Fig. 10 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

## 1.2 Captura

La composición en número y peso de las capturas por clase de longitud cada 3 mm de largo peristomal, se obtuvo a partir de la información del monitoreo. Estas cifras representan del orden del 81% de la captura real. La estimación estimación final se obtuvo mediante una expansión simple, con base en los datos finales, del Servicio Nacional de Pesca.

Los coeficientes de variación deben entenderse como una medida de la variabilidad relativa del estimador, que puede fácilmente traducirse en una medida del error dependiendo del nivel de confianza elegido por el decisor.

### 1.2.1 Composición en Número

Las tablas 18 y 19 entregan por unidad de pesquería y clase de longitud, el número estimado de ejemplares y el coeficiente de variación de la estimación, respectivamente. Resulta oportuno destacar a la luz de las cifras, que hay una importante diferencia entre los registros de captura y desembarque de las regiones X y XI, explicados básicamente por el transporte de la pesca extraída en áreas de la XI Región hacia la X Región, para desembarque.

Los coeficientes de variación indican muy buenos niveles de estimación del número por clase de longitud, entre 1 y 6% con excepción obviamente de los extremos de la distribución.

TABLA 18. Composición en número de las capturas por unidad de pesquería según clase de longitud, monitoreo invierno - 1993

| CLASE DE LONGITUD | REGION |        |         |        |       |       |         |         |         |        | TOTAL    |
|-------------------|--------|--------|---------|--------|-------|-------|---------|---------|---------|--------|----------|
|                   | II     | III    | IV      | V      | VI    | VII   | VIII    | X       | XI      | XII    |          |
| 80 - 83           | 7      | 0      | 0       | 0      | 0     | 0     | 0       | 0       | 0       | 20     | 27       |
| 83 - 86           | 15     | 0      | 0       | 0      | 0     | 0     | 0       | 0       | 0       | 0      | 15       |
| 86 - 89           | 7      | 0      | 0       | 0      | 0     | 0     | 0       | 0       | 0       | 0      | 7        |
| 89 - 92           | 898    | 20     | 554     | 53     | 11    | 0     | 1370    | 537     | 95      | 60     | 3597     |
| 92 - 95           | 4636   | 472    | 2123    | 375    | 74    | 0     | 5095    | 706     | 151     | 223    | 13855    |
| 95 - 98           | 15941  | 5336   | 10015   | 3377   | 415   | 59    | 24478   | 4018    | 963     | 1629   | 66231    |
| 98 - 101          | 31297  | 27272  | 77152   | 33752  | 1789  | 2713  | 102151  | 60254   | 14502   | 13771  | 364652   |
| 101 - 104         | 35792  | 81642  | 169200  | 95992  | 3196  | 5189  | 186119  | 204916  | 60076   | 13423  | 855545   |
| 104 - 107         | 26735  | 102360 | 255424  | 125747 | 3372  | 5763  | 276048  | 427667  | 134044  | 20830  | 1377990  |
| 107 - 110         | 18197  | 91302  | 255340  | 102580 | 3283  | 6178  | 276654  | 598626  | 179744  | 16210  | 1548112  |
| 110 - 113         | 16357  | 93321  | 277635  | 99089  | 2593  | 5672  | 303216  | 927783  | 221320  | 24390  | 1971375  |
| 113 - 116         | 9740   | 75082  | 226690  | 63447  | 1332  | 4224  | 208998  | 981190  | 274980  | 18373  | 1864056  |
| 116 - 119         | 9866   | 61767  | 177597  | 48299  | 1002  | 3465  | 166894  | 897800  | 265400  | 14128  | 1646218  |
| 119 - 122         | 5697   | 54659  | 150017  | 31319  | 653   | 2542  | 97480   | 915141  | 243523  | 11845  | 1512877  |
| 122 - 125         | 3961   | 43233  | 96121   | 19858  | 318   | 1382  | 66515   | 766296  | 252531  | 7847   | 1258063  |
| 125 - 128         | 2255   | 33175  | 67869   | 11856  | 123   | 775   | 37074   | 661758  | 231896  | 6889   | 1053671  |
| 128 - 131         | 1958   | 24170  | 41400   | 5282   | 95    | 888   | 20858   | 505308  | 181146  | 4899   | 786004   |
| 131 - 134         | 1254   | 13700  | 21044   | 2765   | 50    | 87    | 8713    | 314626  | 154748  | 2050   | 519035   |
| 134 - 137         | 230    | 10032  | 13419   | 1064   | 28    | 59    | 4738    | 227003  | 120870  | 1276   | 378720   |
| 137 - 140         | 96     | 4601   | 6359    | 445    | 0     | 84    | 1477    | 116590  | 71949   | 818    | 202419   |
| 140 - 143         | 67     | 2961   | 3130    | 195    | 0     | 7     | 1399    | 84033   | 59690   | 1342   | 152823   |
| 143 - 146         | 0      | 1254   | 1361    | 64     | 0     | 0     | 875     | 47356   | 33806   | 428    | 85145    |
| 146 - 149         | 30     | 557    | 186     | 27     | 0     | 5     | 268     | 24241   | 20730   | 269    | 46312    |
| 149 - 152         | 0      | 195    | 194     | 0      | 0     | 0     | 53      | 11678   | 10063   | 293    | 22477    |
| 152 - 155         | 0      | 0      | 0       | 0      | 0     | 0     | 0       | 7977    | 8441    | 781    | 17199    |
| 155 - 158         | 0      | 0      | 0       | 0      | 0     | 0     | 0       | 2535    | 2087    | 0      | 4622     |
| 158 - 161         | 0      | 0      | 0       | 0      | 0     | 7     | 0       | 1042    | 1294    | 0      | 2343     |
| 161 - 164         | 0      | 0      | 0       | 0      | 0     | 0     | 0       | 255     | 1176    | 0      | 1431     |
| 164 - 167         | 0      | 0      | 0       | 0      | 0     | 0     | 0       | 335     | 236     | 0      | 571      |
| 167 - 170         | 0      | 0      | 0       | 0      | 0     | 0     | 0       | 72      | 0       | 130    | 202      |
| 170 - 173         | 0      | 0      | 0       | 0      | 0     | 0     | 0       | 441     | 0       | 0      | 441      |
| 173 - 176         | 0      | 0      | 0       | 0      | 0     | 0     | 0       | 296     | 0       | 0      | 296      |
| TOTAL             | 185037 | 727111 | 1852830 | 645585 | 18335 | 39100 | 1790474 | 7790482 | 2545460 | 161921 | 15756335 |



TABLA 19 Coeficiente de variación de la captura en número por unidad de pesquería según clase de longitud, monitoreo invierno - 1993

| CLASE DE LONGITUD | REGION |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                   | II     | III    | IV     | V      | VI     | VII    | VIII   | X      | XI     | XII    |
| 80 - 83           | 1.7702 |        |        |        |        |        |        |        |        | 1.2922 |
| 83 - 86           | 1.2517 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 86 - 89           | 1.7702 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 89 - 92           | 0.1605 | 1.1949 | 0.1846 | 0.5293 | 0.8221 |        | 0.1848 | 0.4450 | 1.0173 | 0.7460 |
| 92 - 95           | 0.0699 | 0.2454 | 0.0942 | 0.1981 | 0.3219 |        | 0.0957 | 0.3880 | 0.8042 | 0.3853 |
| 95 - 98           | 0.0365 | 0.0727 | 0.0433 | 0.0659 | 0.1343 | 0.3455 | 0.0434 | 0.1626 | 0.3187 | 0.1420 |
| 98 - 101          | 0.0248 | 0.0317 | 0.0153 | 0.0203 | 0.0622 | 0.0490 | 0.0208 | 0.0418 | 0.0819 | 0.0469 |
| 101 - 104         | 0.0229 | 0.0176 | 0.0101 | 0.0114 | 0.0445 | 0.0342 | 0.0150 | 0.0225 | 0.0399 | 0.0476 |
| 104 - 107         | 0.0273 | 0.0154 | 0.0080 | 0.0097 | 0.0431 | 0.0322 | 0.0120 | 0.0153 | 0.0263 | 0.0373 |
| 107 - 110         | 0.0339 | 0.0165 | 0.0080 | 0.0110 | 0.0438 | 0.0309 | 0.0120 | 0.0128 | 0.0225 | 0.0429 |
| 110 - 113         | 0.0360 | 0.0163 | 0.0076 | 0.0112 | 0.0504 | 0.0325 | 0.0113 | 0.0100 | 0.0201 | 0.0340 |
| 113 - 116         | 0.0476 | 0.0184 | 0.0085 | 0.0145 | 0.0731 | 0.0385 | 0.0141 | 0.0097 | 0.0178 | 0.0400 |
| 116 - 119         | 0.0472 | 0.0205 | 0.0098 | 0.0168 | 0.0851 | 0.0429 | 0.0159 | 0.0102 | 0.0182 | 0.0463 |
| 119 - 122         | 0.0629 | 0.0219 | 0.0108 | 0.0212 | 0.1064 | 0.0507 | 0.0213 | 0.0101 | 0.0191 | 0.0510 |
| 122 - 125         | 0.0758 | 0.0249 | 0.0136 | 0.0268 | 0.1541 | 0.0699 | 0.0260 | 0.0112 | 0.0187 | 0.0634 |
| 125 - 128         | 0.1009 | 0.0286 | 0.0164 | 0.0349 | 0.2485 | 0.0941 | 0.0352 | 0.0121 | 0.0196 | 0.0679 |
| 128 - 131         | 0.1084 | 0.0337 | 0.0211 | 0.0526 | 0.2834 | 0.0878 | 0.0471 | 0.0140 | 0.0224 | 0.0810 |
| 131 - 134         | 0.1357 | 0.0451 | 0.0298 | 0.0728 | 0.3926 | 0.2839 | 0.0731 | 0.0180 | 0.0244 | 0.1264 |
| 134 - 137         | 0.3177 | 0.0529 | 0.0374 | 0.1175 | 0.5197 | 0.3455 | 0.0993 | 0.0213 | 0.0278 | 0.1606 |
| 137 - 140         | 0.4908 | 0.0784 | 0.0544 | 0.1818 |        | 0.2878 | 0.1780 | 0.0300 | 0.0363 | 0.2009 |
| 140 - 143         | 0.5900 | 0.0978 | 0.0776 | 0.2747 |        | 0.9980 | 0.1829 | 0.0354 | 0.0400 | 0.1566 |
| 143 - 146         |        | 0.1504 | 0.1177 | 0.4787 |        |        | 0.2312 | 0.0472 | 0.0534 | 0.2781 |
| 146 - 149         | 0.8850 | 0.2257 | 0.3189 | 0.7403 |        | 1.2224 | 0.4180 | 0.0661 | 0.0684 | 0.3510 |
| 149 - 152         |        | 0.3817 | 0.3116 |        |        |        | 0.9373 | 0.0953 | 0.0984 | 0.3360 |
| 152 - 155         |        |        |        |        |        |        |        | 0.1154 | 0.1075 | 0.2057 |
| 155 - 158         |        |        |        |        |        |        |        | 0.2048 | 0.2164 |        |
| 158 - 161         |        |        |        |        |        | 0.9980 |        | 0.3193 | 0.2749 |        |
| 161 - 164         |        |        |        |        |        |        |        | 0.6452 | 0.2884 |        |
| 164 - 167         |        |        |        |        |        |        |        | 0.5633 | 0.6434 |        |
| 167 - 170         |        |        |        |        |        |        |        | 1.2130 |        | 0.5055 |
| 170 - 173         |        |        |        |        |        |        |        | 0.4910 |        |        |
| 173 - 176         |        |        |        |        |        |        |        | 0.5988 |        |        |

## 1.2.2 Composición en peso

Las tablas 20 y 21 entregan por unidad de pesquería y clase de longitud, el peso estimado de los ejemplares en Kg y el coeficiente de variación de la estimación, respectivamente.

Los coeficientes de variación también indican un buen nivel de estimación por clase de longitud al igual que el obtenido para el número, aunque algo mayor dado la estructura del estimador que resulta de un producto de dos estimadores independientes, número y peso medio a la clase de longitud.

TABLA 20. Composición en peso de las capturas (kg) por unidad de pesquería según clase de longitud, monitoreo invierno - 1993

| CLASE DE LONGITUD | REGION |        |        |        |      |       |        |         |         |       | TOTAL   |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|------|-------|--------|---------|---------|-------|---------|
|                   | II     | III    | IV     | V      | VI   | VII   | VIII   | X       | XI      | XII   |         |
| 80 - 83           | 1      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0     | 0      | 0       | 0       | 5     | 6       |
| 83 - 86           | 2      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0     | 0      | 0       | 0       | 0     | 2       |
| 86 - 89           | 1      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0     | 0      | 0       | 0       | 0     | 1       |
| 89 - 92           | 153    | 6      | 127    | 0      | 0    | 0     | 314    | 81      | 21      | 15    | 719     |
| 92 - 95           | 823    | 122    | 439    | 92     | 17   | 0     | 1271   | 106     | 32      | 50    | 2952    |
| 95 - 98           | 3195   | 1335   | 2063   | 932    | 102  | 14    | 5816   | 906     | 239     | 394   | 14995   |
| 98 - 101          | 6654   | 6622   | 18100  | 9255   | 423  | 682   | 24731  | 14316   | 3646    | 3591  | 88019   |
| 101 - 104         | 8239   | 20770  | 43163  | 27041  | 810  | 1387  | 48521  | 51803   | 15380   | 3593  | 220708  |
| 104 - 107         | 6745   | 28333  | 70574  | 38076  | 948  | 1678  | 76797  | 116710  | 37599   | 6101  | 383561  |
| 107 - 110         | 4895   | 27719  | 76576  | 33390  | 965  | 1950  | 82222  | 175338  | 53096   | 5382  | 461533  |
| 110 - 113         | 4824   | 31459  | 89898  | 34780  | 840  | 1925  | 97696  | 290860  | 71154   | 8336  | 631772  |
| 113 - 116         | 3097   | 27473  | 77165  | 23951  | 446  | 1515  | 72460  | 329680  | 97755   | 6908  | 640451  |
| 116 - 119         | 3489   | 25090  | 64628  | 19281  | 382  | 1353  | 62418  | 327158  | 101568  | 5718  | 611084  |
| 119 - 122         | 2256   | 23749  | 57187  | 13702  | 257  | 1067  | 39421  | 360840  | 102402  | 5035  | 605917  |
| 122 - 125         | 1631   | 19879  | 39256  | 9163   | 129  | 590   | 28688  | 330963  | 113159  | 3662  | 547119  |
| 125 - 128         | 971    | 16445  | 29258  | 5786   | 57   | 370   | 16784  | 306725  | 111797  | 3278  | 491471  |
| 128 - 131         | 933    | 12600  | 18754  | 2761   | 45   | 411   | 10325  | 251492  | 93562   | 2542  | 393424  |
| 131 - 134         | 628    | 7675   | 10339  | 1452   | 27   | 40    | 4587   | 170056  | 83672   | 1098  | 279574  |
| 134 - 137         | 119    | 6175   | 7047   | 646    | 0    | 30    | 2700   | 135566  | 69754   | 716   | 222753  |
| 137 - 140         | 51     | 2959   | 3486   | 269    | 0    | 33    | 932    | 72507   | 43788   | 508   | 124534  |
| 140 - 143         | 44     | 2102   | 1832   | 138    | 0    | 0     | 871    | 54638   | 38584   | 781   | 98990   |
| 143 - 146         | 0      | 1095   | 879    | 0      | 0    | 0     | 514    | 32344   | 23417   | 271   | 58521   |
| 146 - 149         | 0      | 0      | 113    | 0      | 0    | 0     | 154    | 18571   | 14333   | 169   | 33340   |
| 149 - 152         | 0      | 0      | 92     | 0      | 0    | 0     | 17     | 9259    | 7717    | 215   | 17300   |
| 152 - 155         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0     | 0      | 7002    | 6437    | 507   | 13946   |
| 155 - 158         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0     | 0      | 2402    | 1669    | 0     | 4071    |
| 158 - 161         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0     | 0      | 767     | 1035    | 0     | 1802    |
| 161 - 164         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0     | 0      | 230     | 647     | 0     | 877     |
| 164 - 167         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0     | 0      | 327     | 189     | 0     | 516     |
| 167 - 170         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0     | 0      | 98      | 0       | 104   | 202     |
| 170 - 173         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0     | 0      | 562     | 0       | 0     | 562     |
| 173 - 176         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0     | 0      | 356     | 0       | 0     | 356     |
| TOTAL             | 48752  | 261606 | 610977 | 220713 | 5450 | 13045 | 577238 | 3061661 | 1092653 | 58982 | 5951077 |

TABLA 21. Coeficiente de variación de la captura en peso (kg) por unidad de pesquería según clase de longitud, monitoreo invierno - 1993

| CLASE DE LONGITUD | REGION |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                   | II     | III    | IV     | V      | VI     | VII    | VIII   | X      | XI     | XII    |
| 80 - 83           | 2.2963 |        |        |        |        |        |        |        |        | 1.2670 |
| 83 - 86           | 1.0961 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 86 - 89           | 2.2997 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 89 - 92           | 0.1628 | 1.1546 | 0.1845 |        | 0.8235 |        | 0.1950 | 0.4448 | 1.1055 | 0.7457 |
| 92 - 95           | 0.0727 | 0.2464 | 0.1197 | 0.2035 | 0.3420 |        | 0.1019 | 0.5113 | 0.8095 | 0.3878 |
| 95 - 98           | 0.0380 | 0.0777 | 0.0524 | 0.0683 | 0.1380 | 0.3475 | 0.0449 | 0.1662 | 0.3205 | 0.1429 |
| 98 - 101          | 0.0256 | 0.0329 | 0.0181 | 0.0213 | 0.0648 | 0.0504 | 0.0219 | 0.0437 | 0.0831 | 0.0483 |
| 101 - 104         | 0.0236 | 0.0190 | 0.0114 | 0.0121 | 0.0465 | 0.0356 | 0.0158 | 0.0235 | 0.0405 | 0.0486 |
| 104 - 107         | 0.0283 | 0.0172 | 0.0093 | 0.0104 | 0.0447 | 0.0335 | 0.0128 | 0.0161 | 0.0270 | 0.0381 |
| 107 - 110         | 0.0348 | 0.0187 | 0.0089 | 0.0116 | 0.0459 | 0.0324 | 0.0126 | 0.0134 | 0.0232 | 0.0435 |
| 110 - 113         | 0.0377 | 0.0193 | 0.0087 | 0.0121 | 0.0522 | 0.0339 | 0.0122 | 0.0107 | 0.0209 | 0.0356 |
| 113 - 116         | 0.0486 | 0.0207 | 0.0094 | 0.0153 | 0.0750 | 0.0402 | 0.0149 | 0.0103 | 0.0188 | 0.0409 |
| 116 - 119         | 0.0494 | 0.0228 | 0.0108 | 0.0178 | 0.0873 | 0.0443 | 0.0170 | 0.0108 | 0.0193 | 0.0476 |
| 119 - 122         | 0.0640 | 0.0247 | 0.0116 | 0.0223 | 0.1086 | 0.0547 | 0.0225 | 0.0107 | 0.0203 | 0.0519 |
| 122 - 125         | 0.0780 | 0.0271 | 0.0145 | 0.0288 | 0.1594 | 0.0767 | 0.0277 | 0.0119 | 0.0198 | 0.0646 |
| 125 - 128         | 0.1039 | 0.0320 | 0.0177 | 0.0377 | 0.2582 | 0.1006 | 0.0377 | 0.0130 | 0.0209 | 0.0696 |
| 128 - 131         | 0.1109 | 0.0360 | 0.0224 | 0.0565 | 0.2965 | 0.1057 | 0.0513 | 0.0149 | 0.0239 | 0.0828 |
| 131 - 134         | 0.1408 | 0.0506 | 0.0318 | 0.0770 | 0.3960 | 0.3013 | 0.0774 | 0.0190 | 0.0258 | 0.1291 |
| 134 - 137         | 0.3273 | 0.0585 | 0.0398 | 0.1314 | 0.5206 | 0.3950 | 0.1051 | 0.0224 | 0.0301 | 0.1619 |
| 137 - 140         | 0.4880 | 0.0871 | 0.0576 | 0.1913 |        | 0.3167 | 0.1830 | 0.0317 | 0.0381 | 0.2025 |
| 140 - 143         | 0.5740 | 0.1149 | 0.0837 | 0.2824 |        | 1.1170 | 0.1939 | 0.0370 | 0.0447 | 0.1621 |
| 143 - 146         |        | 0.1772 | 0.1300 | 0.4809 |        | 0.0000 | 0.2474 | 0.0507 | 0.0587 | 0.2838 |
| 146 - 149         | 0.9185 | 0.2254 | 0.3317 | 0.7340 |        | 1.3681 | 0.4361 | 0.0716 | 0.0814 | 0.3571 |
| 149 - 152         |        | 0.3822 | 0.4052 |        |        |        | 0.9263 | 0.1010 | 0.1054 | 0.3394 |
| 152 - 155         |        |        |        |        |        |        |        | 0.1213 | 0.1352 | 0.2357 |
| 155 - 158         |        |        |        |        |        |        |        | 0.2202 | 0.2358 |        |
| 158 - 161         |        |        |        |        |        | 1.1170 |        | 0.3512 | 0.2749 |        |
| 161 - 164         |        |        |        |        |        |        |        | 0.6445 | 0.2883 |        |
| 164 - 167         |        |        |        |        |        |        |        | 0.5917 | 0.6442 |        |
| 167 - 170         |        |        |        |        |        |        |        | 1.2228 |        | 0.5057 |
| 170 - 173         |        |        |        |        |        |        |        | 0.4907 |        |        |
| 173 - 176         |        |        |        |        |        |        |        | 0.5994 |        |        |

### 1.3 Rendimiento

El rendimiento de pesca en términos globales puede constituir una aproximación a la abundancia de los recursos, pero en el caso particular de la pesquería del loco este índice presenta sesgos importantes que dicen relación, por una parte, con la actividad de apozamiento que realizan los pescadores previo a la temporada de pesca, lo cual contribuye a magnificar el valor del índice y por otra parte, con la actividad de transporte, lo que dificulta la estimación del esfuerzo de pesca insumido en la obtención de la captura.

No obstante estas limitaciones, como información referencial en las tablas 22 y 23 se entregan los rendimientos por región y caleta. En general se aprecia que el rendimiento promedio a nivel nacional fue de 152 ejemplares/hora-buceo, cifra inferior en un 23,6% respecto al promedio de la temporada de verano. A nivel regional se observa que los mayores rendimientos en la zona norte correspondieron a las regiones III y IV y en la zona sur a las regiones X a XII.

Al comparar las dos temporadas de pesca, se puede concluir que los rendimientos en la II a IV Región fueron más altos en invierno al igual que en la VII Región; en tanto, en el resto de las regiones el índice disminuyó en ésta última temporada respecto al verano (Fig 11).

TABLA 22. Desembarque (unidades), esfuerzo (horas-buceo) y rendimiento de pesca (unid/hr-buceo) de *C. concholepas* por región. Monitoreo invierno-1993

| REGION | DESEMBARQUE* | ESFUERZO | RENDIMIENTO |
|--------|--------------|----------|-------------|
| I      |              |          |             |
| II     | 21759        | 192,00   | 113,33      |
| III    | 382176       | 1852,83  | 206,27      |
| IV     | 1396434      | 6686,67  | 208,84      |
| V      | 570123       | 8335,08  | 68,40       |
| VI     | 12959        | 238,00   | 54,45       |
| VII    | 18697        | 309,00   | 60,51       |
| VIII   | 655426       | 6106,00  | 107,34      |
| X      | 6881432      | 42822,13 | 160,70      |
| XI     | 1298280      | 7860,00  | 165,18      |
| XII    | 100506       | 384,00   | 261,73      |
| TOTAL  | 11337792     | 74785,72 | 151,60      |

\*Corresponde al desembarque para el cual se obtuvo información de esfuerzo

TABLA 23. Desembarque (unidades), esfuerzo (horas-buceo) y rendimiento de pesca (unid/h-buceo) de *C. concholepas* por región y caleta. Monitoreo invierno-1993

| REGION<br>CALETA | DESEMBARQUE * | ESFUERZO | RENDIMIENTO |
|------------------|---------------|----------|-------------|
| II               |               |          |             |
| PAPOSO           | 6717          | 35,00    | 191,91      |
| TALTAL           | 11550         | 54,00    | 213,89      |
| COLOSO           | 1190          | 36,00    | 33,06       |
| TOCOPILLA        | 2302          | 67,00    | 34,36       |
| III              |               |          |             |
| PAN DE AZUCAR    | 64901         | 405,75   | 159,95      |
| PTO VIEJO        | 71873         | 497,00   | 144,61      |
| CARRIZAL BAJO    | 56000         | 182,83   | 306,30      |
| HUASCO           | 138813        | 546,00   | 254,24      |
| CH. ACEITUNO     | 50589         | 221,25   | 228,65      |
| IV               |               |          |             |
| PTA. CHOROS      | 143600        | 412,00   | 348,54      |
| HORNOS           | 162455        | 519,50   | 312,71      |
| PTO. ALDEA       | 26322         | 280,00   | 94,01       |
| SAN LORENZO      | 103200        | 490,00   | 210,61      |
| RIO LIMARI       | 48875         | 293,17   | 166,71      |
| PTO OSCURO       | 18600         | 115,83   | 160,58      |
| PTO MANSO        | 37600         | 156,50   | 240,26      |
| HUENTELAUQUEN    | 40200         | 283,42   | 141,84      |
| TOTALILLO        | 62000         | 253,50   | 244,58      |
| PICHIDANGUI      | 83832         | 330,00   | 254,04      |
| CHUNGUNGO        | 140740        | 760,67   | 185,02      |
| TALQUILLA        | 75425         | 277,50   | 271,80      |
| LA CEBADA        | 58800         | 493,75   | 119,09      |
| SIERRA           | 46600         | 177,33   | 262,79      |
| MAITENCILLO      | 41100         | 153,83   | 267,18      |
| CHIGUALOCO       | 56950         | 225,08   | 253,02      |
| SAN PEDRO        | 189845        | 1038,67  | 182,78      |
| LAS CONCHAS      | 60290         | 425,92   | 141,55      |

Cont'

| REGION<br>CALETA | DESEMBARQUE * | ESFUERZO | RENDIMIENTO |
|------------------|---------------|----------|-------------|
| V                |               |          |             |
| LOS MOLLES       | 45900         | 194,00   | 236,60      |
| HORCON           | 59645         | 1022,00  | 58,36       |
| ALGARROBO        | 42305         | 648,50   | 65,24       |
| EL QUISCO        | 62009         | 411,50   | 150,69      |
| QUINTAY          | 91858         | 1376,00  | 66,76       |
| VENTANA          | 38684         | 1425,42  | 27,14       |
| QUINTERO         | 23341         | 510,50   | 45,72       |
| HIGUERILLA       | 2800          | 33,00    | 84,85       |
| SAN ANTONIO      | 49179         | 683,00   | 72,00       |
| ZAPALLAR         | 608           | 17,00    | 35,76       |
| LAS CRUCES       | 5844          | 207,00   | 28,23       |
| PAPUDO           | 7050          | 48,00    | 146,88      |
| MAITENCILLO      | 17850         | 271,67   | 65,70       |
| PICHICUY         | 123050        | 1487,50  | 82,72       |
| VI               |               |          |             |
| MATANZA          | 2540          | 57,00    | 44,56       |
| PICHILEMU        | 2776          | 97,00    | 28,62       |
| LA BOCA          | 7643          | 84,00    | 90,99       |
| VII              |               |          |             |
| LOANCO           | 4350          | 69,00    | 63,04       |
| PELLUHUE         | 14347         | 240,00   | 59,78       |
| VIII             |               |          |             |
| LOTA             | 188896        | 1636,00  | 115,46      |
| TUBUL            | 60839         | 778,00   | 78,20       |
| CORONEL          | 50100         | 585,00   | 85,64       |
| DICHATO          | 3954          | 67,00    | 59,01       |
| TALCAHUANO       | 42287         | 462,00   | 91,53       |
| SAN VICENTE      | 57500         | 781,00   | 73,62       |
| LEBU             | 169350        | 1001,00  | 169,18      |
| LLICO            | 82500         | 796,00   | 103,64      |

Cont'

| REGION<br>CALETA | DESEMBARQUE * | ESFUERZO | RENDIMIENTO |
|------------------|---------------|----------|-------------|
| X                |               |          |             |
| CORRAL           | 166360        | 484,00   | 343,72      |
| NIEBLA           | 669951        | 6261,00  | 107,00      |
| ESTAQUILLA       | 111395        | 391,83   | 284,29      |
| BAHIA MANSA      | 663825        | 2393,50  | 277,34      |
| CALBUCO          | 107610        | 1153,83  | 93,26       |
| MAULLIN          | 628676        | 4601,00  | 136,64      |
| AMORTAJADO       | 20930         | 60,50    | 345,95      |
| CARELMAPU        | 1376305       | 4668,03  | 294,84      |
| CHINQUIHUE       | 3400          | 36,00    | 94,44       |
| ANCUD            | 735612        | 3515,67  | 209,24      |
| PINIHUIL         | 430248        | 2014,00  | 213,63      |
| PUDETO           | 403250        | 2222,17  | 181,47      |
| QUELLON          | 1563870       | 15020,60 | 104,12      |
| XI               |               |          |             |
| PTO. CHACABUCO   | 559640        | 1827,00  | 306,32      |
| MELINKA          | 657040        | 5480,00  | 119,90      |
| PTO. AGUIRRE     | 81600         | 553,00   | 147,56      |
| XII              |               |          |             |
| PTA. ARENAS      | 2540          | 11,00    | 230,91      |
| PTO. EDEN        | 20760         | 116,00   | 178,97      |
| PTO. NATALES     | 77206         | 257,00   | 300,41      |
| TOTAL            | 11337792      | 74785,72 | 151,60      |

\*Corresponde al desembarque para el cual se obtuvo información de esfuerzo

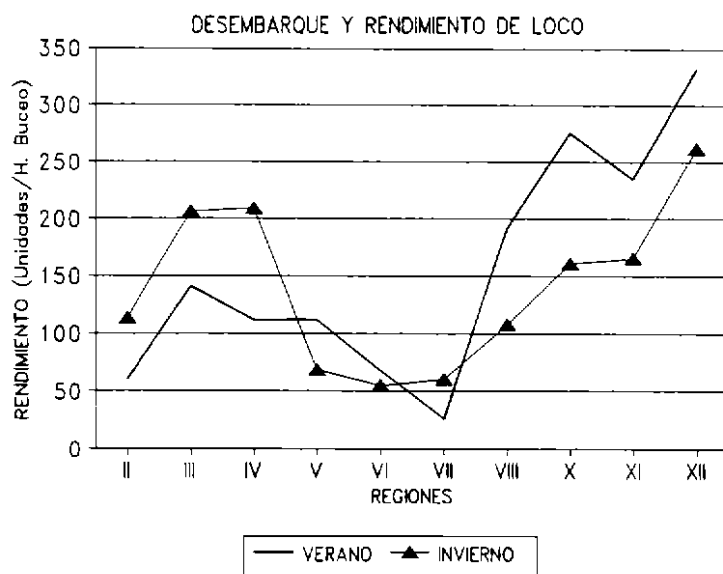


Fig 11. Rendimiento de pesca de *C. concholepas* del monitoreo de verano e invierno 1993, por región

#### 4 Esfuerzo de Muestreo

Un análisis de las estimaciones de  $p_i$  por unidad de pesquería del monitoreo de verano de 1993, permitió establecer un rango de valores críticos que fluctuaron entre  $0,05 \leq p_i \leq 0,21$ , a los cuales se determinó los tamaño mínimos de muestra para alcanzar niveles de coeficiente de variación entre el rango de  $0,01 \leq CV \leq 0,05$ .

La Tabla 24 contiene los tamaños de muestra estimados para diferentes combinaciones de coeficientes de variación de la proporción  $p_i$  de ejemplares por clase de longitud.



TABLA 24. Tamaños de muestra para  $0,05 \leq p_i \leq 0,21$  según coeficientes de variación  $0,01 \leq cv(p_i) \leq 0,05$  monitoreo-invierno-1993

| CV ( $p_i$ ) | $p_i$  |        |        |       |       |       |       |       |       |
|--------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              | 0,05   | 0,07   | 0,09   | 0,11  | 0,13  | 0,15  | 0,17  | 0,19  | 0,21  |
| 0,05         | 7600   | 5314   | 4044   | 3236  | 2677  | 2267  | 1953  | 1705  | 1505  |
| 0,04         | 11875  | 8303   | 6319   | 5057  | 4183  | 3542  | 3051  | 2664  | 2352  |
| 0,03         | 21111  | 14762  | 11235  | 8990  | 7436  | 6296  | 5425  | 4737  | 4180  |
| 0,02         | 47500  | 33214  | 25278  | 20227 | 16731 | 14167 | 12206 | 10658 | 9405  |
| 0,01         | 190000 | 132857 | 101111 | 80909 | 69623 | 56666 | 48824 | 42632 | 37619 |

Se observa de la tabla que los niveles de esfuerzo de muestreo que se requieren para alcanzar una adecuada precisión en el total de rangos de tallas, es una tarea utópica, sin embargo vale la pena indicarla para imaginar su dimensión. En estas circunstancias se optó por considerar un tamaño mínimo por punto de muestreo que alcanzara un nivel óptimo en los grupos de tallas más frecuentes sobre un  $p_i$  de 13% y un CV de 0,04 la cual arrojó un tamaño mínimo de 4.000 unidades por punto de desembarque.

Basado en lo anterior y con el objeto de incrementar la precisión respecto al monitoreo de verano de 1993, se aumentó significativamente el tamaño de las muestras por punto de muestreo dentro de márgenes acotados por los aspectos prácticos recogidos del monitoreo de verano, como son rendimiento de lecturas de medidas hora por muestreador; número de horas y días de operación. La tabla 25 entrega los tamaños de muestra final por unidad de pesquería de los monitoreos efectuados en verano e invierno de 1993.

TABLA 25. Tamaños finales de muestra de longitud por unidad de pesquería. Monitoreo verano-invierno-1993

| UNIDAD DE PESQUERIA | TAMAÑO DE MUESTRA |             |
|---------------------|-------------------|-------------|
|                     | VERANO 93         | INVIERNO 93 |
| I                   | 2825              | -           |
| II                  | 5426              | 7835        |
| III                 | 8547              | 22782       |
| IV                  | 34951             | 98023       |
| V                   | 16288             | 44023       |
| VI                  | 1390              | 2600        |
| VII                 | 4572              | 5597        |
| VIII                | 17094             | 37711       |
| IX                  | 292               | S/D         |
| X                   | 33689             | 79400       |
| XI                  | 27576             | 20500       |
| XII                 | 1643              | 4736        |

- Veda

S/D Sin Desembarque

La afijación de la muestra dependió de la importancia relativa del punto de muestreo en cuanto a magnitud de desembarques y número de muestreadores disponibles. Las tablas 26 a 30, contienen el número final de muestras por punto de muestreo.

De las embarcaciones seleccionadas por día se midieron 200 ejemplares por cada una de ellas, excepto cuando la embarcación efectuaba transporte, en cuyo caso el muestreo de longitud se incrementaba proporcionalmente al número de ejemplares.

Las procedencias más importantes, quedan siempre adecuadamente representadas en este tipo de muestreo, dado que la aleatoriedad de la selección recoge la variabilidad en cuanto al número de procedencias presente.

El análisis de los datos del monitoreo Verano 93 para los muestreos biológicos indica que una muestra de 1000 ejemplares seleccionados aleatoriamente en los puntos de muestreo proporciona una adecuada estimación de los pesos medios de los ejemplares desembarcados. La tabla 26, presenta los tamaños de muestra final por unidad de pesquería, para los monitoreos verano-invierno de 1993.

TABLA 26. Tamaños finales de muestra longitud - peso por unidad de pesquería. Monitoreo verano-invierno-1993

| UNIDAD DE PESQUERIA | TAMAÑO DE MUESTRA |             |
|---------------------|-------------------|-------------|
|                     | VERANO 93         | INVIERNO 93 |
| I                   | 4149              | -           |
| II                  | 4888              | 4339        |
| III                 | 2000              | 5019        |
| IV                  | 3021              | 21405       |
| V                   | 8345              | 10429       |
| VI                  | 1100              | 1800        |
| VII                 | 1425              | 2234        |
| VIII                | 4998              | 10986       |
| IX                  | 801               | S/D         |
| X                   | 26114             | 22100       |
| XI                  | 11043             | 9000        |
| XII                 | 2967              | 6302        |

- Veda

S/D Sin Desembarque

En la tabla 27 se indica el esfuerzo de muestreo regional y nacional, expresado en número de embarcaciones encuestadas y muestreadas y en número de ejemplares medidos en el muestreo de longitud y biológico (longitud - peso).

En términos generales se muestreó el 31% de los viajes encuestados, que tienen un carácter censal, y se midió un total de 418.877 ejemplares que representan el 3,31% del desembarque de los 77 puntos de muestreo. La muestra total se incrementó en un 86% respecto al monitoreo de la temporada extractiva de verano 1993.

En las tablas 28 a 37 se entrega información detallada sobre el número de ejemplares muestreados por región y punto de muestreo.

TABLA 27. Esfuerzo de muestreo en numero de viajes y ejemplares medidos de *C. concholepas* según región. Monitoreo invierno 1993

| REGION | NUMERO DE VIAJES |             | NUMERO DE MUESTREO |           |
|--------|------------------|-------------|--------------------|-----------|
|        | ENCUESTADOS      | MUESTREADOS | LONGITUD           | BIOLOGICO |
| I      | -                | -           | -                  | -         |
| II     | 59               | 57          | 7.960              | 4.336     |
| III    | 374              | 161         | 25.578             | 4.224     |
| IV     | 1.529            | 603         | 98.158             | 21.406    |
| V      | 961              | 258         | 43.832             | 10.421    |
| VI     | 28               | 17          | 2.391              | 1.821     |
| VII    | 66               | 46          | 5.584              | 2.233     |
| VIII   | 214              | 124         | 38.246             | 11.005    |
| IX     | S/D              | S/D         | S/D                | S/D       |
| X      | 3.556            | 751         | 78.476             | 22.288    |
| XI     | 247              | 120         | 20.331             | 9.043     |
| XII    | 29               | 27          | 4.736              | 6.302     |
| TOTAL  | 7.064            | 2.164       | 325.792            | 93.079    |

- Sin veda

S/D Sin desembarque

TABLA 28. Ejemplares muestreados de *C. concholepas* por caleta y tipo de muestreo en la II región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS   | LONGITUD | BIOLOGICO |
|-----------|----------|-----------|
| PAPOSO    | 3116     | 1300      |
| TALTAL    | 2718     | 1599      |
| COLOSO    | 988      | 210       |
| TOCOPILLA | 1138     | 1227      |
| TOTAL     | 7960     | 4336      |

TABLA 29. Ejemplares muestreados de *C. concholepas* por caleta y tipo de muestreo en la III región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS           | LONGITUD | BIOLOGICO |
|-------------------|----------|-----------|
| PAN DE AZUCAR     | 4644     | 1208      |
| PTO VIEJO         | 5566     | 998       |
| CARRIZAL BAJO     | 6423     | 996       |
| HUASCO            | 6575     | 1022      |
| CHAÑARAL ACEITUNO | 2370     |           |
| TOTAL             | 25578    | 4224      |

TABLA 30. Ejemplares muestreados de *C. concholepas* por caleta y tipo de muestreo en la IV región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS       | LONGITUD | BIOLOGICO |
|---------------|----------|-----------|
| PTA. CHOROS   | 5917     | 1090      |
| HORNOS        | 6417     | 1315      |
| PTO. ALDEA    | 6167     | 1144      |
| SAN LORENZO   | 5466     | 1009      |
| RIO LIMARI    | 6151     | 1863      |
| PTO. OSCURO   | 4002     | 1007      |
| PTO. MANSO    | 4349     | 1000      |
| HUENTELAUQUEN | 6044     | 999       |
| TOTALILLO     | 4910     | 999       |
| PICHIDANGUI   | 6026     | 1000      |
| CHUNGUNGO     | 6139     | 1005      |
| TALQUILLA     | 3876     | 1703      |
| LA CEBADA     | 4063     | 1788      |
| SIERRA        | 6001     | 1503      |
| MAITENCILLO   | 4486     | 1000      |
| CHIGUALOCO    | 5960     | 982       |
| SAN PEDRO     | 6181     | 999       |
| LAS CONCHAS   | 6003     | 1000      |
| TOTAL         | 98158    | 21406     |

TABLA 31. Ejemplares muestreados de *C. concholepas* por caleta y tipo de muestreo en la V región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS     | LONGITUD | BIOLOGICO |
|-------------|----------|-----------|
| LOS MOLLES  | 4909     | 1002      |
| HORCON      | 5890     | 1054      |
| ALGARROBO   | 3896     | 924       |
| EL QUISCO   | 4790     | 999       |
| QUINTAY     | 4175     | 1396      |
| VENTANAS    | 4564     | 993       |
| QUINTERO    | 5513     | 1059      |
| SAN ANTONIO | 4648     | 1803      |
| PICHICUY    | 5447     | 1191      |
| TOTAL       | 43832    | 10421     |

TABLA 32. Ejemplares muestreados de *C. concholepas* por caleta y tipo de muestreo en la VI región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS   | LONGITUD | BIOLOGICO |
|-----------|----------|-----------|
| MATANZA   | 1192     | 1000      |
| PICHILEMU | 798      | 621       |
| LA BOCA   | 401      | 200       |
| TOTAL     | 2391     | 1821      |

TABLA 33. Ejemplares muestreados de *C. concholepas* por caleta y tipo de muestreo en la VII región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS  | LONGITUD | BIOLOGICO |
|----------|----------|-----------|
| LOANCO   | 1714     | 882       |
| PELLUHUE | 3870     | 1351      |
| TOTAL    | 5584     | 2233      |

TABLA 34. Ejemplares muestreados de *C. concholepas* por caleta y tipo de muestreo en la VIII región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS     | LONGITUD | BIOLOGICO |
|-------------|----------|-----------|
| LOTA        | 6926     | 1162      |
| TUBUL       | 4947     | 1999      |
| CORONEL     | 3484     | 1206      |
| DICHATO     | 916      | 910       |
| TALCAHUANO  | 5013     | 2519      |
| SAN VICENTE | 3055     | 1127      |
| LEBU        | 7501     | 1000      |
| LLICO       | 6404     | 1082      |
| TOTAL       | 38246    | 11005     |

TABLA 35. Ejemplares muestreados de *C. concholepas* por caleta y tipo de muestreo en la X región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS     | LONGITUD | BIOLOGICO |
|-------------|----------|-----------|
| CORRAL      | 3895     | 1601      |
| NIEBLA      | 6655     | 2008      |
| ESTAQUILLA  | 4860     | 2801      |
| BAHIA MANSA | 10946    | 1202      |
| CALBUCO     | 6439     | 3224      |
| MAULLIN     | 6036     | 998       |
| CARELMAPU   | 9763     | 2000      |
| CHINQUIHUE  | 1599     | 502       |
| ANCUD       | 8655     | 2933      |
| PINIHUIL    | 3597     | 1001      |
| PUDETO      | 5580     | 1400      |
| QUELLON     | 10451    | 2618      |
| TOTAL       | 78476    | 22288     |

TABLA 36. Ejemplares muestreados de *C. concholepas* por caleta y tipo de muestreo en la XI región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS        | LONGITUD | BIOLOGICO |
|----------------|----------|-----------|
| PTO. CHACABUCO | 10721    | 7243      |
| MELINKA        | 7807     | 1199      |
| PTO. AGUIRRE   | 2303     | 601       |
| TOTAL          | 20831    | 9043      |

TABLA 37. Ejemplares muestreados de *C. concholepas* por caleta y tipo de muestreo en la XII región. Monitoreo invierno-1993

| CALETAS      | LONGITUD | BIOLOGICO |
|--------------|----------|-----------|
| PTA. ARENAS  | 151      | 151       |
| BAHIA MANSA  | 403      |           |
| PTO. EDEN    | 1968     | 1945      |
| PTO. NATALES | 2214     | 4206      |
| TOTAL        | 4736     | 6302      |



### 1.5 Indicadores Estadísticos Descriptivos

En las tablas 38, 39 y figura 12 se entregan algunos indicadores estadísticos descriptivos del muestreo de longitud y biológico del desembarque, tales como: longitud y peso mínimo, máximo, medio y desviación estándar, entre otros.

En términos globales se aprecia que los ejemplares más pequeños fueron extraídos en la II Región, reflejándose en un talla y peso promedio inferior al resto de las regiones. De igual manera se observó que alrededor del 20% de los ejemplares desembarcados en esta región estaban bajo la talla mínima legal de 10 cm. Por su parte, en la X y XI Región se extrajeron los ejemplares de mayor tamaño y se comprobó que en estas regiones el porcentaje bajo la talla mínima no superó el 0,2%. Esta misma tendencia se observó en la temporada anterior. Comparativamente con el verano las tallas y los pesos promedios se mantuvieron a nivel regional.

**TABLA 38. Indicadores estadísticos del muestreo de longitud. Del desembarque de C. concholepas monitoreo invierno 1993**

| REGION | NUMERO<br>EJEMPLARES | LONGITUD |        |       |            |
|--------|----------------------|----------|--------|-------|------------|
|        |                      | MINIMA   | MAXIMA | MEDIA | DESV. EST. |
| II     | 7960                 | 81       | 146    | 105   | 7,80       |
| III    | 25578                | 90       | 149    | 112   | 8,97       |
| IV     | 98158                | 90       | 151    | 113   | 8,25       |
| V      | 43832                | 90       | 147    | 110   | 7,07       |
| VI     | 2391                 | 91       | 134    | 108   | 6,59       |
| VII    | 5584                 | 95       | 160    | 110   | 7,57       |
| VIII   | 38246                | 77       | 149    | 110   | 7,54       |
| X      | 78476                | 90       | 174    | 119   | 9,57       |
| XI     | 20831                | 90       | 159    | 119   | 10,22      |
| XII    | 4736                 | 80       | 168    | 113   | 10,14      |
| TOTAL  | 325792               | 77       | 174    | 114   | 9,34       |

TABLA 39. Indicadores estadísticos del muestreo de peso del desembarque de *C. concholepas* monitoreo invierno-1993

| REGION | NUMERO<br>EJEMPLARES | PESO   |        |       |            |
|--------|----------------------|--------|--------|-------|------------|
|        |                      | MINIMO | MAXIMO | MEDIA | DESV. EST. |
| II     | 4336                 | 100    | 750    | 262   | 80,80      |
| III    | 4224                 | 100    | 1200   | 337   | 112,79     |
| IV     | 21406                | 100    | 950    | 331   | 94,25      |
| V      | 10421                | 100    | 800    | 332   | 77,72      |
| VI     | 1821                 | 150    | 675    | 300   | 82,38      |
| VII    | 2233                 | 150    | 800    | 324   | 84,32      |
| VIII   | 11005                | 101    | 800    | 318   | 85,42      |
| X      | 22288                | 100    | 1600   | 387   | 125,22     |
| XI     | 9043                 | 125    | 1100   | 395   | 127,53     |
| XII    | 6300                 | 75     | 950    | 357   | 119,47     |
| TOTAL  | 93079                | 75     | 1600   | 347   | 110,76     |

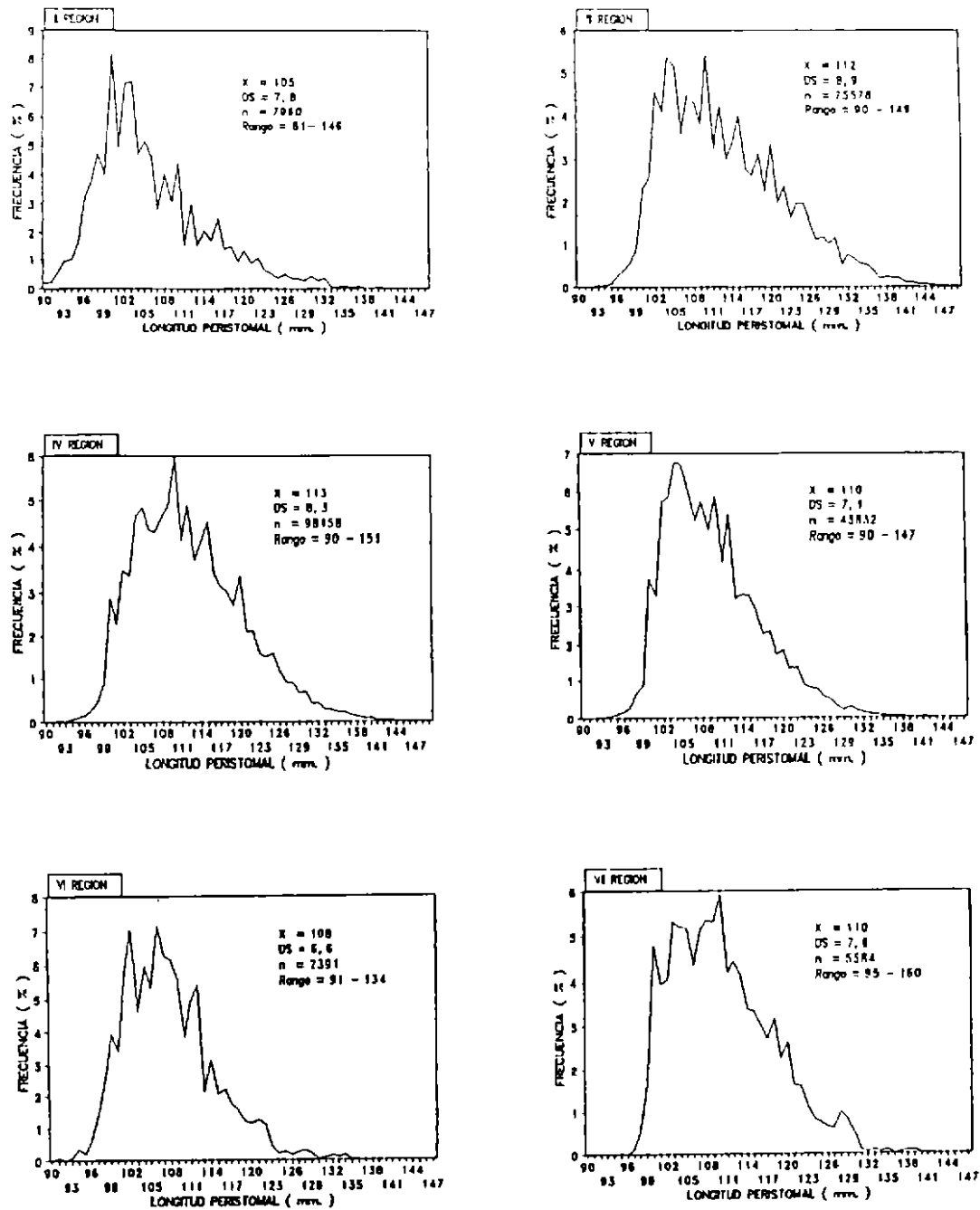


Fig 12. Distribución e indicadores descriptivos del muestreo de longitud del desembarque por región. Monitoreo invierno-93

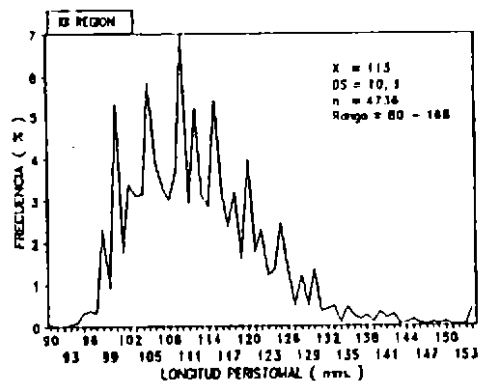
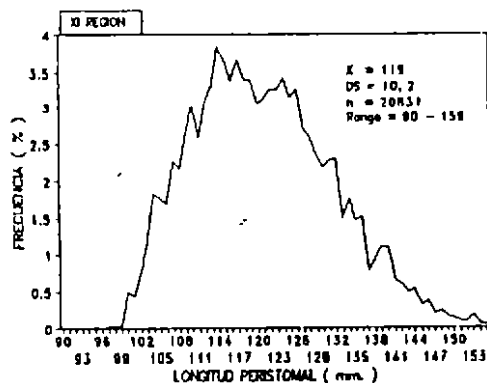
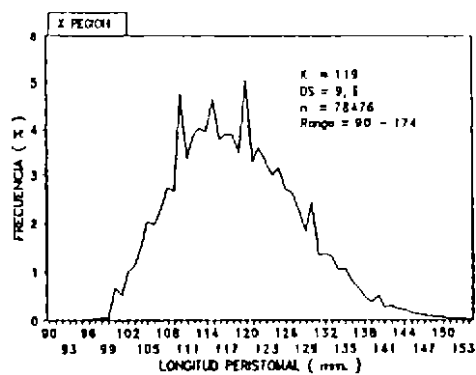
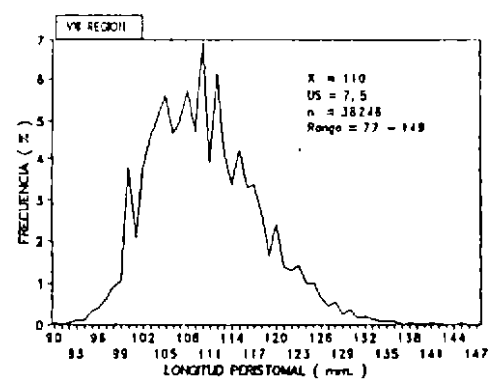


Fig 12. Distribución e indicadores descriptivos del muestreo de longitud del desembarque por región. Monitoreo invierno-93

## 1.6 Cobertura de Procedencias

El marco muestral de procedencias obtenidas en los monitoreos de verano e invierno de 1993 fue de 692. De este total, 344 procedencias (49,7%) se repitieron en ambas temporadas, 221 (31,9%) son nuevas procedencias (no repetidas) y presentes sólo en el monitoreo de invierno y 127 (18,3%) fueron procedencias del monitoreo de verano que no se presentaron en la temporada de invierno. Se tiene en consecuencia para las dos temporadas un crecimiento de la cobertura de procedencias de un 32%.

De un total de 565 procedencias registradas durante el monitoreo de invierno (tabla 40), 221 procedencias equivalentes al 39% corresponden a las no repetidas en el monitoreo de verano. En términos de capturas las procedencias no repetidas aportaron un total de 2.974.407 unidades (tabla 41), que representan el 23,2% del total capturado, mientras el 76,8% de las restantes capturas equivalentes a 9.844.322 unidades recayó en las 344 procedencias que aparecen frecuentadas en ambas temporadas. Del total capturado en las procedencias repetidas el 66,8%, 6.579.640 unidades, se concentró en las regiones X y XI.

Se debe notar que el 54,8% de las 221 procedencias no repetidas se ubicaron en las regiones X y XI, las que concentran el 71% de las capturas de estas procedencias, es decir, el principal aporte al crecimiento mencionado anteriormente se localizan desde la X Región al sur.

En las tablas 42 y 43 se presenta la distribución geográfica de las procedencias por grado de latitud y longitud.

TABLA 40. Número total de áreas procedencias por región, desagregada en repetidas y no repetidas respecto a la temporada de verano. Monitoreo invierno-1993

| REGION | NUMERO PROCEDENCIAS |              | TOTAL |
|--------|---------------------|--------------|-------|
|        | REPETIDAS           | NO REPETIDAS |       |
| II     | 10                  | 9            | 19    |
| III    | 18                  | 18           | 36    |
| IV     | 147                 | 37           | 184   |
| V      | 23                  | 10           | 33    |
| VI     | 5                   | 1            | 6     |
| VII    | 10                  | 3            | 13    |
| VIII   | 16                  | 8            | 24    |
| X      | 82                  | 50           | 132   |
| XI     | 30                  | 71           | 101   |
| XII    | 3                   | 14           | 17    |
| TOTAL  | 344                 | 221          | 565   |

TABLA 41. Capturas en número por áreas de procedencias y región, desagregada en repetidas y no repetidas respecto a la temporada de verano. Monitoreo invierno 1993

| REGION | CAPTURAS POR PROCEDENCIAS |              | TOTAL    |
|--------|---------------------------|--------------|----------|
|        | REPETIDAS                 | NO REPETIDAS |          |
| II     | 13475                     | 18885        | 32360    |
| III    | 255484                    | 132692       | 388176   |
| IV     | 1152130                   | 245504       | 1397634  |
| V      | 491402                    | 104090       | 595492   |
| VI     | 11707                     | 1252         | 12959    |
| VII    | 16100                     | 2597         | 18697    |
| VIII   | 1078539                   | 249837       | 1328376  |
| X      | 5984530                   | 355216       | 6339746  |
| XI     | 795110                    | 1750350      | 2545460  |
| XII    | 45845                     | 113984       | 159829   |
| TOTAL  | 9844322                   | 2974407      | 12818729 |

TABLA 42. Agrupamiento de procedencia por grados (latitud) II a VIII región

| LATITUD | Nº DE PROCEDENCIAS |
|---------|--------------------|
| 21 - 22 | 1                  |
| 22 - 23 | 3                  |
| 23 - 24 | 4                  |
| 24 - 25 | 6                  |
| 25 - 26 | 4                  |
| 26 - 27 | 7                  |
| 27 - 28 | 10                 |
| 28 - 29 | 13                 |
| 29 - 30 | 43                 |
| 30 - 31 | 36                 |
| 31 - 32 | 91                 |
| 32 - 33 | 39                 |
| 33 - 34 | 17                 |
| 34 - 35 | 4                  |
| 35 - 36 | 13                 |
| 36 - 37 | 5                  |
| 37 - 38 | 15                 |
| 38 - 39 | 4                  |

TABLA 43. Agrupamiento de procedencia por grados (latitud y longitud). X a XII región

| LATITUD | LONGITUD |         |         |         | TOTAL |
|---------|----------|---------|---------|---------|-------|
|         | 72 - 73  | 73 - 74 | 74 - 75 | 75 - 76 |       |
| 39 - 40 | -        | 11      | -       | -       | 11    |
| 40 - 41 | -        | 26      | -       | -       | 26    |
| 41 - 42 | 1        | 35      | 9       | -       | 45    |
| 42 - 43 | 8        | 16      | -       | -       | 24    |
| 43 - 44 | 1        | 30      | 14      | -       | 45    |
| 44 - 45 | -        | 41      | 11      | -       | 52    |
| 45 - 46 | 1        | 16      | 13      | -       | 30    |
| 46 - 47 | -        | -       | -       | -       | 0     |
| 47 - 48 | -        | -       | -       | -       | 0     |
| 48 - 49 | -        | -       | -       | 1       | 1     |
| 49 - 50 | -        | -       | -       | 3       | 3     |
| 50 - 51 | -        | -       | 3       | 2       | 5     |
| 51 - 52 | -        | -       | 1       | 1       | 2     |
| 52 - 53 | -        | -       | 4       | -       | 4     |
| 53 - 54 | -        | 2       | -       | -       | 2     |



### 1.7 Indicadores de Agrupamiento

La definición de unidad de pesquería en el recurso loco, hasta ahora, ha tenido una connotación que responde a una subdivisión política en base a regiones. Con el objeto de proporcionar elementos de análisis que permitan configurar zonificación o subdivisiones de la pesquería sobre una base biológica del recurso, se realizó un análisis preliminar exploratorio de los datos usando técnicas de análisis multivariado, en este caso análisis discriminante. El problema consistió en discriminar entre las unidades de pesquerías regionales.

Con este objeto se tomó como muestras a un total de 66 caleta (puntos de muestreo), diferenciadas por región (grupos), observándose un total de 8 características: longitud máxima ( $X_1$ ), longitud mínima ( $X_2$ ), longitud media ( $X_3$ ), desviación estándar de longitud ( $X_4$ ), peso máximo ( $X_5$ ), peso mínimo ( $X_6$ ), peso medio ( $X_7$ ), desviación estándar del peso ( $X_8$ ). Un primer análisis consistió en discriminar sobre la base de un total de 10 grupos, cada uno de éstos asociado a su respectiva región.

La fig 13 entrega una representación de las 66 caletas en las dos primeras funciones discriminantes. Simbólicamente se asocia a cada grupo un número de acuerdo al orden siguiente:

| Símbolo | Grupo          |
|---------|----------------|
| 1       | 2 (región 2)   |
| 2       | 3 (región 3)   |
| 3       | 4 (región 4)   |
| 4       | 5 (región 5)   |
| 5       | 6 (región 6)   |
| 6       | 7 (región 7)   |
| 7       | 8 (región 8)   |
| 9       | 10 (región 10) |
| 0       | 11 (región 11) |
| A       | 12 (región 12) |
| *       | centroide      |

El porcentaje de grupos correctamente clasificados fue de 60,51%, considerado bajo. Sin embargo, las regiones 2, 10, 11 y 12 presentan buenos niveles de clasificación correcta. Por otra parte, se evidencia un gradiente geográfico en el primer factor discriminante explicado por algunas particulares características del recurso, como son las 4 medidas de longitud  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  y  $X_4$ , y el peso mínimo observado  $X_6$ , el resto de las características asociadas al peso  $X_5$ ,  $X_7$  y  $X_8$ , son eliminadas por el análisis.

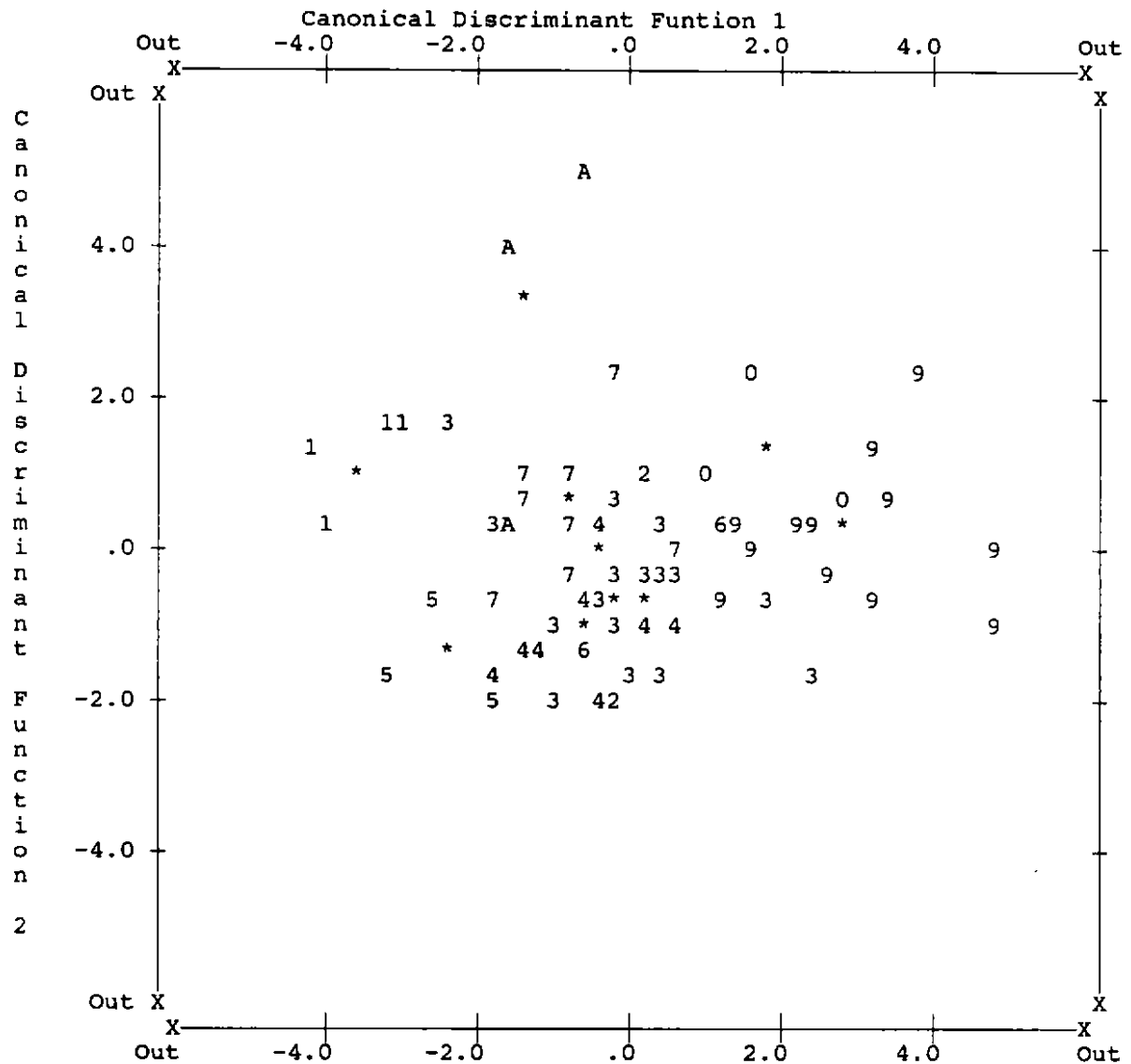


Fig. 13 Dispersiograma de las caletas en el espacio discriminante canónico

A partir de estos resultados se efectuó un segundo análisis sobre la base de 4 grupos, obtenidos por reagrupación de las unidades de pesquería (regiones). Simbólicamente se asoció a cada nuevo grupo un número en el orden siguiente:

| Símbolo | Grupo              |
|---------|--------------------|
| 1       | 2 (región 2)       |
| 2       | 3 (regiones 3 a 8) |
| 3       | 4 (región 10 y 11) |
| 4       | 5 (región 12)      |

La figura 14 entrega la representación de los grupos en las dos principales funciones discriminantes. El porcentaje de grupos correctamente clasificados llegó al 90,91%, considerado para los fines generales del análisis como aceptable.

Un primer análisis indica una gradiente latitudinal al primer eje de la función, que separa claramente la región 2 de la 10, 11 y el resto de las regiones ubicadas al centro del gráfico. La región 12 aparece, sin embargo siendo separada principalmente por la función discriminante 2.

La función discriminante 1 captura el 76,30% de variación intergrupo y contrasta las características de longitud mínima ( $X_2$ ) y desviación estándar de longitud ( $X_4$ ), del resto de características de longitud ( $X_1$ ), ( $X_2$ ) y el peso mínimo ( $X_6$ ). La función discriminante 2 captura el 27,7% de la variación intergrupo y contrasta las características longitud mínima ( $X_2$ ), longitud media ( $X_3$ ) y peso mínimo ( $X_6$ ), entre las longitudes restantes ( $X_1$ ,  $X_4$ ).

Si bien el criterio de reagrupación puede resultar como un procedimiento artificial, los resultados no dejan de ser interesantes, dando un nuevo antecedente para quienes han formulado hipótesis de la existencia de poblaciones diferenciadas por macrozonas.

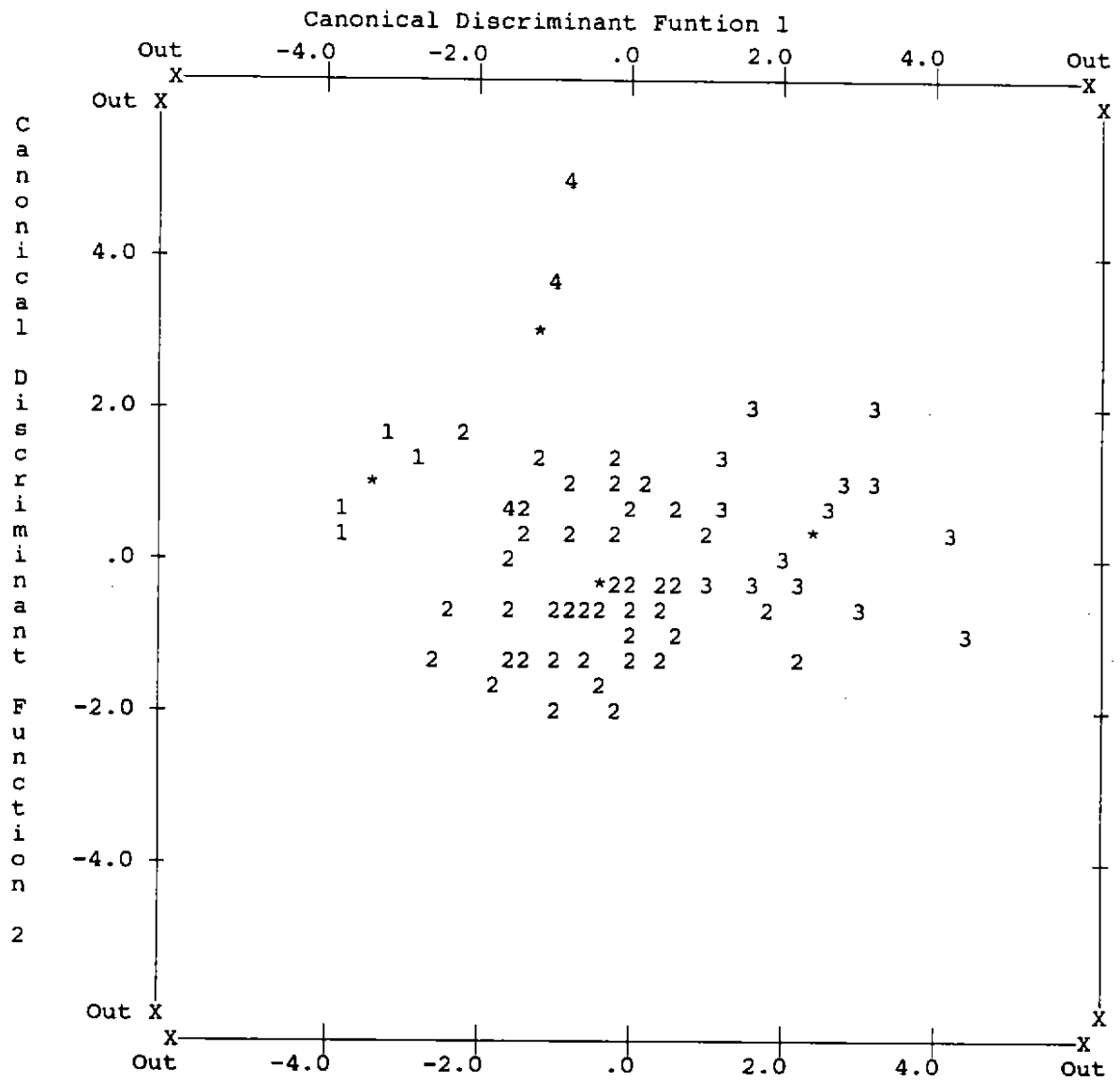


Fig. 14 Dispersiograma de las caletas en el espacio discriminante canónico

## 2. Evaluacion de Stock

### 2.1 Evaluación temporada extractiva invierno 1993

Los resultados obtenidos consisten en las estimaciones de abundancia y biomasa por intervalo de talla de los stocks explotables del recurso, en cada una de las regiones donde fue levantada la veda durante la temporada extractiva de invierno de 1993.

Estas estimaciones están basadas en las distribuciones de frecuencias de talla de la captura que fueron estimadas a partir de las muestras recopiladas durante el monitoreo de las actividades extractivas en cada una de las regiones autorizadas.

Además, se incluye un análisis comparativo de otros indicadores de esta pesquería, entre los cuales se encuentran: la localización de las áreas procedencia de las capturas de invierno, esfuerzo nominal y efectivo, cuotas totales e individuales de captura autorizadas y realizadas en las dos temporadas extractivas del año 1993.

Se realizaron las correspondientes estimaciones de la abundancia de los stock en cada una de las regiones en las que se autorizo el período extractivo, cuyos resultados se entregan en detalle en las Tablas 44 a 53 y se resumen en las Tablas 56 y 57 (Anexo 2).

A continuación se analizan los resultados obtenidos en cada una de las regiones evaluadas mediante el procedimiento indicado.

### II Región

El tamaño de la muestra obtenida en invierno aumentó en 44% respecto del muestreo de verano. Se constata que las áreas de procedencia de las capturas disminuyeron sólo en una, encontrándose que 10 de ellas se repiten y las restantes 9 son recientes. Al graficar los lugares de procedencia para esta región se observa que existen 4 sectores donde se produce el mayor

esfuerzo pesquero: Tocopilla, Antofagasta, Pta. San Pedro y Pta. Dos Reyes. En este último sector se produjeron las mayores capturas (Fig. 17, Anexo 2).

La distribución de frecuencias de talla encontrada en invierno fue más amplia que la del verano, registrándose individuos en el intervalo inmediatamente inferior y superior a los encontrados en enero, con una moda que se desplazó desde los 98 mm en verano, hasta los 105 mm en invierno.

De la aplicación del modelo de evaluación de stock a esa composición de tallas, se estimó una abundancia de 498 mil individuos explotables (20 mil más que lo estimado en verano), de los cuales sólo 157 mil sobrepasan la TML (Tabla 44, Anexo 2).

Este mayor nivel del stock se puede atribuir a la incorporación de las áreas nuevas en esta última temporada, cuya abundancia podría ser la responsable de la nueva distribución de tallas y, consecuentemente, del incremento del stock anteriormente citado.

Por otra parte, se estimó una tasa de mortalidad por pesca para las edades completamente reclutadas ( $F_{cr}$ ) que aumentó desde 0,91 a 1,04, lo cual refleja un nivel avanzado de explotación del stock.

Analizando otros indicadores de la pesquería, como el número de pescadores autorizados que retiró sus respectivos Certificados de Asignación de Cuotas Individuales de Extracción (CACIE), se observa que el esfuerzo nominal total aumentó en 22,5%; en tanto, que el realizado fue de un 47% en esa región.

La captura total autorizada fue un 45% menor que la de la temporada de verano (Tabla 58, Anexo 2). Sin embargo, SERNAP registro un incremento en la captura total realizada de un 2% respecto del verano, aunque con un desembarque bajo la talla mínima legal de 28,5%, lo cual significa un aumento de un 4,6% respecto de la temporada de verano y constituye el mayor desembarque bajo la TML a nivel nacional.

Una interpretación posible de este fenómeno, consistente con lo encontrado en la evaluación, se basa en la baja abundancia de la fracción explotable del stock que sobrepasa la TML, lo cual reduce la probabilidad de que los buzos logren encontrar suficientes ejemplares que cumplan con la norma para completar su cuota y que podrá ser la causa de la fracción de la captura bajo la TML.

De ser efectivo, esto indicará que las cuotas totales de extracción no se alcanzan a cumplir con los actuales niveles de abundancia explotable disponible en la II Región.

### III Región

El tamaño de muestra registrado en esta región se incrementó en un 167% respecto de la temporada de verano y las áreas de procedencias de las capturas también mostraron un incremento de 28%, de las cuales, prácticamente la mitad de éstas no estuvieron incluidas durante la temporada de verano. Estas 37 procedencias se encuentran entre los paralelos 27°30' y 28°30' L.S. y se concentran en el sector de Carrizal, donde a su vez se produjeron las mayores capturas (Fig. 18, Anexo 2).

La composición de tallas del desembarque que se registro no varió notablemente: el límite inferior y superior se mantuvo igual, así como la talla modal y la fracción de la captura bajo la TML, que sólo fue del 4,6% (1% más que durante la temporada de verano).

Los resultados de la estimación de stock en número se encuentran en la Tabla 45 (Anexo 2) y evidencian una pequeña baja de un 5% en el stock total (alrededor de 100 mil individuos), aunque se observa un incremento de un 2% en el número de individuos sobre la TML. Asimismo, se observa un incremento en la mortalidad por pesca ejercida sobre el stock vulnerable en esta última temporada, desde 0,52 en verano a 0,74 en invierno.

El número de pescadores que operaron realmente en invierno (reflejado en las CACIE retiradas) se incrementó en 129%, aunque las capturas autorizadas fueron sólo un 20% mayores.

Consecuentemente, el aumento del 73% del desembarque refleja el intento de la flota por aprovechar con la mayor eficacia las cuotas individuales que se les asignaron, lo cual cumplió el 98% de los asignatarios.

#### IV Región

En esta región, la estrategia muestral se orientó a una recolección de información prácticamente censal del desembarque. Asimismo, los tamaños de muestra de la distribución de tallas de las capturas aumentaron en un 180% respecto del verano, incrementándose en un 13% el número de áreas de procedencia.

Las capturas más altas por lugar de procedencia se registraron en la parte norte de esta región (Sector Isla Choros). En general se pueden distinguir 4 sectores de pesca, los que a su vez soportan el mayor esfuerzo pesquero: Isla Choros, Coquimbo, Pta. Limarí y Los Vilos (Fig. 19, Anexo 2).

Las capturas registradas por IFOP de la forma antes indicada fue de 1,39 millones de ejemplares. No obstante, el desembarque total registrado por SERNAP en forma aun preliminar alcanza a 1,85 millones de ejemplares.

La distribución de frecuencia de talla de la captura en esta región se mantuvo básicamente dentro de las mismas características encontradas en verano, es decir, tanto el límite inferior (90 mm) como el límite superior (151 mm) y la talla modal (113 mm) fueron iguales.

La evaluación del stock muestra que éste se redujo en un 20% (aproximadamente 1,7 millones de ejemplares), lo cual equivale prácticamente a la totalidad de la captura de invierno. También se estima un aumento importante de la mortalidad por pesca, entre las dos temporadas extractivas, que asciende desde 0,56 a 0,71 (Tabla 46, Anexo 2).



Si se considera que la cuota autorizada se redujo en un 9%, frente al incremento del esfuerzo efectivo de 33% (medido como el número de pescadores autorizados que retiró sus CACIE), el incremento del desembarque en 28% se explica por una mayor utilización de las cuotas individuales asignadas a los actuales usuarios extractivos, que en esta temporada alcanzó al 99%, en comparación con el 87% de utilización registrado en la temporada de verano de 1993.

## V Región

En esta región, el tamaño de la muestra se incrementó en un 170% respecto del verano, encontrándose que el 56,5% de las áreas de procedencia de las capturas se repiten en ambas temporadas extractivas, las cuales aumentan en un 9%, incluyéndose un total de 10 nuevas entre éstas.

Las mayores capturas por procedencia se localizaron en los sectores de Pichicuy y Farellones, al norte de esta región (Fig. 20, Anexo 2), aunque los sectores del Quintay El Quisco y San Antonio constituyen zonas de pesca importantes en esta región.

La captura total en número realizada durante esta temporada fue mayor a la de verano en un 28%, aunque la captura autorizada se incrementó en un 49%, frente al aumento en 40 % del número de pescadores autorizados que retiraron sus respectivas CACIE (Tabla 58, Anexo 2). La distribución de frecuencia de talla de ésta mostró un incremento en 3 mm para el límite superior de la distribución de tallas.

La evaluación de stock muestra que el stock se redujo en un 10%, desde 2,5 a 2,2 millones de ejemplares explotables (Tabla 47, Anexo 2). Por su parte, la mortalidad por pesca (Fcr) se estima que aumentó de 0,497 a 0,68, lo cual refleja la mayor explotación ejercida sobre el stock explotable.

Una tendencia opuesta se observa en cuanto al reclutamiento, que asciende de 604 mil en verano a 1,1 millones en invierno, lo cual puede atribuirse a las nuevas áreas de pesca incluidas en esta

oportunidad, cuya abundancia de reclutas probablemente sea mayor que las visitadas en verano por la flota. Este indicador, de confirmarse posteriormente, podrá revelar una situación alentadora desde la perspectiva de la futura restauración del stock en esta región.

## VI Región

El tamaño de la muestra de longitudes en esta región aumentó en un 87%, aunque el número de procedencias registradas disminuyó fuertemente, en 40 %. Estas se distribuyen continuamente a lo largo de la costa, cuyas mayores capturas se encuentran en la zona norte de la región, e incluso, en el límite sur de la V Región (Fig. 21, Anexo 2).

La talla modal de la distribución de tallas de la captura se redujo desde 110 mm. en verano a 108 mm. en invierno, aunque el límite inferior aumentó a 91 mm. y el superior se mantuvo en 134 mm.

La cuota total autorizada para esta región en la segunda temporada fue un 58% menor a la del verano. Sin embargo, dado que en verano, sólo el 60% de los asignatarios retiró sus CACIE, la reducción de la cuota realizada sólo llegó a un 11% (Tabla 58, Anexo 2).

El número de pescadores que efectivamente retiraron sus certificados de cuota esta temporada aumentó en un 42%, con un nivel de utilización de los CACIE de un 84%. Sin embargo, éstos sólo lograron extraer alrededor de 18 mil ejemplares, que es aproximadamente la mitad de la captura autorizada en esta región, que fue de 36,5 mil ejemplares, por lo cual se registró la disminución del 11,4% entre temporadas, con un 12.5% de la captura bajo la TML. Esto sitúa a la región en el segundo lugar, entre las que presentan mayores desembarques bajo la TML.

El stock total explotable estimado para esta región alcanza a 74 mil ejemplares, de los cuales, menos de la mitad alcanza la TML, con un 37% menos que lo estimado en la primera temporada (Tabla 56 y 57, Anexo 2).

Además, se estimó un incremento en la mortalidad por pesca de las clases de talla completamente reclutadas a las capturas desde 0,56 a 0,66, lo cual es un indicador de que la explotación realizada no estaría en equilibrio con la generación de excedentes en este stock (Tabla 48, Anexo 2).

## VII Región

El tamaño de muestra de la distribución de tallas de la captura aumentó en un 22% en la temporada que se analiza, encontrándose que el número de procedencias no varió entre temporadas (13 en total), aunque 3 de ellas son nuevas áreas.

Se distinguen 3 sectores principales de procedencia de las capturas: Pta. Carranza, Bahía Chanco y Chavelan. En el primero de ellos se produjeron las mayores capturas por procedencia (Fig.22, Anexo 2).

No obstante que la captura total autorizada en esta temporada fue solo el 60% de la anterior, la captura realizada aumentó en un 45% respecto del verano, con un porcentaje bajo la TML de solo 9,2%, en circunstancias que en la primera temporada extractiva alcanzó al 13,3%. Esto sitúa a la VII Región en el cuarto lugar entre las que registraron mayores desembarques bajo la TML.

El número total de buzos mariscadores inscritos en esta región aumentó un 38,6% y el 89% de ellos retiraron sus certificados de cuota individual de captura, lo que contrasta con el 78% utilizado en verano. Por lo tanto, el incremento real del esfuerzo registrado en esta temporada fue del 58%, medido en número de CACIE efectivamente retiradas (Tabla 58, Anexo 2).

La composición de tallas de esta temporada varió con respecto a la temporada anterior: el límite inferior aumentó a 95 mm (80 mm en verano) y el límite superior alcanzó los 158 mm (134 mm en verano), aunque la talla modal se mantuvo en 110 mm.

El aspecto que más incidió en la evaluación fue que en los intervalos de talla mayores se registraron 4 ejemplares dentro del rango 155 a 160 mm, lo cual modificó la forma de la distribución de frecuencias de talla de la captura regional y, en consecuencia, implicó un incremento en el valor estimado de  $L_{\infty}$  y sobretodo, causó un mal ajuste del patrón de explotación para esas tallas, como puede verse en la Tabla 49 (Anexo 2) y por esto, la abundancia estimada para la talla de 158 mm se hace cero.

Sin embargo, para el segmento restante de la distribución de tallas se obtuvo un buen ajuste, por lo que la estimación de abundancia para esos intervalos se considera aceptable, constituyéndose en los resultados que se entregan en la Tabla 49 (Anexo 2).

Lo anterior se respalda en que los coeficientes de variación en la estimación de esas clases de longitud se encontraban en el rango entre 0,99 a 1,22, lo cual se considera alto, por lo que su presencia puede interpretarse como una sobre-representación de esos estratos de talla, más que a la existencia de un contingente significativo de stock en esas tallas.

Con todo lo anterior, se estimó que el stock explotable total de la VII Región se habrá reducido en un 43%, aunque su fracción sobre la TML aumentó un 7%. Además, se estimó una mortalidad por pesca ejercida durante el año 1993 de 0,71 (respecto del 0,67 estimado para el verano), lo que refleja un efecto neto de una mayor explotación sobre estos stock en esta temporada.

### VIII Región

El tamaño de la muestra de longitudes se incrementó en un 121%. Se identificaron 24 áreas de procedencia de las capturas, lo cual representa una reducción de un 20% respecto del verano: de éstas, 16 se repiten y sólo 8 se agregan en esta temporada. Se distinguen 3 sectores de pesca principales: Bh Coliumo-Talcahuano, Isla Santa María e Isla Mocha. La mayor captura se concentró en la procedencia Isla Mocha (Fig. 23, Anexo 2).

La estructura de talla de la captura en la temporada de invierno muestra un desplazamiento hacia las tallas mayores: el límite inferior aumentó a 89 mm (80 mm verano) y el superior a 149 mm (146 mm en verano), aunque la talla modal se mantuvo en 110 mm.

La captura total autorizada para esta región fue un 26% mayor en esta última temporada, en tanto que la captura realizada alcanzó al 28%, con un desembarque bajo la TML que aumentó a un 7.4% del total (Tabla 58, Anexo 2).

El esfuerzo nominal en esta región se incrementó un 136%, alcanzando un total de 1.386 buzos mariscadores inscritos, utilizando el 99% de las CACIE, lo cual significó que se ejerciera finalmente un esfuerzo real un 147% mayor que la temporada anterior.

Por su parte, la evaluación de stock realizada indica que el stock habría aumentado en un 20% (a 7,2 millones de ejemplares), lo cual podrá atribuirse a que la Isla Mocha fue incorporada completamente a la explotación sólo en esta última temporada (área que se estima contaba con una de las mayores reservas de stock en esta región).

Ello explicará los resultados obtenidos en esta temporada, tanto en el incremento estimado en el stock, como la mantención de la tasa de mortalidad por pesca prácticamente en los mismos niveles para esta región ( $F_{cr} = 0,76$ ), dada la citada reducción en el número de procedencias que se registró.

Los parámetros de crecimiento también presentaron variación respecto del verano (particularmente  $L_{\infty}$ ), lo cual se explica por la composición de tallas de la captura mas completa que se registró durante esta última temporada (Tabla 50, Anexos 2).

## IX Región

Esta región no se evaluó por no registrar capturas provenientes de áreas al interior de los límites regionales durante la temporada de invierno de 1993, igual a lo ocurrido en la primera temporada extractiva de verano.

## X Región

La muestra de longitudes para el análisis se basó en la medición de 79.400 ejemplares (un 134% más que en la temporada de verano). El número de procedencias de la captura aumentó a 135 en total (un 17%), de las cuales, el 61% correspondió a áreas visitadas anteriormente.

Al respecto, en esta región se pueden distinguir claramente 5 sectores de pesca: Mehuín, Bahía Corral, Ancud-Pta. Corona, Golfo de Ancud y Quellón. El mayor número de "nuevas procedencias" se ubican en el Golfo de Ancud y en Quellón. Latitudinalmente las mayores capturas por procedencia se registraron en el sector de Ancud-Pta. Corona (Fig. 24, Anexo 2).

La captura autorizada para esta región fue la mayor del país, con un total de 9,49 millones de ejemplares, que representan un aumento del 68% respecto de la primera temporada extractiva (Tabla 58, Anexo 2).

Por su parte, la capturas registradas por SERNAP (cifras preliminares) durante esta temporada alcanzan a 9,19 millones (un 84% más que en el verano). Esta región a su vez registró el mayor aumento en el número de pescadores autorizados, con un 182,2%, de los cuales, en términos efectivos, operaron 5.473 buzos mariscadores (el 99% del total), lo que representa un aumento real del esfuerzo en un 191% respecto de la temporada de enero.

La composición de tallas de las capturas provenientes de esta región mostró un incremento del límite superior, desde 155 a 173 mm y la talla modal aumento desde 116 a 119 mm.

Sin embargo, la distribución de longitudes de las capturas presenta una moda anómala en los grupos de talla mayor, en el extremo de la distribución, análogamente a lo registrado en la VII región. Los coeficientes de variación de esos intervalos de talla son sustantivamente altos: 1,21, 0,49 y 0,59, lo cual sugiere que estas modas atípicas probablemente deriven de una sobre-representación de los intervalos de frecuencia de las tallas 166, 170 y 174 mm respectivamente.

En términos de la evaluación de stock, lo anterior hizo más laborioso el procedimiento de evaluación hasta alcanzar ajustes satisfactorios del patrón de explotación en el segmento correspondiente a las tallas antes mencionadas.

Asimismo, no se logró obtener una estimación satisfactoria de la abundancia para esas clases de talla, lo cual se evidencia en que esta no sustenta las capturas registradas en esos intervalos de talla.

Durante el procedimiento de búsqueda de la mejor solución, se descartaron todos los resultados no viables y la estimación que se adjunta en la Tabla 51 (Anexo 2) se adoptó por ser uno de los mejores resultados encontrados, con un buen ajuste del patrón de explotación en el resto de los intervalos de talla, excepto en los indicados. Por lo tanto, el stock que se estima con esta metodología, dentro de las restricciones enunciadas, constituye la situación posible alcanzada para esta oportunidad.

Con lo anterior, se deriva que el stock total explotable es un 41% mayor que lo estimado en la primera evaluación de stock y su fracción sobre la TML también es un 8,5% mayor. Por otra parte, la tasa de mortalidad por pesca que se estima también aumentó en esta temporada, desde 0,82 estimado en verano, a 0,99 que se habría ejercido sobre el stock durante la temporada de invierno de 1993.

Consecuentemente con el incremento de las tallas mayores, se estimó que la longitud asintótica del stock de la X Región alcanzaría a  $L_{\infty} = 176$  mm, en circunstancias que anteriormente se

había estimado en 168 mm, cuando el intervalo de la talla más grande registrado durante la temporada de verano alcanzó sólo a 157 mm.

## **XI Región**

Esta es la única región donde el tamaño de la muestra de longitudes de las capturas no se incrementó, registrándose por el contrario, una disminución de un 26% de la muestra, que alcanzó a 20,5 mil ejemplares medidos (Tabla 54, Anexo 2).

Se registró un incremento de 123% en el número de áreas de procedencias (118 en total), constatándose que sólo 30 de éstas habían sido áreas de extracción en la temporada anterior, siendo el resto todas "nuevas procedencias".

Aunque no se encuentran sectores de pesca claramente definidos, a grandes rasgos se pueden proponer 4 agrupaciones: la zona de Islas Guaitecas Norte de Archipiélago de los Chonos, Oeste del Canal Moraleda, Oeste Isla Melchor-Bahía Ana Pink y Canal Moraleda Este (Fig. 25 Anexo 2).

Las mayores capturas por procedencia se ubican en la parte norte del Archipiélago de las Guaitecas. Al respecto, se registró un aumento de un 184% respecto de la temporada anterior; sin embargo, la cuota total autorizada para esta región sólo se aumentó en un 45%.

Por otra parte, considerando que el número total de buzos mariscadores artesanales autorizados se incrementó en 141% (de 230 a 555), la captura realizada en esta región podría explicarse más bien por una participación de una fracción de los buzos mariscadores de la X Región que habrían operado en esas áreas, en virtud de la autorización que rige para esos efectos (contenida en la Resolución de la Subsecretaría de Pesca N° 7 de 1993).

Igual que en la X Región, la distribución de tallas muestra un desplazamiento del límite superior hasta los 164 mm y la talla modal se ubicó en 119 mm (116 mm en enero).



El stock total explotable para esta región se estimó que asciende a 10.4 millones de individuos, un 14% menor al estimado anteriormente y su fracción sobre la TML alcanzaría a los 6,4 millones de ejemplares, un 9% menor que el estimado en la primera temporada (Tablas 52 y 58, Anexo 2).

También se estima un aumento de la mortalidad por pesca llegando a 0,37 (0,25 en verano) y de la longitud asintótica ( $L_{\infty} = 185,6\text{mm}$ ), constituyéndose ésta en la mayor longitud máxima estimada a nivel nacional.

## XII Región

El tamaño de la muestra sobre la cual se basa este estudio abarcó un total de 4.776 ejemplares, que es un 188% mayor que en la evaluación anterior (Tabla 55, Anexo 2).

Se registraron 18 áreas de procedencia de las capturas (un incremento de un 125%), de las cuales, sólo 3 formaron parte de la zona de pesca de la primera temporada. Estas se localizan entre los 49° L.S. y los 55° L.S., distinguiéndose 3 zonas de pesca principales: Golfo Ladrillero-Golfo Trinidad, Bh Salvación, Canal Uribe-Canal Huemul e Isla Jacques. De éstas, las mayores capturas se realizaron en la parte norte de la región, en el sector Golfo Ladrillero-Trinidad (Fig. 26, Anexo 2).

Por otra parte, el rango de tallas varió notoriamente respecto del registro de la primera temporada. De hecho en verano la longitud varió entre 85 y 147 en verano y en invierno entre 80 y 168. Nuevamente, la representación de las frecuencias extremas es baja, como lo indican sus coeficientes de variación (1,29 y 0,5 respectivamente). La talla modal aumentó a 113 mm.

La captura total autorizada aumentó un 12% (desde 300 mil a 336 mil ejemplares), aunque la variación en la utilización de éstas por parte de los buzos autorizados ascendió desde 28% a 48%. Las capturas realizadas aumentaron un 95%, alcanzando a 162 mil ejemplares extraídos (Tabla 58, Anexo 2).

El número de usuarios extractivos nominales aumentó en un 75% (desde 94 a 130 buzos mariscadores autorizados), pero la variación efectiva, medida en términos del número de certificados retirados de las oficinas de SERNAP aumentó en un 100%.

La aplicación del procedimiento de evaluación tuvo dificultades similares a las indicadas para las regiones VII y X, a causa de la "moda" anómala ubicada en el extremo derecho de la distribución de frecuencias de tallas, que dificulta la búsqueda de las soluciones viables e influye en los estimados de  $L_{\infty}$ , Fcr y NM. Análogamente a los casos citados, no se obtuvieron buenos ajustes del patrón de explotación para el intervalo de talla de 167-169 mm, sub-estimándose la abundancia en esas clases, lo que se evidencia en que se estima una abundancia de 19 individuos, en circunstancias que la captura registrada es de 43 ejemplares.

No obstante, en el resto de la distribución se alcanzó un ajuste adecuado y consistente, cuyo resultado se adjunta en la Tabla 53 (Anexo 2). Allí se muestra un stock total estimado en 833 mil individuos, con 350 mil sobre la TML, lo cual implica un incremento de un 207% y 160% respectivamente, en relación con los estimados de abundancia anteriores. Sin embargo, la mortalidad por pesca, que se estimada se ejerció sobre las tallas completamente reclutadas a las capturas, aumentó desde 0,307 a 0,549 en esta última temporada.

El aumento del stock explotable se interpreta como producto de la mayor extensión en la cobertura realizada por la flota, respecto de la primera temporada de pesca, en virtud de lo cual, en esta última temporada se incorporó una fracción mayor de la población al stock en explotación, dando por consiguiente, estimaciones correspondientes a un stock mayor que el anterior. Este fenómeno era *a priori* esperable, por cuanto esa región posee una amplia extensión, donde es probable encontrar zonas de distribución del recurso que permiten ejercer explotación comercial regulada.

## 2.2 Modelo de Evaluación en Tallas para las dos Temporadas

### 2.2.1 Formulación de un modelo de la dinámica en tallas

Se presenta un nuevo modelo de evaluación de la pesquería del "loco" diseñado para el análisis simultáneo de las dos temporadas extractivas efectuadas: enero y julio-agosto de 1993. Este modelo es un avance metodológico respecto al usado anteriormente<sup>1</sup> en a lo menos tres aspectos importantes: 1) incremento de la relación observaciones/parámetros, con lo cual se espera mejorar el condicionamiento de la superficie de respuesta de la función de pérdida del modelo (suma de cuadrados), 2) mayor realismo en la representación de los procesos de sobrevivencia y mortalidad por pesca y 3) incorporación de un algoritmo de estimación de parámetros (de tipo Cuasi-Newton) que permite estimar la precisión de los mismos.

#### 2.2.1.1 Características del modelo

El modelo usado en las dos evaluaciones anteriores del "loco" se ha basado en el supuesto que los stocks de esta especie han estado sometidos a un régimen constante de reclutamientos, mortalidades y crecimiento individual. Bajo estas condiciones, una población en cualquier momento se comporta como una pseudocohorte y la descripción de su dinámica se simplifica considerablemente, haciendo posible el desarrollo y aplicación de modelos de estimación a poblaciones cuya disponibilidad de datos y conocimiento de su dinámica son escasos. En este sentido, no se debe desconocer que, en la etapa actual e incipiente del desarrollo de la evaluación del "loco", los modelos que se puedan proponer poseerán, en mayor o menor grado, limitaciones importantes inherentes a su estructura, al tamaño y calidad de las series de datos disponibles o a una combinación de los factores antes mencionados.

---

1 Se refiere al modelo de Análisis de Captura a la Talla (ACT) usado en las evaluaciones del verano e invierno de 1993 y descrito en detalle en el informe final a la Subsecretaría de Pesca del proyecto: "Investigación Modelo de Manejo Pesquería Recurso Loco (Fase II)", realizado por el Instituto de Ecología y Evolución de la Universidad Austral de Chile (Zuleta y Moreno, 1993).

Una de las limitaciones evidentes es la condición de equilibrio o cuasi equilibrio que se ha adoptado como consecuencia del supuesto de régimen demográfico y crecimiento constante a través de los años. Aunque este supuesto es razonable para la etapa de moratoria previa a la explotación del "loco", más como hipótesis de trabajo<sup>2</sup> que como explicación de su dinámica, evidentemente no es posible seguir sosteniéndolo a futuro. Así, se espera que en los próximos años las variaciones del esfuerzo de pesca deberán producir tasas variables de mortalidad por pesca y cambios en el tamaños del stock, los que a su vez tendrán efecto en la fuerza y tendencias del reclutamiento.

En lo que sigue, se presenta el desarrollo de un modelo que relaja el supuesto de condición de equilibrio y toma en consideración variaciones interanuales en la mortalidad por pesca. Un patrón de explotación talla-específico común permite vincular las cohortes de dos temporadas sucesivas de pesca y reducir el número de parámetros necesarios que dará cuenta de las observaciones.

#### 2.2.1.2 Supuestos del modelo

La flexibilización del modelo de evaluación para incorporar tasa de mortalidad y reclutamiento variable entre años es posible y no ofrece dificultades mayores desde el punto de vista teórico. Sin embargo, desde un punto de vista práctico, mientras no se disponga de series de tiempo suficientemente largas para estimar los reclutamiento históricos, no será de mucha utilidad obtener estimados para cada temporada<sup>3</sup> y complicará innecesariamente cualquier modelo.

- 
- 2 Puede arguirse más de una razón que ponga en duda la validez de los supuestos que sustentan el concepto de población en equilibrio, sin embargo, cuando se comienza la evaluación de algún stock existen muy pocas evidencias para contrastar cualquier tesis a este respecto. Desde el punto de vista de la ordenación pesquera, la oportunidad de este tipo de evaluaciones es muy importante y aconseja echar a andar el procesos de evaluación de stock con supuestos, que aunque sacrifiquen realismo y/o exactitud, permitan realizar la evaluación del recurso que de otro modo no sería posible. Las investigaciones futuras podrán examinar la validez de estos supuestos y proponer las modificaciones correspondientes.
  - 3 Debe tenerse presente que debido a la vulnerabilidad parcial de las clases de talla menores, la captura total permisible es muy poco sensible a la magnitud del reclutamiento de la temporada actual.

Por otra parte, también es posible modificar los supuestos relativos al crecimiento individual, pero el actual conocimiento de este proceso no permite hacer una proposición alternativa que mejore significativamente la hipótesis actual y justifique incrementar el número de parámetros del modelo.

Por las razones antes dadas, en lo que sigue sólo se flexibiliza el supuesto de mortalidad por pesca constante y se agregan otros en relación con la transición de las cohortes entre una temporada y la siguiente.

Como se ha indicado varios de los supuestos del ACTI se mantienen:

- 1) Cada stock se comporta como una población cerrada
- 2) El reclutamiento en promedio es constante
- 3) Mortalidad natural es constante
- 4) El patrón de crecimiento permanece invariable entre años
- 5) La mortalidad por pesca varía según el tamaño de acuerdo a un patrón fijo a través de los años.

Adicionalmente, se supone que:

- 6) La mortalidad por pesca de las tallas completamente reclutadas es variable a través de los años.
- 7) La temporada de pesca es suficientemente corta para que otros factores de mortalidad, con excepción de la pesca, tenga un efecto significativo. El resto del año, los "locos" que sobreviven a la extracción, están expuestos sólo a riesgos de mortalidad por causas naturales (pesquería tipo IA (Ricker, 1975)).

### 2.2.1.3 Clases de edad y talla

Al igual que en el ACTI, comenzaremos dividiendo la edad  $x$ , variable continua, en  $n$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) intervalos discretos de tamaño  $\Delta x_i$ , no necesariamente iguales, tales que un individuo de edad  $x$  pertenece al intervalo de edad  $i$ ,  $[x_i, x_{i+1})^4$  si  $x_i \leq x < x_i + \Delta x_i$

Análogamente, si se asume una relación monótona creciente entre la edad y la talla  $l$ , es posible inducir una discretización en esta última variable creando  $n$  intervalos  $[l_i, l_{i+1})$  que están en correspondencia biunívoca con los intervalos de edades definidos anteriormente  $([x_i, x_{i+1}) \leftrightarrow [l_i, l_{i+1}))$

### 2.2.1.4 Crecimiento en talla

#### - Relación en función de la edad

El crecimiento en talla con el transcurso de la edad se describe de la manera usual por la ecuación de von Bertalanffy

$$l = L_{\infty} [1 - \exp(-K(x - x_0))] \quad (1)$$

cuyos parámetros [ $L_{\infty}$ ,  $K$  y  $x_0$ ] se consideran constantes entre años, en conformidad con el supuesto 4).

Despejando de la ecuación (1) se tiene la edad en función de la talla de donde el tiempo requerido para crecer desde  $l_i$  a  $l_{i+1}$  es

---

4 El paréntesis cuadrado "[" se usa para indicar que el extremo inferior del intervalo está incluido en él, en cambio, el paréntesis curvo ")" indica que el extremo superior del mismo no está incluido.

$$\Delta x_i = - \frac{1}{K} \ln\left(\frac{L_\infty - l_{i+1}}{L_\infty - l_i}\right) \quad (3)$$

- **Relación en función de la talla**

También es útil para la formulación del modelo de evaluación, considerar el crecimiento en función de la talla (Schnute, 1987). Si se reformula la ecuación 1 de tal manera que la talla ( $l'$ ) que se alcanza en el momento  $t + \Delta t$  se expresa como función de la talla ( $l$ ) en un momento anterior  $t$ , entonces la ecuación de crecimiento se simplifica y toma la forma de la ecuación lineal

$$l' = L + \rho l \quad (4)$$

con intercepto

$$L = L_\infty(1 - \exp(-K \Delta t)) \quad (5)$$

y pendiente

$$\rho = \exp(-K \Delta t) \quad (6)$$

### 2.2.1.5 Sobrevivientes

#### - Sobrevivientes a la talla de una cohorte

El número de individuos que en una cohorte alcanza la edad  $x$  es

$$N(x) = N_0 \exp(-Z(x-x_r)) \quad (7)$$

donde  $N_0 = N(x_r)$ . A partir de esta relación es posible derivar el número de sobrevivientes a la talla  $l$  haciendo el cambio de variable que se indica a continuación.

$$N(l) = N(x) \left| \frac{dx}{dl} \right| \quad (8)$$

Calculando  $\Delta x = x - x_r$ , como se indica en la ecuación (3) y reemplazando en (7) se obtiene

$$N(x) = N_0 \exp\left(-Z\left(-\frac{1}{K} \ln\left(\frac{L_\infty - l}{L_\infty - l_r}\right)\right)\right) \quad (9)$$

donde  $l_r$  es la talla de reclutamiento correspondiente a la edad de reclutamiento  $x_r$



Haciendo algunos arreglos algebraicos en (9), resulta

$$N(x) = N_0 \left( \frac{L_\infty - l}{L_\infty - l_r} \right)^{\frac{z}{K}} \quad (10)$$

Por otra parte, el jacobiano de la transformación es

$$\left| \frac{dx}{dl} \right| = \left| \frac{d}{dl} x_0 - \frac{1}{K} \ln \left( \frac{L_\infty - l}{l_\infty} \right) \right| \quad (11)$$

$$\left| \frac{dx}{dl} \right| = \frac{1}{K(L_\infty - l)} \quad (12)$$

Luego, reemplazando (10) y (12) en (8) se obtiene

$$N(l) = \frac{N_0}{K(L_\infty - l_r)} \left( \frac{L_\infty - l}{L_\infty - l_r} \right)^{\frac{z}{K} - 1} \quad (13)$$

o equivalentemente,

$$N(l) = N(l_r) s_{l_r, l} \quad (14)$$

donde los reclutas a la talla  $l_r$  están relacionados con los reclutas a la edad  $x_r$  por

$$N(l_r) = \frac{N_0}{K(L_\infty - l_r)} \quad (15)$$

y

$$s_{l_r, l} = \left( \frac{L_\infty - l}{L_\infty - l_r} \right)^{\frac{z}{K} - 1} \quad (16)$$

es la sobrevivencia condicional a la talla  $l_r$  y representa la probabilidad de que un individuo reclutado a la talla  $l_r$  sobreviva al crecer a la talla  $l$ .

Análogamente a la sobrevivencia en edades, se puede comprobar que la sobrevivencia condicional para alcanzar la talla  $l_{i+1}$  está relacionada con la sobrevivencia condicional a la talla  $l_i$  de la siguiente manera

$$s_{l_r, l_{i+1}} = s_{l_r, l_i} s_{l_i, l_{i+1}} \quad (17)$$

donde

$$s_{l_i, l_{i+1}} = \left( \frac{L_\infty - l_{i+1}}{L_\infty - l_i} \right)^{\frac{z}{K} - 1} \quad (18)$$

Por lo tanto,

$$N(l_{i+1}) = N(l_i) s_{l_i, l_{i+1}} \quad (19)$$

y la ecuación (14) se puede reescribir como

$$N(l_i) = N(l_r) \prod_{j=r}^{i-1} s_{l_j, l_{j+1}} \quad (20)$$

#### - Validación teórica de la ecuación de sobrevivientes a la talla

Una forma alternativa de comprobar la validez de la ecuación (13) es mediante una formulación más general de la dinámica de una población de la cual ésta se derive como un caso particular. En efecto, si se usa la ecuación de McKendrick-von Foerster generalizada por Sinko & Streifer (1967) y Metz et. al. (1988) para describir los cambios de la densidad de sobrevivientes en función de la talla ( $l$ ), la edad ( $x$ ) y el tiempo ( $t$ ),  $N(l, x, t)$ , se puede proponer la siguiente ecuación de balance en derivadas parciales

$$\frac{\partial}{\partial t} N(l, x, t) = -\frac{\partial}{\partial x} N(l, x, t) - \frac{\partial}{\partial l} [g(l)N(l, x, t)] - ZN(l, x, t) \quad (21)$$

donde

$$g(l) = \frac{d_l}{d_t} = K(L_\infty - l) \quad (22)$$

La ecuación 21 expresa que la tasa de cambio del número de individuos en el tiempo (primera derivada parcial respecto al tiempo) es igual al cambio debido al envejecimiento de los individuos (segunda derivada parcial respecto a la edad), menos al cambio neto de la densidad por el crecimiento de los individuos (tercera derivada parcial respecto a la talla) y menos el número de individuos que se pierde por mortalidad debido a todas las causas (el término del miembro derecho de la ecuación).

Las derivadas parciales respecto de la edad y la talla pueden ser interpretadas como el "transporte" de individuos a través de la edad y la talla, respectivamente. En este último caso  $g(l)$  representa la tasa per cápita de "flujo" a través de la talla y  $\frac{\partial}{\partial l}[g(l)N(l,x,t)]$  el transporte total. Para la edad también existe implícitamente una tasa per cápita de flujo a través de ese eje, sólo que en este caso  $\frac{dx}{dt} = 1$ . Mayores detalles del modelo de transporte del crecimiento poblacional en edad o talla se pueden encontrar en Roughgarden (1987).

Suponiendo la dinámica estacionaria a través del tiempo, las dos primeras derivadas parciales se anulan y queda

$$\frac{d}{dl}[g(l)N(l,x,t)] = -ZN(l,x,t) \quad (23)$$

Luego, desarrollando la derivada del producto se obtiene

$$K(L_{\infty}-l)\frac{d}{dl}N(l,x,t) - KN(l,x,t) = -ZN(l,x,t) \quad (24)$$

$$\frac{d}{dl}N(l,x,t) = -\frac{Z-K}{K(L_{\infty}-l)}N(l,x,t) \quad (25)$$

cuya solución esta dada por la ecuación 13, en la cual se ha omitido su dependencia funcional respecto de la edad y el tiempo.

- **Sobrevivientes en un intervalo de tallas**

El número de individuos dentro de un intervalo de tallas  $[l_i, l_{i+1})$  en el momento  $t$  se define como

$$N_i(t) = \int_{l_i}^{l_{i+1}} N(l,t) dl \quad (26)$$

Si todas las cohortes se proyectan en el tiempo con un régimen demográfico y de crecimiento similar se puede reemplazar 14 en 26 y postular que

$$N_i(t) = N(l_r) \int_{l_i}^{l_{i+1}} \left( \frac{L_\infty - l}{L_\infty - l_r} \right)^{\frac{Z}{K} - 1} dl \quad (27)$$

Dejando fuera de la integral los términos constantes

$$N_i(t) = \frac{N(l_r)}{(L_\infty - l_r)^{\frac{Z}{K} - 1}} \int_{l_i}^{l_{i+1}} (L_\infty - l)^{\frac{Z}{K} - 1} dl \quad (28)$$

el problema se reduce a resolver la integral,

$$\int_{l_i}^{l_{i+1}} (L_\infty - l)^{\frac{Z}{K} - 1} dl = \frac{K}{Z} (L_\infty - l)^{\frac{Z}{K}} \Big|_{l_i}^{l_{i+1}} \quad (29)$$

resultado

$$\int_{l_i}^{l_{i+1}} (L_{\infty} - l)^{\frac{Z}{K} - 1} dl = \frac{K((L_{\infty} - l_{i+1})^{\frac{Z}{K}} - (L_{\infty} - l_i)^{\frac{Z}{K}})}{Z} \quad (30)$$

Al reemplazar (30) en (28) y reordenar los términos se obtiene

$$N_i(t) = N(l_r) \frac{-K((L_{\infty} - l_{i+1}) (\frac{L_{\infty} - l_{i+1}}{L_{\infty} - l_r})^{\frac{Z}{K} - 1} + (L_{\infty} - l_i) (\frac{L_{\infty} - l_i}{L_{\infty} - l_r})^{\frac{Z}{K} - 1})}{Z} \quad (31)$$

o la expresión más simple

$$N_i(t) = \frac{-K((L_{\infty} - l_{i+1})N(l_{i+1}) + K(L_{\infty} - l_i)N(l_i))}{Z} \quad (32)$$

El factor  $K(L_{\infty} - l)$  que acompaña a  $N(l)$  es la tasa de crecimiento a la talla respectiva y el producto de ambos,  $K(L_{\infty} - l)N(l)$  es el tamaño de la población a la edad correspondiente en efecto, debe recordarse que

$$\frac{dl}{dt} = K(L_{\infty} - l) \quad (33)$$

es la expresión diferencial del crecimiento en función de la edad (ecuación 1) y al despejar la ecuación 8 en función del número a la edad y reemplazar el valor absoluto de la derivada por

lo que indica 12 se hace evidente que

$$N(x) = K(L_{\infty} - l)N(l) \quad (34)$$

**- Sobrevivientes por intervalos de tallas entre temporadas**

Si denominamos  $N(l,t)$  la densidad de individuos a la talla en la población en el instante  $t$  se puede proponer, de acuerdo con Schnute (1987), una ecuación de sobrevivencia análogo a la usada para una cohorte en edades, en la cual el número de individuos en el intervalo  $dl'$ ,  $N(l', t+\Delta t)dl'$ , son los sobrevivientes de los  $N(l,t)dl$  individuos presentes en el intervalo  $dl$

$$N(l', t+\Delta t)dl' = s_i(l)N(l,t)dl \quad (35)$$

donde un individuo que tenía una talla  $l$  en el instante  $t$ , alcanza la talla  $l'$  al cabo del período  $\Delta t$ .

La sobrevivencia  $s_i(l)$  es una función de tipo escalón definida de la siguiente manera

$$s_i(l) = s_{it} \quad \text{si } l_i \leq l < l_{i+1} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (36)$$

Si se integra la expresión 35 entre los límites dados por los intervalos  $[l_i', l_{i+1}')$  y  $[l_i, l_{i+1})$  resulta

$$\int_{l_i}^{l_{i+1}} N(l', t + \Delta t) dl' = s_{ii} \int_{l_i}^{l_{i+1}} N(l, t) dl \quad (37)$$

o por la definición dada en la ecuación 26

$$N_{i+1}(t + \Delta t) = s_{ii} N_i(t) \quad (i=1, 2, \dots, n-1) \quad (38)$$

### - Validación teórica de los sobrevivientes entre temporadas

Dada la ecuación de balance 21 expresada como

$$\frac{\partial}{\partial t} N(l, x, t) + \frac{\partial}{\partial x} N(l, x, t) + \frac{\partial}{\partial l} [g(l)N(l, x, t)] = -ZN(l, x, t) \quad (39)$$

e integrando a través de la talla en el intervalo  $l_i \leq l < l_{i+1}$  se obtiene

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{l_i}^{l_{i+1}} N(l, x, t) dl + \frac{\partial}{\partial x} \int_{l_i}^{l_{i+1}} N(l, x, t) dl + g(l_{i+1})N(l_{i+1}, x, t) - g(l_i)N(l_i, x, t) = -Z \int_{l_i}^{l_{i+1}} N(l, x, t) dl \quad (40)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} N_i(x, t) + \frac{\partial}{\partial x} N_i(x, t) + [g(l_{i+1})N(l_{i+1}, x, t) - g(l_i)N(l_i, x, t)] = -ZN_i(x, t) \quad (41)$$

Integrando nuevamente a través de todas las edades se tiene que

$$\frac{\partial}{\partial t} N_i(t) + \frac{\partial}{\partial x} N_i(t) + [g(l_{i+1})N(l_{i+1}, t) - g(l_i)N(l_i, t)] = -ZN_i(t) \quad (42)$$



donde

$$N_i(t) = \int_0^{\infty} N_i(x,t) dx \text{ y } N(l_i,t) = \int_0^{\infty} N(l_i,x,t) dx \quad (43)$$

A partir de 32, se puede advertir que la expresión entre paréntesis cuadrados de la ecuación 42 es  $Z N_i(t)$ . Luego como  $\frac{dx}{dt} = 1$  se concluye que

$$\frac{d}{dt} N_i(t) = -Z N_i(t) \quad (44)$$

cuya solución es igual a la ecuación de sobrevivencia 38

**- Sobrevivientes en una pesquería tipo IA entre dos temporadas de pesca**

En las pesquerías que se comportan según el supuesto 7), los sobrevivientes en el intervalo de talla  $[l_{i+1}, l_{i+2})$ , a comienzo de la segunda temporada de pesca (instante  $t_2$ ), de los individuos en el intervalo de talla  $[l_i, l_{i+1})$  presentes a comienzo de la primera temporada de pesca (instante  $t_1$ ), son

$$N_{i+1}(t_2) = (N_i(t_1) - C_{i,1})\sigma \quad (45)$$

$$N_{i+1}(t_2) = (N_i(t_1) (1 - \mu_{i,1}))\sigma \quad (46)$$

$C_{i,1}$  es la captura realizada durante la primera temporada de pesca de duración  $\delta_1$ . Ahora,

$$s_{i,1} = (1 - \mu_{i,1})\sigma \quad (47)$$

$$\sigma = \exp(-M(t_2 - t_1 - \delta_1)) \quad (48)$$

En este caso, cuando la mortalidad por pesca se considera despreciable, la forma específica que toma la tasa de explotación es

$$\mu_{i,1} = \frac{C_{i,1}}{N_i(t_1)} = 1 - \exp(-F_{i,1} \cdot \delta_1) \quad (49)$$

Con leves modificaciones de apariencia, esta expresión es una anticipación de la ecuación de captura (55) que se presenta en la sección siguiente.

Luego,

$$N_{i+1}(t_2) = N_i(t_1) \exp(-F_{i,1} \cdot \delta_1 - M(t_2 - t_1 - \delta_1)) \quad (50)$$

## 2.2.2. Formulación de un modelo para las observaciones

### 2.2.2.1 Capturas

Las abundancias por intervalos de tallas son variables inobservables que es necesario estimar, para ese fin es necesario recurrir a variables observables, como son las capturas, y expresarlas en función de las primeras.

Sea  $\frac{d}{dt}C(l,t)$  la tasa de captura a la talla  $l$  en el instante  $t$ , tal que  $l_i \leq l < l_{i+1}$  y  $t_j \leq t < t_j + \delta_j$  ( $j = 1, 2$  temporadas). Supongamos además que la probabilidad de capturar  $F_{ij}dt$  es constante dentro del intervalo de talla y la temporada, pero variable entre intervalos y temporadas; entonces la captura en un intervalo de talla  $dl$  y período  $dt$  se puede proponer de la manera usual como

$$\frac{d}{dt}C(l,t)dl dt = F_{ij}N(l,t)dl dt \quad (51)$$

A partir de esta relación e integrado a través del intervalo de talla y la temporada, se obtiene la ecuación de captura a través de los siguientes pasos

$$\int_{t_j}^{t_j+\delta_j} \left( \int_{l_i}^{l_{i+1}} \frac{d}{dt}C(l,t)dl \right) dt = F_{ij} \int_{t_j}^{t_j+\delta_j} \left( \int_{l_i}^{l_{i+1}} N(l,t)dl \right) dt \quad (52)$$

$$\int_{t_j}^{t_j+\delta_j} dC_i(t) = F_{ij} \int_{t_j}^{t_j+\delta_j} N_i(t) dt \quad (53)$$

$$C_{ij} = F_{ij} \int_{t_j}^{t_j+\delta_j} N_i(t) \exp(-F_{ij}t) dt \quad (54)$$

$$C_{ij} = \mu_{ij} N_{ij} = N_{ij}(1 - \exp(-F_{ij}\delta_j)) \quad (55)$$

donde,  $N_i(t) = N_{ij}$

### 2.2.2.2 Mortalidad

La mortalidad instantánea total

$$Z_{ij} = F_{ij} + M \quad (56)$$

se consideran variables según la talla y la temporada de pesca en respuesta a la mortalidad instantánea por pesca. Esta varía respecto a la talla, según un patrón de explotación específico que da cuenta de la selectividad del pescador, y respecto a la temporada, según la magnitud de la mortalidad por pesca de la talla completamente reclutada, la cual se supone refleja los cambios del esfuerzo de pesca de una temporada a otra

$$F_{ij} = r_i F_j \quad (57)$$

Se mantiene el patrón de explotación logístico del primer modelo

$$r_i = \frac{1}{(1 + \exp(a - b(\bar{l}_i - \bar{l}_1)))} \quad (58)$$

en función de la marca de clase del intervalo  $\bar{l}_i = l_i + \frac{\Delta l_i}{2}$  cuya amplitud  $\Delta l_i$  es esta vez variable.

### 2.2.3 Estimación de parámetros

#### 2.2.3.1 Modelo estadístico de estimación

Dado el modelo de las observaciones (las capturas) 55, se propone el siguiente modelo de estimación, no lineal en los parámetros

$$C_{i,j} = \mu_{i,1} N_{i,1} X_{1j} + \mu_{i,2} N_{i,2} X_{2j} + \epsilon_{i,j} \quad (59)$$

$X_{j,j}$  : son variables indicadoras que toman valor 1 cuando  $j=j'$  y 0 en caso contrario.

$\epsilon_{i,j}$  : es un desvío aleatorio.

El planteamiento de un modelo univariante (y no multivariante) se apoya en la hipótesis de la separabilidad de la mortalidad por pesca (57) la cual además de disminuir el número de parámetros a estimar, permite vincular las capturas de cohortes individuales.

Es conveniente expresar las observaciones en función de los parámetros y las tallas como variable independiente. Si se generaliza la ecuación de sobrevivientes para mortalidades dependientes de las tallas y las temporadas, se tienen, usando una forma paramétrica desagregada, que las predicciones de captura en la primera y segunda temporada son

$$\hat{C}_{i,1} = N(l_r) \prod_{j=r}^{i-1} \left( \frac{L_{\infty} - l_{j+1}}{L_{\infty} - l_j} \right)^{\frac{r F_1 + M}{K} - 1} \dots$$

$$\frac{(K(L_\infty - l_i) \left(1 - \left(\frac{L_\infty - l_{i+1}}{L_\infty - l_i}\right)^{\frac{r_i F_1 + M}{K}}\right))}{r_i F_1 + M} (1 - \exp(-F_{i,1} \cdot \delta_1)) \quad (60)$$

$$\hat{C}_{i,2} = N(l_r) \prod_{j=r}^{i-2} \left(\frac{L_\infty - l_{j+1}}{L_\infty - l_j}\right)^{\frac{r_j F_1 + M}{K} - 1} \dots$$

$$\frac{(K(L_\infty - l_{i-1}) \left(1 - \left(\frac{L_\infty - l_i}{L_\infty - l_{i-1}}\right)^{\frac{r_{i-1} F_1 + M}{K}}\right))}{r_{i-1} F_1 + M} \dots$$

$$\exp(-r_{i-1} F_1 \cdot \delta_1 - M(t_2 - t_1 - \delta_1)) (1 - \exp(-F_{i,2} \cdot \delta_2)) \quad (61)$$

Como se puede apreciar, la predicción de captura para una talla  $i$  y temporada  $j$  es una función del tipo

$$\hat{C}_{i,j} = f(N(l_r), F_1, F_2, r_1, r_2, \dots, r_n, M, L_\infty, K, \delta_1, \delta_2, t_1, t_2, l_r, l_{r+1}, \dots, l_{r+n}) \quad (62)$$

donde  $[N(l_r), F_1, F_2, r_1, r_2, \dots, r_n, M, L_\infty, K, \delta_1, \delta_2, t_1, t_2]$  son parámetros y el resto de los argumentos, variable. Entre estos, los parámetros de crecimiento,  $L_\infty$  y  $K$  y de la temporada  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $t_1$ , y  $t_2$  se consideran conocidos. Así mismos, los  $r_i$  son funciones implícitas de los parámetros  $a$ ,  $b$  y  $c$ , por lo tanto, para los fines de la estimación, la captura es una función de un conjunto de parámetros más reducidos:  $[N(l_r), F_1, F_2, a, b, c, M]$ .

Los parámetros de crecimiento son necesarios para definir los intervalos de tallas mediante la relación 4, sus valores serán tomados de estimaciones anteriores realizadas con ACT.

### 2.2.3.2 Función de pérdida

Se proponen dos funciones de pérdidas basadas en la suma de cuadrados en los desvíos de las capturas observadas por intervalos de talla en cada temporada, respecto de las capturas predichas por el modelo

$$SSQ_1 = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^n (C_{ij} - \hat{C}_{ij})^2 \quad (63)$$

$$SSQ_2 = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^n \frac{(C_{ij} - \hat{C}_{ij})^2}{var(C_{ij})} \quad (64)$$

sujetas a restricciones en los parámetros de acuerdo a las siguientes funciones de penalización

$$P(\theta) = \sum_{j=1}^{m_1} \lambda_j (d_j - g_j(\theta))^2 + \sum_{k=1}^{m_2} \lambda_k \max(0, g_k(\theta) - d_k)^2 \quad (65)$$

en la cual la primera suma corresponde a  $m_1$  restricciones de igualdad para funciones 'g' del vector de parámetros  $\theta(\theta = [N(l), F_1, F_2, a, b, c, M])$ , mientras la segunda suma representa  $m_2$  desigualdades para  $g(\theta)$ . Por otra parte, los coeficientes  $\lambda$  ponderan la importancia de cada condicionamiento a la penalización total.

La función de pérdidas  $SSQ_2$  otorga una ponderación a las capturas observadas proporcional a su precisión. Esta alternativa se ha incorporado para disminuir la influencia de la impresión que se observa generalmente en la captura de los extremos de la composición de tallas, debido a la menor representatividad de esos intervalos en las muestras.

### 2.2.3.3 Algoritmo de estimación

Dos algoritmos están disponibles para minimizar  $SSQ$ : el procedimiento simplex Nelder Mead y el método Cuasi-Newton. El primero ya fue usado en acta con buenos resultados. Su principales virtudes son las convergencias global que garantiza una solución aún partiendo de valores iniciales distantes de ella, no requiere funciones de pérdidas continuas y tampoco el cálculo de derivadas. Entre sus principales desventajas están la lentitud de la convergencia a la solución y la dificultad de obtener estimadores de varianza de los parámetros. Por sus características este método solo se presta para estimaciones de varianza mediante simulación de Montecarlo, sin embargo, su lentitud computacional los hace poco recomendable aún para computadores de alta velocidad de proceso (50-60 Mhz).

El método Cuasi-Newton requiere el cálculo de derivadas (primera y segunda), funciones de pérdida continuas en la Región donde se busca el mínimo, a cambio de ellos, su convergencia a la solución es más rápida y permite el cálculo directo de varianza de los parámetros como se indica en el próximo capítulo. Por las características complementarias de estos métodos se hará uso de ambos. El primero para explorar el espacio paramétrico y obtener una solución que sirva de valor inicial al segundo con el cual se verifica el resultado y, si son consistentes, se obtiene los estimados de varianza. De no ocurrir así, se deben probar nuevos valores de partida.

De acuerdo con Gallant (1987), si se aproxima la función  $f(\Theta, l)$  por una expansión de Taylor en torno de un valor de prueba  $\Theta^k$  incluyendo solo los términos lineales.



$$f(\theta, D) = f(\theta^k, D) + \sum_{i=1}^7 \frac{\partial}{\partial \theta_i} f(\theta, D) \Big|_{\theta = \theta^k} (\theta_i - \theta_i^k) \quad (66)$$

donde  $\Theta$  es vector de parámetros a estimar definido anteriormente y  $l$  es vector de tallas entonces la SSQ aproximada que se obtiene está dada por

$$SSQ^k = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^n (C_{ij} - f(\theta^k, D))^2 - \sum_{i=1}^7 \frac{\partial}{\partial \theta_i} f(\theta, D) \Big|_{\theta = \theta^k} (\theta_i - \theta_i^k) \quad (67)$$

se minimiza en el vector de parámetros  $\Theta^{k+1}$ , tal que

$$\theta^{k+1} = \theta^k + (X'X)^{-1}X'(C - f(\theta^k, D)) \quad (68)$$

donde

$$X = \frac{\partial}{\partial \theta} f(\theta, D) \quad (69)$$

es la matriz de derivadas parciales de la predicción de capturas respecto de cada parámetro<sup>5</sup>, evaluada en  $\theta^k$ .

Para aplicar el método Cuasi-Newton, el siguiente algoritmo iterativo fue elegido (Walters, 1986):

---

5 Esta matriz es también conocida con el nombre de matriz Jacobiana, matriz de diseño o matriz de sensibilidad.

- 1) Asignar valores iniciales  $\theta_{ini} = [N(l)^{ini}, F_1^{ini}, F_2^{ini}, a^{ini}, b^{ini}, c^{ini}, M^{ini}]$  como se ha indicado anteriormente estos pueden provenir de la solución con el método simplex o de evaluaciones previas con ACTI.
- 2) Calcular el vector de desvíos  $d = (C_{ij} - \hat{C}_{ij})$  con el valor actual de  $\Theta$ .
- 3) Calcular la matriz Jacobiana X. Este se puede realizar de manera analítica o numérica .
- 4) Calcular la matriz  $X'X$  e invertirla para obtener  $(X'X)^{-1}$
- 5) Calcular el vector de corrección de los parámetros actuales  $C = \lambda(X'X)^{-1} \cdot X'd$  El vector de corrección es igual al segundo sumando del miembro derecho de la ecuación 65 con excepción del factor  $\lambda$  que sirve para modificar el tamaño del paso de corrección que inicialmente se fija en el 1. Si la corrección falla en el k'-ésimo paso, es decir  $SSQ(\theta^{k+1}) \geq SSQ(\theta^k)$ ,  $\lambda$  debe reducirse hasta que se cumpla la condición contraria.
- 6) Obtener nuevos parámetros  $\theta^{k+1} = \theta^k + c$  . El proceso vuelve al paso 2) hasta que

$$\left| \frac{\theta_i^{k+1} - \theta_i^k}{\theta_i^k} \right| < \delta$$

para todo i. La cuota  $\delta$  puede ser una cantidad tan pequeña como se quiera, por ejemplo 0,000001.

### 2.2.4 Varianzas de los estimadores de los parámetros

Si al modelo de estimación se le agrega algunas hipótesis estadísticas sobre la naturaleza de los desvíos aleatorios es posible estimar la varianza de los parámetros. En efecto si los desvíos se suponen independientes y con una distribución de probabilidad común (no necesariamente normal) la teoría estadística asintótica (Gallant op. cit.) establece que el vector de parámetros estimados tiene distribución normal con media  $\theta^0$  y matriz de varianza covarianza  $\sigma^2(X'X)^{-1}$

En las aplicaciones  $X$  debe ser aproximada por

$$\hat{X} = \frac{\partial}{\partial \hat{\theta}} f(\hat{\theta}, D) \quad (70)$$

y  $\sigma^2$  por

$$s^2 = \frac{SSQ(\hat{\theta})}{n - p} \quad (71)$$

Por lo tanto, los estimadores de la varianza de los parámetros son los elementos de la diagonal de la matriz de varianza - covarianza estimada

$$\text{var}(\theta_i) = s^2 \hat{x}_{ii} \quad (72)$$

Puesto por otra parte, la variable aleatoria  $(n-p)s^2/\sigma^2$  se distribuye como una  $\chi^2$  con  $(n-p)$  grados de libertad, se puede usar la distribución del estadístico t-Student para establecer límites de confianza a los parámetros estimados

$$\hat{\theta}_i \pm t_{\frac{\alpha}{2}, (n-p)} \sqrt{s^2 \hat{x}_{ii}} \quad (73)$$

### 2.2.5 Estimadores de la abundancia

La abundancia media por intervalos de la talla se obtiene a comienzos de cada temporada mediante

$$\hat{N}_{i,1} = \hat{N}(l_r) \prod_{j=r}^{i-1} \left( \frac{\hat{L}_\infty - l_{j+1}}{\hat{L}_\infty - l_j} \right)^{\frac{\hat{f}_0 \hat{M}}{k} - 1} \frac{(\hat{K}(\hat{L}_\infty - l_i) (1 - (\frac{\hat{L}_\infty - l_{i+1}}{\hat{L}_\infty - l_i})^{\frac{\hat{f}_0 \hat{M}}{k}}))}{\hat{f}_i \hat{F}_0 + \hat{M}} \quad (74)$$

$$\hat{N}_{i,1} = \hat{N}_{i,1} \exp(-\hat{f}_{i-1} \hat{F}_1 \cdot \delta_1 - \hat{M}(t_2 - t_1 - \delta_1)) \quad (75)$$

y la abundancia totales sumando a través de los intervalos

$$\hat{N}_j = \sum_{i=r}^n \hat{N}_{i,j} \quad (76)$$

### 2.2.6 Ajustes al modelo

En los capítulos anteriores se ha fundamentado teóricamente el modelo y propuesto un procedimiento de estimación de los parámetros y sus varianzas.

En el curso posterior de la investigación se han identificado algunas simplificaciones y modificaciones del modelo original que pueden contribuir a facilitar su comprensión y el desarrollo de los estimadores y varianzas. En las siguientes secciones de este capítulo se entregan los principales resultados obtenidos a este respecto.

Tres aspectos relacionados con las ecuaciones que proyectan los sobrevivientes de la segunda temporada a partir de la primera requirieron mayor atención durante la etapa final de la investigación: 1) la elección de los intervalos de tallas de la ecuación de sobrevivientes de la primera temporada y 3) la forma que debería adoptar la ecuación de sobrevivencia para el último intervalo de tallas de la segunda temporada.

### 2.2.6.1 Intervalos de tallas y seguimientos de las cohortes

Las ecuaciones de sobrevivientes dentro de la primera temporada y entre esta y la segunda, pueden simplificarse si se considera el hecho, no suficientemente explícito en la primera formulación, que el seguimiento de las cohortes en el tiempo es conveniente hacerlo entre intervalos de tallas cuyos extremos guarden entre si la correspondencia que la función de crecimiento de von Bertalanffy, u otra que se use, determina así, si la estructura de tallas de la población se expresa como una secuencia de intervalos  $L_i$ , tales que  $[l_1, l_2), [l_2, l_3), \dots, [l_p, l_{i+1}), \dots, [l_{n-2}, l_{n-1}), [l_{n-1}, l_n)$  para  $i=1, 2, \dots, n-1, n$

Los extremos de los intervalos  $L_i$  y  $L_{i+1}$  están relacionados de la siguiente manera

$$l_i - l_{i+1} = L + \rho l_i \quad (77)$$

$$l_{i+1} - l_{i+2} = L + \rho l_{i+1}$$

Dado que  $\rho = \exp(-k t) < 1$ , el seguimiento exacto de las cohortes en tallas requiere estructurar la composición de las capturas en intervalos de tallas desiguales que disminuyen hacia las tallas mayores ( $L_{i+1} < L_i$ ). Esto constituye una diferencia fundamental respecto del modelo usado en la evaluación anterior, basado en intervalos constantes.

Como corolario de lo expresado, se puede afirmar que realizar una proyección entre intervalos de igual tamaño es esencialmente incorrecta, a menos que corrijan las contribuciones de los

intervalos contiguos. Correcciones de este tipo son aparentemente complejas y parece más sensato en este caso reestructurar las composiciones de tallas que mantener los intervalos constantes<sup>6</sup>.

Por otra parte, para dar cuenta de todo el stock es conveniente definir el último intervalo  $L_{n-1}$  como  $[l_{n-1}, L_{\infty})$ .

### 2.2.6.2 Sobrevivientes de la primera temporada

#### - Simplificación

Una consecuencia de la definición de los intervalos descrita en la sección anterior es que

$$\left(\frac{L_{\infty} - l_{i+1}}{L_{\infty} - l_i}\right) = \exp(-k\Delta t) \quad (78)$$

donde  $t$  es el intervalo de tiempo entre el comienzo de las temporadas.

Por lo tanto, los sobrevivientes para un intervalo de talla  $i$  cualquiera se puede calcular mediante la ecuación

$$N_{i,t} = N(l_1) (L_{\infty} - l_1) \exp\left[-\sum_{j=1}^{i-1} Z_j \Delta t\right] \frac{[1 - \exp(-Z_i \Delta t)]}{[Z_i]} \quad (79)$$

donde  $Z_i = r_i F_0 + M$  ;  $i=2, \dots, n-1$

---

6 El uso de intervalos constantes en el modelo usado en las evaluaciones anteriores no presenta inconvenientes, debido la composición de tallas estacionaria de la población que el modelo supone.

### - Reparametrización del reclutamiento

En el modelo, el reclutamiento fue considerado implícitamente como el número de ejemplares que alcanzan el extremo inferior del primer intervalo de tallas que aparece en las capturas ( $N(l_1)$ ). Este concepto, aunque teóricamente correcto, tiene el inconveniente de no hacer referencia a una variable con significado práctico para el evaluador. Para describir en un instante  $t_1$  la relación entre el tamaño de una cohorte en número y la talla, se ha adoptado una función continua ( $N(l_1, t_1)$ ), según la cual a una talla particular no es posible hablar del número de individuos a esa talla, sino de la densidad de los mismos en ese punto. Consecuentemente, cuando se hace referencia al reclutamiento es preferible hacerlo con respecto al número de individuos del primer intervalo de talla ( $N(l_1)$ ), que para simplificar la notación se denominará  $R$ .

Adicionalmente, en el presente modelo se supone que  $R$  es el resultado del crecimiento de los sobrevivientes del intervalo anterior, perteneciente a la fracción no reclutada de la población, la cual no aporta reclutas a otros intervalos que no sea el primero. Por lo tanto, el modelo no considera en su formulación la posibilidad de un reclutamiento gradual a más de una clase de tallas. Esta es una concesión en favor de la simplicidad que se podrá reconsiderar en desarrollos futuros del modelo.

Reparametrizando en  $R$  la ecuación de sobrevivientes se obtiene:

$$N_{i,1} = R \exp\left(-\sum_{j=1}^{i-1} Z_j \Delta t\right) \frac{[1 - e^{-Z_i \Delta t}]/Z_i}{[1 - e^{-Z_1 \Delta t}]/Z_1} \quad (80)$$

### - Aproximación

Haciendo uso de la aproximación,

$$\frac{1 - \exp(-x)}{x} = \exp\left(-\frac{x}{2}\right) \quad (81)$$

La ecuación de sobrevivientes se puede simplificar aún más, llegando a la siguiente expresión:

$$N_{i,1} = R \exp\left[-\left(\sum_{j=1}^{i-1} Z_j + \frac{(F_i - F_1)}{2}\right)\Delta t\right] \quad (82)$$

donde  $F_1 = r_1 F_0$ .

### 2.2.6.3 Proyección del último intervalo de tallas

La ecuación de transición propuesta para los sobrevivientes entre temporadas (45 o 50) es válida para los intervalos  $i=2,3,\dots, n-2$ , pero no para el último  $[L_{n-1}, L_\infty)$ . De acuerdo al modelo básico de sobrevivencia se propone calcularlo como.

$$N_{n-1,2} = [(N_{n-2,1} + N_{n-1,1}) - (C_{n-2,1} + C_{n-1,1})]\exp[-M(\Delta t - \delta_1)] \quad (83)$$

### 2.2.6.4 Ecuaciones de captura

Usando los resultados anteriores, las capturas de la primera temporada quedan como sigue:

$$C_{1,1} = R (1 - \exp[-r_1 F_1 \delta_1]) ; \quad i = 1 \quad (84)$$



$$C_{i,1} = R \left( \exp \left[ - \left[ \sum_{j=1}^{i-1} (r_j F_0 + M) + \frac{(r_i F_0 - r_1 F_0)}{2} \right] \Delta t \right] \right) (1 - \exp[-r_i F_1 \delta_1]) ; i = 2, 3, \dots, n-1 \quad (85)$$

Asimismo, las capturas de la segunda temporada se pueden expresar como

$$C_{1,2} = R (1 - \exp[-r_1 F_2 \delta_2]) ; i = 1 \quad (86)$$

$$C_{i,2} = \left( R \exp \left[ - \left[ \sum_{j=1}^{i-2} (r_j F_0 + M) + \frac{(r_{i-1} F_0 - r_1 F_0)}{2} \right] \Delta t \right] - C_{i-1,1} \right) \quad (87)$$

$$\exp[-M(\Delta t - \delta_1)] (1 - \exp[-r_i F_2 \delta_2]) ; i = 2, \dots, n-2$$

$$C_{n-1,2} = \left( R \left( \exp \left[ - \left[ \sum_{j=1}^{i-3} (r_j F_0 + M) + \frac{(r_{n-2} F_0 - r_1 F_1)}{2} \right] \Delta t \right] + \exp \left[ - \left[ \sum_{j=1}^{i-2} (r_j F_0 + M) + \frac{(r_{n-1} F_0 - r_1 F_0)}{2} \right] \Delta t \right] \right) \right) \quad (88)$$

$$- (C_{n-2,1} + C_{n-1,1}) \exp[-M(\Delta t - \delta_1)] (1 - \exp[-r_i F_2 \delta_2]) ; i = n-1$$

### 2.2.6.5 Ejemplos numéricos

Para ilustrar el uso de las ecuaciones de proyección del tamaño de las cohortes y de las capturas mediante las planillas electrónicas EXCEL, se confeccionaron las tablas de cálculos siguientes. En cada tabla, la primera columna contiene los parámetros usados en el cálculo. Entre ellos, los relativos a los intervalos de tiempo (deltat, delta1 y delta2) están expresados en fracciones de año. Sus valores corresponden aproximadamente a los que ocurrieron durante las temporadas de pesca del verano e invierno.

Los resultados muestran, usando valores de los parámetros cercanos a los estimados en evaluaciones anteriores, diferencias porcentuales despreciables entre el modelo exacto y aproximado, tanto a nivel de intervalos como en el total. Los errores relativos observados al comparar la columna de sobrevivientes de la primera temporada no superan el 0,13 %.

Ejemplo de cómputo con las ecuaciones exactas

| Parámetros | Intervalo de talla | Marca de clase | r   | Z    | N(li) | 1ra. temporada |          | 2da. temporada |          |        |
|------------|--------------------|----------------|-----|------|-------|----------------|----------|----------------|----------|--------|
|            |                    |                |     |      |       | N(i1.i2)       | C(i1.i2) | N(i1.i2)       | C(i1.i2) |        |
| N(i1)      | 300000             | 80 - 87        | 84  | 0,00 | 0,20  | 300000         | 2126293  | 4              | 2126293  | 9      |
| F0         | 0,2                | 87 - 94        | 90  | 0,00 | 0,20  | 292880         | 1923623  | 69             | 1929225  | 138    |
| F1         | 0,8                | 94 - 100       | 97  | 0,08 | 0,22  | 285841         | 1733166  | 1582           | 1745279  | 3182   |
| F2         | 1                  | 100 - 106      | 103 | 0,72 | 0,34  | 276747         | 1507572  | 11858          | 1571101  | 24597  |
| M          | 0,2                | 106 - 111      | 108 | 0,99 | 0,40  | 251401         | 1253091  | 13460          | 1357091  | 28972  |
| a          | 8,6                | 111 - 116      | 113 | 1,00 | 0,40  | 222408         | 1026750  | 11185          | 1124742  | 24349  |
| b          | 0,3                | 116 - 120      | 118 | 1,00 | 0,40  | 196483         | 840661   | 9163           | 921443   | 19960  |
| c          | 1,17               | 120 - 125      | 123 | 1,00 | 0,40  | 173570         | 688276   | 7502           | 754435   | 16342  |
| Linf       | 178                | 125 - 129      | 127 | 1,00 | 0,40  | 153328         | 563513   | 6142           | 617680   | 13380  |
| K          | 0,152              | 129 - 132      | 130 | 1,00 | 0,40  | 135447         | 461366   | 5029           | 505714   | 10955  |
| deltat     | 0,5                | 132 - 136      | 134 | 1,00 | 0,40  | 119651         | 377734   | 4117           | 414043   | 8969   |
| delta1     | 0,0137             | 136 - 139      | 137 | 1,00 | 0,40  | 105697         | 309263   | 3371           | 338990   | 7343   |
| delta2     | 0,0219             | 139 - 142      | 140 | 1,00 | 0,40  | 93371          | 253203   | 2760           | 277542   | 6012   |
| L          | 13,03              | 142 - 144      | 143 | 1,00 | 0,40  | 82482          | 207305   | 2260           | 227232   | 4922   |
| rho        | 0,93               | 144 - 147      | 145 | 1,00 | 0,40  | 72863          | 169727   | 1850           | 186042   | 4030   |
|            |                    | 147 - 149      | 148 | 1,00 | 0,40  | 64366          | 138961   | 1515           | 152318   | 3300   |
|            |                    | 149 - 151      | 150 | 1,00 | 0,40  | 56859          | 113771   | 1240           | 124707   | 2701   |
|            |                    | 151 - 153      | 152 | 1,00 | 0,40  | 50228          | 93148    | 1015           | 102102   | 2212   |
|            |                    | 153 - 155      | 154 | 1,00 | 0,40  | 44371          | 76263    | 831            | 83594    | 1811   |
|            |                    | 155 - 157      | 156 | 1,00 | 0,40  | 39196          | 62439    | 681            | 68441    | 1483   |
|            |                    | 157 - 158      | 157 | 1,00 | 0,40  | 34625          | 51121    | 557            | 56035    | 1214   |
|            |                    | 158 - 160      | 159 | 1,00 | 0,40  | 30587          | 41854    | 456            | 45877    | 994    |
|            |                    | 160 - 161      | 160 | 1,00 | 0,40  | 27020          | 34267    | 374            | 37561    | 814    |
|            |                    | 161 - 162      | 162 | 1,00 | 0,40  | 23869          | 28056    | 306            | 30752    | 666    |
|            |                    | 162 - 178      | 170 | 1,00 | 0,40  | 21085          | 126718   | 1381           | 138898   | 3009   |
|            |                    | 178            |     |      |       | 0              |          |                |          |        |
|            |                    |                |     |      |       | Total          | 14208142 | 88710          | 14937138 | 191363 |

## Ejemplo de cómputo con las ecuaciones aproximadas

| Parámetros | Intervalo de talla | Marca de clase | r   | Z    | 1ra. temporada |          | 2da. temporada |          |       |
|------------|--------------------|----------------|-----|------|----------------|----------|----------------|----------|-------|
|            |                    |                |     |      | N(I1,I2)       | C(I1,I2) | N(I1,I2)       | C(I1,I2) |       |
| N(I1)      | 300000             | 80 - 87        | 84  | 0.00 | 0.20           | 2126293  | 4              | 2126293  | 9     |
| F0         | 0.2                | 87 - 94        | 90  | 0.00 | 0.20           | 1923618  | 69             | 1929225  | 138   |
| F1         | 0.8                | 94 - 100       | 97  | 0.08 | 0.22           | 1733041  | 1582           | 1745275  | 3182  |
| F2         | 1                  | 100 - 106      | 103 | 0.72 | 0.34           | 1506342  | 11849          | 1570987  | 24595 |
| M          | 0.2                | 106 - 111      | 108 | 0.99 | 0.40           | 1251557  | 13444          | 1355984  | 28949 |
| a          | 8.6                | 111 - 116      | 113 | 1.00 | 0.40           | 1025470  | 11171          | 1123364  | 24319 |
| b          | 0.3                | 116 - 120      | 118 | 1.00 | 0.40           | 839612   | 9152           | 920294   | 19935 |
| c          | 1.17               | 120 - 125      | 123 | 1.00 | 0.40           | 687417   | 7493           | 753493   | 16322 |
| Linf       | 178                | 125 - 129      | 127 | 1.00 | 0.40           | 562810   | 6135           | 616909   | 13363 |
| K          | 0.152              | 129 - 132      | 130 | 1.00 | 0.40           | 460790   | 5023           | 505082   | 10941 |
| deltat     | 0.5                | 132 - 136      | 134 | 1.00 | 0.40           | 377263   | 4112           | 413526   | 8958  |
| delta1     | 0.0137             | 136 - 139      | 137 | 1.00 | 0.40           | 308876   | 3367           | 338567   | 7334  |
| delta2     | 0.0219             | 139 - 142      | 140 | 1.00 | 0.40           | 252887   | 2757           | 277195   | 6005  |
| L          | 13.03              | 142 - 144      | 143 | 1.00 | 0.40           | 207046   | 2257           | 226948   | 4916  |
| rho        | 0.93               | 144 - 147      | 145 | 1.00 | 0.40           | 169515   | 1848           | 185809   | 4025  |
|            |                    | 147 - 149      | 148 | 1.00 | 0.40           | 138787   | 1513           | 152128   | 3295  |
|            |                    | 149 - 151      | 150 | 1.00 | 0.40           | 113629   | 1239           | 124552   | 2698  |
|            |                    | 151 - 153      | 152 | 1.00 | 0.40           | 93032    | 1014           | 101974   | 2209  |
|            |                    | 153 - 155      | 154 | 1.00 | 0.40           | 76168    | 830            | 83490    | 1809  |
|            |                    | 155 - 157      | 156 | 1.00 | 0.40           | 62361    | 680            | 68355    | 1481  |
|            |                    | 157 - 158      | 157 | 1.00 | 0.40           | 51057    | 557            | 55965    | 1212  |
|            |                    | 158 - 160      | 159 | 1.00 | 0.40           | 41802    | 456            | 45820    | 993   |
|            |                    | 160 - 161      | 160 | 1.00 | 0.40           | 34224    | 373            | 37514    | 813   |
|            |                    | 161 - 162      | 162 | 1.00 | 0.40           | 28021    | 305            | 30714    | 665   |
|            |                    | 162 - 178      | 170 | 1.00 | 0.40           | 126771   | 1382           | 138914   | 3009  |
|            | 178                |                |     |      |                |          |                |          |       |
|            |                    |                |     |      | 14198387       | 88609    | 14928379       | 191174   |       |

## 2.2.7 Estimadores de la varianza de la abundancia

### 2.2.7.1 Abundancia y Varianza de la primera temporada

#### Abundancias de la primera temporada

$$\hat{N}_{1,1} = \hat{R} \quad ; \quad i=1 \quad (89)$$

$$\hat{N}_{i,1} = R \exp\left[-\left[\sum_{j=1}^{i-1} (r_j F_0 + M) + \frac{(r_i F_0 - r_1 F_0)}{2}\right] \Delta t\right] \quad ; \quad i=2,3,\dots,n-1 \quad (90)$$

#### Varianza de las abundancias de la primera temporada

$$V(\hat{N}_{1,1}) = V(\hat{R}) \quad ; \quad i=1 \quad (91)$$

La varianza de  $\hat{R}$ , se obtiene directamente de la matriz de varianzas y covarianzas obtenidas para  $C_{1,1}$  (Anexo 4).

La varianza de las abundancias para las clases de tallas  $i=2,\dots,n-1$ , se obtienen usando el método delta propuesto en este tipo de modelos por Saila et al (1985), como un método apropiado para estudiar la propagación de errores.

Reescribiendo  $\hat{N}_{i,1} = XY$ , donde los términos X e Y se corresponden con R y la expresión exponencial respectivamente. Las derivadas respecto al vector de parámetros  $\Theta=(a,b,c,F_0,M,R)$  se notaran indicando el parámetro como subíndice K, a través de la correspondencia  $k=1,\dots,6$ . Luego la varianza, se puede expresar como,

$$V(\hat{N}_{i,1}) = \sum_{k=1}^5 (XY'_k)^2 \sigma_k^2 + (X'_6 Y)^2 \sigma_6^2 + \sum_{k \neq k'=1}^5 (XY'_k)(XY'_{k'}) cov(k, k') \dots \dots \dots (92)$$

$$+ \sum_{k=1}^5 (XY'_k)(X'_6 Y) cov(k, 6)$$

Las varianzas y covarianzas se obtienen directamente de la matriz obtenida para  $\hat{C}_{i,1}$  (Anexo 4).  
Los términos  $XY'_k$  y  $X'_6 Y$  se desarrollan a continuación

**Términos  $XY'_k$  y  $X'_6 Y$**

$$XY'_1 = (XY)F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-1} \gamma_j + \frac{\gamma_i}{2} - \frac{\gamma_1}{2} \right\} = (XY)fact_1 \quad (93)$$

$$XY'_2 = -(XY)F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-1} \gamma_j (\bar{l}_j - \bar{l}_1)^c + \frac{1}{2} \gamma_i (\bar{l}_i - \bar{l}_1)^c \right\} = (XY)fact_2 \dots \dots \dots (94)$$

$$XY'_3 = -(XY)F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-1} \gamma_j (\bar{l}_j - \bar{l}_1)^c b \ln(\bar{l}_j - \bar{l}_1) + \frac{1}{2} \gamma_i (\bar{l}_i - \bar{l}_1)^c b \ln(\bar{l}_i - \bar{l}_1) \right\} = (XY)fact_3 \quad (95)$$

$$XY'_4 = (XY)\Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-1} r_j + \frac{r_i}{2} - \frac{r_1}{2} \right\} = (XY)fact_4 \quad (96)$$

$$XY'_5 = (XY)\Delta t (i - 1) = (XY)fact_5 \quad (97)$$

$$XY'_6 = (XY)\Delta t \left(\frac{1}{X}\right) = (XY)fact_6 \quad (98)$$

Términos  $(XY'_k)(XY'_{k'})$  y  $(XY'_k)(X'_6Y)$

$$(XY'_k)(XY'_{k'}) = (XY)fact_k fact_{k'} ; k \neq k' = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (99)$$

$$(XY'_k)(X'_6Y) = (XY)fact_k fact_6 ; k = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (100)$$

Reemplazando los términos desarrollados en  $V(\hat{N}_{i,1})$  se obtiene una expresión general para las estructuras de las varianzas de las abundancias de la primera temporada

$$V(\hat{N}_{i,1}) = (XY)^2 \left[ \sum_{k=1}^6 fact_k^2 \sigma_k^2 + \sum_{k \neq k'=1}^6 fact_k fact_{k'} conv(k, k') \right] \quad (101)$$

$$V(\hat{N}_{i,1}) = (\hat{N}_{i,1})^2 \left( \sum_{k=1}^6 fact_k \sigma_k \right)^2 \quad (102)$$

Esta última expresión se puede expresar en función del coeficiente de variación de las abundancias a la talla como,

$$[CV(\hat{N}_{i,1})]^2 = \left( \sum_{k=1}^6 \text{fact}_k \sigma_k \right)^2 \quad (103)$$

Las varianzas y covarianzas  $\sigma_k^2$  y  $cov(k,k')$ , se tienen de la matriz de la forma estimada por  $C_{i,1}$

Estas ecuaciones nos permiten realizar una generalización para obtener estructuras de varianzas en las temporadas posteriores, particularmente cuando para alcanzar una aproximación aceptable podemos relajar algunos supuestos de variabilidad en algunos de los parámetros, por ejemplo sobre la mortalidad natural  $M$ .

### 2.2.7.2 Abundancia y Varianzas de la Segunda Temporada

#### Abundancia de la segunda temporada

$$\hat{N}_{1,2} = \hat{R} \quad ; \quad i=1 \quad (104)$$

$$\hat{N}_{i,2} = (N_{i-1,1} - C_{i-1,1}) \exp(-M(\Delta t - \delta_1)) \quad ; \quad i=2,3,\dots,n-2 \quad (105)$$

$$\hat{N}_{n-1,2} = \sum_{i=n-2}^{n-1} (N_{i,1} - C_{i,1}) \exp(-M(\Delta t - \delta_1)) ; i=n-1$$

### Varianzas de la abundancia de la segunda temporada

$$V(\hat{N}_{1,2}) = V(\hat{R}) ; i=1 \quad (107)$$

$$V(\hat{N}_{i,2}) = V(\hat{N}_{i-1,1}) \{ \exp(-M(\Delta t - \delta_1)) \}^2 ; i=2, \dots, n-2 \quad (108)$$

$$V(\hat{N}_{n-1,2}) = \left[ \sum_{i=n-2}^{n-1} V(\hat{N}_{i,1}) + \text{cov}(\hat{N}_{n-2,1}, \hat{N}_{n-1,1}) \right] \{ \exp(-M(\Delta t - \delta_1)) \}^2 ; i=n-1 \quad (109)$$

Otras alternativas de análisis de estas estructuras, consideran desarrollar una expresión que incorpore un desarrollo analítico del término exponencial que contiene a la mortalidad natural por el factor de desfase entre las temporadas. En este caso, las varianzas de los términos  $\hat{N}_{i,2}$  y  $\hat{N}_{n-1,2}$  se pueden expresar respectivamente por las formas siguientes.

$$V(\hat{N}_{i,2}) = \{ \exp(-M(\Delta t - \delta_1)) \}^2 V(\hat{N}_{i-1,1}) + \{ (\Delta t - \delta_1) \hat{N}_{i-1,1} \}^2 \exp(-2M(\Delta t - \delta_1))$$

$$V(\hat{M}) = V(\hat{N}_{i-1,1}) V(\hat{M}) (\Delta t - \delta_1)^2 \exp(-2M(\Delta t - \delta_1)) ; i=n-1 \quad (111)$$



$$V(\hat{N}_{n-1,2}) = \exp(-M(\Delta t - \delta_1))^2 V\left(\sum_{i=n-2}^{n-2} N_{i,1}\right) + \{(\Delta t - \delta_1) \sum_{i=n-2}^{n-1} (N_{i,1} - C_{i,1})\}^2 \exp(-2M(\Delta t - \delta_1)) \quad (111)$$

$$V(\hat{M}) = V\left(\sum_{i=n-2}^{n-2} \hat{N}_{i,1}\right) V(\hat{M}) (\Delta t - \delta_1)^2 \exp(-2M(\Delta t - \delta_1)) ; i=n-1$$

### 2.2.8 Algoritmo de estimación

En el curso de la investigación, se identificaron dos algoritmos para resolver las ecuaciones de captura en términos de sus parámetros. El primero, desarrollado en detalle en este trabajo, se denomina "solución hacia adelante" para destacar la proyección de las cohortes que lo caracteriza, y el segundo, "solución hacia atrás" por operar de manera opuesta al anterior, reconstituyendo las cohortes desde el año más reciente hacia el pasado, de la misma manera que lo hace el análisis secuencial en edades.

#### 2.2.8.1 Solución hacia adelante

En base al modelo propuesto, un algoritmo fue construido para proyectar las cohortes y las capturas en cada temporada a partir de un stock en equilibrio a comienzos de la primera. Los detalles computacionales del mismo son sencillos y están contenidos en la función CAPEST1.M entregada el apéndice correspondiente como parte del programa de cómputo.

La suma de cuadrados de las diferencias entre las capturas estimadas y las observadas constituyen la función de pérdidas RESID.M. Esta es usada en el algoritmo de minimización FMINS.M, una función incorporada de MATLAB que requiere como argumentos esenciales la función a minimizar y el vector de valores de los parámetros (R, F0, F1, F2, a, b y c) para iniciar la búsqueda.

FMINS.M está basado en el método simplex de búsqueda directa del mínimo de una función real de argumentos múltiples. El procedimiento no requiere el cálculo de derivadas y tiene un comportamiento bastante estable frente a superficies de respuesta mal condicionadas, sin embargo su convergencia a la solución suele ser lenta.

Originalmente, el diseño del algoritmo tenía previsto aplicar un procedimiento de minimización de tipo cuasi-newton. La rapidez de su convergencia y su directa relación con la estimación de la varianza de los parámetros de y las abundancias, a través del cálculo intermedio de la matriz jacobiana, lo hacían preferible, sin embargo, varios problemas surgidos durante su aplicación hizo necesario recurrir a otras alternativas. En efecto, con el modelo original y también con el aproximado, la matriz hessiana ( $X'X$ ) mostró un mal condicionamiento. El indicador de condición de LINPACK (MATHLAB Reference Guide) mostró valores cercanos a cero que hicieron sospechar de una singularidad en la matriz o un problema de escalamiento en las variables.

Desde el punto de vista de los cálculos, el mal condicionamiento de  $X'X$  afecta el procedimiento de inversión de la matriz haciendo muy incierto su resultado para los márgenes de tolerancia que permite la exactitud relativa de la aritmética de punto flotante del computador.

Se intentaron algunas soluciones para resolver este problema. La inspección de la matriz jacobiana  $X$ , que muestra la estructura de sensibilidad del modelo a los parámetros, sugiere eliminar el reclutamiento del modelo y aumentar las variables explicativas. Un cambio a la forma autoregresiva del modelo se realizó para mejorar este último aspecto, pero se mantuvo el reclutamiento dentro del modelo hasta descartar la posibilidad de que la deficiente inversión pudiera deberse a la inexactitud de la matriz  $X$ , calculada mediante una aproximación discreta a la derivada (JACOB1.M),

Para mejorar en esta dirección, se obtuvieron las derivadas analíticas de las versiones exacta y aproximada de las ecuaciones de captura para cada observación (ver apéndices). Para realizar el cálculo de las derivadas de la primera versión se desarrolló el programa JACOBEX.M en proceso aún de depuración.

Aunque el cálculo de derivadas exactas puede mejorar la aplicación del algoritmo de minimización cuasi-newton, es muy probable que la factibilidad de su aplicación no se resuelva mejorando sólo este aspecto. Mayores indagaciones se requieren para una solución definitiva que demandan un esfuerzo importante de trabajo adicional para mejorar la versión preliminar de la subrutina NEWTON.M. Esta se entrega como una opción del menú del programa de cómputo con la advertencia correspondiente.

Los programas JACOBEX .M y NEWTON.M no acompañan los resultados de este estudio, pero están disponibles para las consultas técnicas que se soliciten.

La necesidad de avanzar en los resultados del estudio recomendaron cambiar las prioridades y optar por el método simplex mencionado anteriormente. Este método no obstante las limitaciones indicadas proporciona una solución entorno de la cual es válida la aproximación de la superficie de suma de cuadrados por una expansión serie de Taylor de las ecuaciones de captura. Por lo tanto, la matriz de varianzas y covarianzas de los parámetros se calculan de la manera propuesta  $(X'X)^{-1}$ . Las operaciones correspondientes a estos cálculos están incluidas en la subrutina SIMPLEX.M.

Aunque en la inversión de  $X'X$  son apareció crítico el cálculo aproximado de  $X$  mediante JACOB1.M, el mejoramiento del algoritmo en este aspecto debe contemplar el cálculo exacto de  $X$  a partir de las derivadas analíticas.

En lo que respecta al cálculo de las de las abundancia, no obstante ser un cálculo intermedio para obtener las capturas, se estimó conveniente construir una función específica para ello, NFEST.M, que facilita la programación. Esta función calcula además la matriz de mortalidades por intervalo de tallas y temporada.

Finalmente, en relación al cómputo de las varianzas de las estimaciones de abundancia por intervalos de tallas, resulta de la aplicación directa de las fórmulas que se presentan en la sección sobre el tema. Como el desarrollo de este aspecto fue una de las tareas terminales del proyecto

el programa no incluye por el momento instrucciones para este efecto, pero su incorporación es fácil de realizar.

### 2.2.8.2 Solución hacia atrás

Una solución de estas características se identificó, la cual no fue implementada en un algoritmo, sin embargo por su importancia en desarrollos futuros se describe a continuación.

El algoritmo secuencial e iterativo procede en los siguientes pasos:

- 1) Dado valores iniciales para los parámetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $F_2$  y las capturas de la temporada más reciente  $C$  se obtiene los tamaños a comienzos de la temporada resolviendo

$$N_{i,2} = \frac{C_{i,2}}{(1 - \exp(-r_i F_2 \delta_2))} \quad (112)$$

donde  $C_{i,2}$  se considera un dato conocido.

- 2) Retrocalcular los tamaños a comienzo de la temporada anterior suponiendo conocido  $M$  y usando la ecuación

$$N_{(i-1),1} = N_{i,2} \exp(M(\Delta t - \delta_1)) + C_{(i-1),1} \delta_1 \quad (113)$$

para  $i = 2, 3, \dots, n-2$ .

En el caso particular de los dos últimos intervalo usar

$$(N_{(n-1),1} + N_{n,1}) = N_{n,2} \exp (M(\Delta t - \delta_1)) + (C_{(n-1),1} + C_{n,1}) \quad (114)$$

3) Estimar la mortalidad por pesca por intervalo de tallas de la primera temporada mediante la ecuación

$$F_{i,1} = - \frac{1}{\delta_1} \left[ \ln \left( \frac{N_{i,2}}{N_{(i-1),1}} \right) + M(\Delta t - \delta_1) \right] \quad (115)$$

$$F_{n-1,1} = F_{n,1} = F_{r,1}$$

para  $i = 2, 3, \dots, n-2$ .

La mortalidad de los últimos intervalos considerarla idéntica y estimarla mediante

$$F_{r,1} = \frac{1}{\delta_1} \left[ \ln \left( \frac{N_{n,2}}{N_{(n-1),1} + N_{n,1}} \right) + M(\Delta t - \delta_1) \right] \quad (116)$$

4) Calcular el patrón de explotación relativo

$$\gamma_i = \frac{F_i}{F_{\max}} \quad (117)$$

y ajustarle el modelo logístico propuesto para estimar nuevos valores de a, b y c.

- 5) Volver al paso 1) y repetir el ciclo 1) - 5) hasta que el patrón de explotación se estabilice.
- 6) Asignar la mortalidad de las tallas completamente reclutadas de la primera temporada como valor de la segunda temporada y repetir el ciclo 1) - 5) hasta estabilizar el patrón de explotación.
- 7) Repetir el paso 6) y el ciclo hasta que se estabilice la mortalidad de las tallas completamente reclutadas y el patrón de explotación.

El algoritmo indicado se puede implementar fácilmente con la ayuda de una planilla electrónica.

### 2.2.8.3 Programa

Las características principales del programa ya fueron descritas en la sección 8. y no se insistirá en ellas. Queda mencionar que el programa incluido en el Anexo 5 está estructurado en base a un programa principal ACT.M que llama a tres subrutinas: entrada de datos ACTINPUT.M, SIMPLEX.M que realiza las estimaciones y NEWTON.M por el momento no disponible. La subrutina de ingreso de datos llama a su vez un menú con tres opciones: ingreso de datos desde la consola (ACTCON.M) ingreso de datos desde archivos ASCII (ACTASC.M) e ingreso desde archivos con formato especial de MATLAB que tienen extensión ".mat".

La subrutina SIMPLEX.M se apoya en varias funciones, una modalidad de MATLAB, para realizar en un ambiente de variables separado los cálculos que se repiten. Estas funciones se llaman desde las subrutinas simplemente declarándolas en los lugares que se las necesita.

El ingreso de datos desde un archivo ASCII supone que la información de longitudes y capturas viene en dos columnas separadas por un espacio y que los parámetros con valores conocidos (Linf, K, deltat, delta1 y delta2) están escritos a continuación como se indica:

Linf = valor  
K = valor  
deltat = valor  
delta1 = valor  
delta2 = valor.

Para el uso del programa se recomienda la versión MATHLAB 4.0 que tiene importantes modificaciones respecto de las anteriores que pueden hacerlo incompatible.

El programa despliega en pantalla en cada iteración un gráfico del proceso de ajuste de los datos que enlentece la entrega de resultados. Con los parámetros por defecto de la función de minimización demora aproximadamente 50 minutos en entregar los resultados para una ejecución. Este tiempo se puede disminuir si se inhabilitan las instrucciones de graficación en la función RESID.M. Para no eliminarlas se recomienda anteponer el símbolo "%" a la instrucción que se quiere dejar sin efecto.

Para facilitar la captura de los resultados y la edición posterior de los mismos se recomienda antes de ejecutar el programa instruir a MATLAB el comando diary. Mediante esta instrucción se graba en un archivo ASCII toda la sesión de trabajo incluyendo los resultados entregados por pantalla. Para mayores detalles consultar MATHLAB User Guide o al consultor.

## V. DISCUSION Y CONCLUSIONES

### 1. Monitoreo

La coordinación operativa regional y nacional con el conjunto de las instituciones que participaron del monitoreo, resultó plenamente lograda, lo que permitió asegurar sin contratiempo las actividades de terreno previamente identificadas y programadas. Por otra parte, los antecedentes del monitoreo de la pesquería de loco de la temporada de verano de 1993 permitieron mejorar el plan muestral. De hecho, la cobertura alcanzada en este monitoreo y el esfuerzo de muestreo aplicado permitió mejorar significativamente la calidad de los datos. La muestra total de ejemplares medidos fue de 418.871 unidades, incrementándose en un 86% respecto al monitoreo de verano de 1993.

A diferencia del monitoreo de verano, enero de 1993, el monitoreo de invierno de 1993 estuvo fuertemente dificultado por el factor climático que no permitió una operación extractiva continua y programada, la que se vio además afectada por una lenta transacción entre compradores y organizaciones de pescadores. Esta última situación llevó a que se incrementaran los apozamientos, en espera de mejores precios, los que finalmente alcanzaron un valor precio promedio nacional de \$ 1.068 la unidad.

En consecuencia, la actividad extractiva se prolongó más allá del tiempo previsto lo que incidió en mayores costos del monitoreo de la pesquería, los cuales no estaban contemplados en el dimensionamiento del proyecto.

La duración efectiva del monitoreo de invierno de 1993 se extendió a un total de 16 días, período en el cual se desembarcaron 12.818.729 de unidades en 77 puntos de muestreo controlados por IFOP, lo que corresponde al 81% de la cifra nacional estimada por SERNAP, la que ascendió a 15.765.335 unidades.



Las regiones I y IX no registraron desembarques, debido a que la I Región no se incluyó en la apertura de la veda y la IX no desembarcó el recurso. El 90,6% de los desembarques del país se concentraron en sólo cuatro regiones; IV, VIII, X y XI, destacando la X Región donde se desembarcó el mayor volumen equivalente al 57,8% del total nacional.

## **2. Modelo de evaluación en talla para una temporada**

Al considerar la aplicación del modelo de evaluación de stock (ACTI) para analizar las composiciones de tallas de la temporada de invierno, debe examinarse la validez de ésta frente a datos que aparentemente vulneren algunos de los supuestos del mismo, en cuanto al comportamiento constante que debería tener el reclutamiento, los patrones de crecimiento y la mortalidad natural y por pesca.

Asumiendo un criterio estricto, en la realidad ninguna población se encuentra en el estado de equilibrio que exigen los supuestos del modelo de allí que sea necesario emitir un juicio de valor, de acuerdo a la evidencia disponible, sobre el grado de alejamiento de las condiciones ideales que se considera aceptable para juzgar correcta la aplicación.

En el corto período de tiempo que ha transcurrido en las dos temporadas de pesca, ninguna evidencia se puede citar que sugiera un cambio importante y persistente en los procesos antes señalados, exceptuando la tasa de mortalidad por pesca, que en el efecto ha variado producto de aumento de la explotación después de la apertura de la veda.

Por otra parte, aunque algún cambio pudiese haber ocurrido en los otros procesos que no se hubiesen registrado, difícilmente se podrá sustentar estadísticamente su ocurrencia a partir de una sola observación. Normalmente para juzgar la variabilidad de estos procesos es necesario contar con series de observaciones que pongan de manifiesto tendencias sistemáticas en el tiempo.

En tales condiciones, lo único que parece razonable y objetivo realizar es comprobar si, independientemente de la existencia o no de cambios en los procesos antes indicados, las composiciones de tallas de una temporada a otra han variado de una manera significativa que se pueda interpretar como el efecto de esos factores y no de la variabilidad inherente al muestreo o a la heterogeneidad espacial de la población.

El examen de las composiciones de tallas de ambas temporadas dentro de las mismas regiones, muestra que no hay diferencias importantes en la forma de la curva exceptuando las colas de las distribuciones en las que se observan desplazamiento del rango y la presencia de modas anómalas hacia las tallas mayores.

El ACTI, como ya se discutiera en el informe de junio de 1993, es sensible a variaciones en las colas de la distribución de tallas, debido a la modificación de la rama descendente de la curva de captura a la talla. Los cambios indicados puede afectar la estimación del  $L_{inf}$  y de la mortalidad natural, dificultar la convergencia a la solución o entregar más de una solución factible. Sin embargo, si se restringen el rango de estos parámetros mediante la función de penalización o se usa la suma de cuadrados normal (no la suma de logaritmos) es posible controlar la aplicación del modelo y minimizar los sesgos. Asimismo, la subestimación que suele observarse en los últimos intervalos, en el peror de los casos importa un leve incremento en  $L_{inf}$  y no incide en forma importante sobre el stock total, por cuanto su peso relativo es despreciable.

Resumiendo el análisis previo sostiene que si bien la aplicación de ACTI a los datos de la temporada de invierno no es óptima, tomadas ciertas precauciones, puede entregar resultados satisfactorios.

## 2.1 Resultados de la evaluación de los stock

De los resultados obtenidos en la presente evaluación, se observa que en general se mantiene el patrón de distribución de la abundancia entre regiones en forma similar a la estimada en la temporada de verano: la X Región sigue siendo la que dispone del mayor stock de recurso, con 12 millones de individuos explotables sobre la TML y un total de 26,6 millones dentro de todo el rango que abarca el patrón de explotación observado actualmente. Ello representa el 46,4% del stock total nacional estimado. A continuación se ubican las regiones XI, VIII y IV. En estas regiones se encuentra el 90% de la abundancia total estimada para este recurso, a nivel nacional, siendo marginal el aporte de las restantes zonas.

En el sentido opuesto, los menores niveles de abundancia, en orden creciente de abundancia se estimaron para las regiones VI, VII, II y XII, con 74, 104, 498 y 833 mil individuos comercialmente explotables, respectivamente. No obstante, las causas de la baja abundancia que se estima para estas regiones son diferentes entre ellas.

Las primeras dos regiones citadas tienen escasas áreas con habitat adecuado para la productividad de esta especie y por sus características costeras, estas áreas están claramente localizadas por la flota, lo cual se evidencia en que en esas se registraron los menores incrementos en cuanto a nuevos lugares de procedencias.

El caso de la II Región es totalmente diferente, por cuanto se dispone de extensas y continuas áreas aptas para la habitabilidad de este recurso, sin embargo, análogamente a la I Región (para la cual no se suspendió la veda extractiva en esta última temporada), los altos niveles de explotación ilegal ejercidos durante la vigencia de la veda extractiva del recurso han reducido fuertemente la abundancia de la fracción explotable. Aunque se presume que existe abundancia de ejemplares de menor talla en esa región, ello no alcanza a quedar reflejado dentro de esta evaluación.

Otra realidad diferente la constituye la XII Región, donde en su extensa zona costera se presume que se localizan numerosos lugares de pesca. Esto lo mencionan los mismos usuarios del

recurso y parece confirmarse por el hecho evidenciado en esta temporada extractiva, en la cual las nuevas áreas de procedencia de las capturas aumentaron un 125%, logrando situarse esa región en el primer lugar a nivel nacional respecto de su incremento porcentual (Tabla 54), aunque muy lejos en cuanto a número.

La baja cobertura de las áreas de pesca realizada por parte de la flota en la XII Región se debe, en parte, a las grandes distancias que existen en esa región y por otra, a las difíciles condiciones ambientales y meteorológicas que imperan en esa zona. Además, debe tenerse en consideración la restricción de pesca en varias áreas impuesta por la autoridad de salud, a causa del fenómeno de marea roja que se presenta en esa zona.

De modo contrario a lo anterior y debido fundamentalmente al incremento en el número de buzos inscritos en el Registro Artesanal, condición esencial para realizar las actividades extractivas en esta pesquería, se observó a nivel nacional, que en todas las regiones se registró la incorporación de nuevas áreas de procedencia de las capturas.

En la mayoría de éstas se observa un incremento neto del total de áreas de procedencia, exceptuándose de lo anterior, solo las regiones VI, VIII y II en orden decreciente de variación porcentual (Tabla 54, anexo 2).

Sin embargo, debe tenerse en consideración que la mayoría de las denominadas "nuevas procedencias" en estas regiones constituyen áreas de pesca conocidas desde mucho antes por los pescadores, aunque debido a que no fueron visitadas por los buzos en la primera temporada de pesca, aparecen como recientemente incorporadas.

En cuanto al nivel de explotación de los stock, en la Tabla 59 se puede observar que éste ha experimentado un incremento del 10,2% respecto de lo estimado para la primera temporada extractiva, lo cual es consistente con la mayor explotación producto de la suma de ambos períodos extractivos.

En la II Región se estimó la mas alta intensidad de pesca nacional, que se estima afecta al stock de esta región desde varios años en forma más o menos sostenida:  $F_{cr} = 1.04$ . Además, lo anterior se correlaciona también con la gran proporción de la captura bajo la TML que se desembarcó durante la temporada extractiva de invierno, que también resulto ser la mayor de las regiones donde se registro actividad de pesca.

A su vez, la X Región presenta la segunda mayor tasa de mortalidad por pesca del país ( $F_{cr}=0.993$ ), aunque su situación es diametralmente opuesta a la anterior en cuanto a la abundancia del stock. Sin embargo, este indicador revela la fuerte presión de pesca a que fue sometido el stock, considerando el corto tiempo transcurrido entre la temporada de verano e invierno.

En forma opuesta a lo anterior, la XI Región registró la menor tasa de explotación nacional (igual que en la temporada pasada), aunque con un incremento notable respecto del verano, dado principalmente por el aumento considerable en el número de pescadores que operaron en esa zona, tanto los que provinieron de la misma región, como de la X. Sin embargo, los niveles de stock que se estiman, aparentemente aún no reflejan toda la abundancia que se presume que existiría en esa zona.

En este sentido, la información que se dispone del recurso de la XI Región muestra que la zona de extracción se localizada en la parte norte de la costa regional (desde las Guaitecas hasta Bahía Ana Pink) existiendo una amplia zona con bajos niveles de explotación al sur del paralelo  $46^{\circ}$  L.S., entre este paralelo y Bh Dineley, ubicada en el paralelo  $48^{\circ} 50' 30''$  L.S.

De lo anterior se postula que las regiones XI y XII serían las únicas regiones a nivel nacional que aún dispondrían de un stock potencial, con bajos niveles de explotación, no obstante que las áreas que están actualmente incorporadas a la pesquería muestran una tasa de explotación que se sitúa por sobre los niveles de mortalidad natural.

$$\exp(-M(\Delta t - \delta_1)) \quad ; \quad i=2, \dots, n-2$$

$$C_{n-1,2} = [R(\exp(-v_{n-2}\Delta t) + \exp(-v_{n-1}\Delta t)) - (C_{n-2,1} + C_{n-1,1})] \dots$$

$$(1 - \exp(-r_1 F_2 \delta_2)) \exp(-M(\Delta t - \delta_1)) \quad ; \quad i=n-1$$

2 Derivadas para el calculo del jacobiano de las capturas ajustadas para la primera temporada de pesca

1.- Las ecuaciones generales de capturas para la primera temporada se expresaran de forma sintética en términos de  $A_k$ ;  $k=1,2,3$ .

$$C_{i,1} = \begin{cases} A_1, A_2 & ; \quad i=1 \\ A_1, A_2, A_3 & ; \quad i=2, \dots, n-1 \end{cases}$$

donde

$$\begin{aligned} A_1 &= R \\ A_2 &= 1 - \exp(-r_1 F_1 \delta_1) \\ A_3 &= \exp(-v_i \Delta t) \end{aligned}$$

2.- Derivadas de las identidades  $C_{i,1}(\Theta)$  ( $i=1, \dots, n-1$ ) necesarias para obtener la matriz de la forma, a partir de las derivadas parciales de los elementos  $A_k$ ,  $k=1, 2, 3$ , respecto al vector de parámetros  $\Theta = a, b, c, F_0, F_1, F_2, R, M$ , respectivamente.

$A'_1(\Theta)$  representa la derivada parcial de  $A_1$ , respecto a  $\Theta$ .

Otro indicador de interés lo constituye el reclutamiento, medido como el número de individuos del primer intervalo de tallas de stock explotable, que aquí se analiza independientemente de la talla específica a la cual se produzca este en cada región.

Al analizar su comportamiento a nivel nacional (Tabla 59, anexo 2), se observa una situación menos clara que las anteriores, por cuanto en solo 5 de las 10 regiones analizadas se estima que este habrá aumentado X, VIII, III, V y XII. No obstante, en términos porcentuales, los mayores incrementos se observaron en las regiones XII, III, V, VIII y X.

Por el contrario, el reclutamiento cayó fuertemente en la IV Región y la siguen en magnitud menor, las regiones XI, II, VII y VI respectivamente. Sin embargo, a nivel nacional se observa en promedio, un resultado positivo, con un incremento global del 12,3% (2,7 millones), fundamentalmente dados por el gran aporte de la X Región (2,7 millones).

En general, se observó un incremento en la talla máxima obtenida en la captura (Tabla 59) que en promedio mostró una variación del 4,7% (desde 147 mm a 154 mm), lo cual generó un incremento de un 6.2% en la  $L_{\infty}$  estimada (desde 159.3 mm a 169,1 mm respectivamente).

### **3. Modelo de evaluación en tallas para las dos temporadas**

Superadas las dificultades teóricas y prácticas que surgieron durante el diseño e implementación computacional del modelo, se puede afirmar que se dispone en la actualidad de un modelo suficientemente ajustado a la realidad biológico pesquera del loco y los datos existentes, que permite estimar la abundancia, en número, y mortalidad por pesca por intervalos de tallas y total para cada una de las temporadas y sus respectivos niveles de precisión. Si se desean estimaciones de abundancia en peso, se pueden obtener fácilmente combinando las estimaciones de abundancia a la talla con el peso correspondiente a partir de la relación longitud-peso.

Los estimadores de varianza que permiten medir la precisión de la estimaciones de abundancia y establecer sus límites de confianza y el procedimiento de programación no lineal utilizado para identificación de los parámetros lo ubican en la categoría de los métodos de evaluación con fundamento estadístico, una característica que poseen los modernos métodos de evaluación de stock.

La estimación de cohortes o generaciones verdaderas a través del tiempo le confiere al modelo un carácter dinámico que lo hace superior a los modelos tradicionales en tallas que se basan en condiciones de equilibrio y por lo tanto estáticas o casi estáticas.

El modelo construido no sólo utiliza toda la información existente sino además reconstituye la serie disponible, pudiendo generalizarse su aplicación a una serie de tiempo de cualquier longitud, siempre que los intervalos entre observaciones sean equidistantes entre si. Aunque no se descarta su generalización a temporadas desiguales, este es un tema sobre el cual no se puede dar una respuesta definitiva por el momento sin investigarlo.

Si se dispone de series de tiempo largas tiene sentido relajar el supuesto de reclutamiento constante. Con pequeñas modificaciones el modelo puede estimar la fuerza de las cohortes. Esta posibilidad se puede potenciar si se obtienen índices proporcionales al reclutamiento que pueden servir como variable auxiliares en la identificación de los parámetros. La estructura básica del modelo resultante sirve como mecanismo de proyección de stock y capturas para hacer análisis de escenarios de comportamientos del recurso frente a la pesca o variaciones del reclutamiento. En el mismo sentido, es un instrumento útil para el cálculo de capturas totales permisibles dado un patrón de selectividad y el nivel mortalidad por pesca considerado recomendable de acuerdo a algún criterio de conservación. La conclusión anterior es válida en general para otros recursos de los cuales se dispone sólo datos de tallas.

Dos algoritmos básicos de estimación de los parámetros se elaboraron denominados "solución hacia adelante" y "solución hacia atrás". La primera de ellas se implementó computacionalmente. La segunda, se describe con el detalle suficiente para que cualquiera que esté familiarizado con el manejo de una planilla electrónica la implemente. Por la similitud de esta última solución con



el análisis secuencial de cohortes existen interesantes perspectivas de mejorar el proceso de estimación por este camino. Un programa fue desarrollado que permite hacer todos los cálculos requeridos, excepto las varianzas de las abundancias, las cuales pueden incorporarse sin dificultad. El programa muestra un comportamiento estable y convergente hacia la solución, pero su convergencia es lenta. Problemas se detectaron en la implementación del algoritmo de búsqueda cuasi-newton que pusieron en evidencia un mal condicionamiento de la matriz de diseño del modelo que requerirá más atención en el futuro. Otros problemas relacionados con la exactitud de los cálculos de las varianzas y que tienen que ver con el cálculo exacto de la matriz de diseño, o jacobiana, serán solucionados una vez que se implementen computacionalmente las derivadas parciales obtenidas analíticamente.

El nuevo modelo a diferencia del usado en evaluaciones anteriores no utiliza intervalos de tallas constantes. Esto significa que las composiciones de tallas deben reestructurarse según el período de tiempo que media entre cada temporada de pesca y los parámetros de crecimiento (L y K) que el modelo supone conocidos.

La reestructuración de las composiciones de tallas es un resultado del estudio que demanda un tiempo adicional que no se tenía previsto. Esto no permitió aplicar el modelo de evaluación a los datos de las dos temporadas dentro de los plazos del proyecto, que resultaron muy ajustados para el desarrollo de todas las actividades. Se estima que esta tarea podría cumplirse dentro de un plazo de 22 días a contar de la entrega de este informe.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Anderson, T. W. 1958. An Introduction to Multivariate Statistical Analysis New York, John Wiley & Sons.
- Cochran W. G. 1977. Técnicas de muestreo John Wiley & Sons, Inc. 513 p.
- Gallant, R.A. 1987. Nonlinear statistical models. John Wiley & Sons.
- IFOP. 1993. Investigación Monitoreo Pesquería Recurso Loco Zona Centro Norte 93; Regiones I a VIII. Informe IFOP-SUBPESCA. 33 p.
- IFOP. 1993. Investigación Monitoreo Pesquería Recurso Loco Zona Sur Austral 93; Regiones IX -XI. Informe IFOP-SUBPESCA. 21 p.
- IFOP. 1993. Investigación Monitoreo Pesquería Recurso Loco Zona Sur Austral 93; Regiones XI. Informe IFOP-SUBPESCA. 14 p.
- Metz, J. A. J., A. M. De Roos and F. Van Den Bosh. 1988. Population models incorporating physiological structure: a quick survey of the basic concepts and an application to size-structured population dynamics in waterfleas. In Bo Ebenman, Lennart Persson (Eds). Size-structured populations Springer Verlag.
- Morrison, D. F. 1976. Multivariate Statistical Methods New York; Mc Graw-Hill.

- Ricker, W. E. 1975. Computations and interpretation of biological statistics of fish populations Fisheries Research Board of Canada. Bulletin N° 191.
- Roughgarden, J. 1987. Theory of population genetics and evolutionary ecology: an introduction. Macmillan, New York.
- Saila, S. E. Lorda and H. Walker, 1985. The Analysis of Parameter Error Propagation in Simple Fishery Models. Marine Resource Economics VOL 1(3): 235-246.
- SC-CAMLR. 1991. Report of the Working Group on Fish Stock Assessment. In Report of the Tenth Meeting of the Scientific Committee (SC-CAMLR-X) Annex 6. CCAMLR, Hobart, Australia: 205-345.
- Sickle, van J. 1977. Mortality rates from size distributions: the application of a conservation law Oecologia, Berl., 27:311-8
- Sinko, J. W. and W. Streifer. 1967. A new model for age-size structure of a population. Ecology 48:910-918.
- Shnute, J. 1987. A general fishery model for a size-structured fish population. Can J. Fish. Aquat. Sci. 44:924-940.
- Walters, C. J. 1986. Adaptive management of renewable resources. Macmillan, New York.
- Walter, K. 1985. Introduction to Variance Estimation Springer-Verlag. New York. 427 p.
- Zuleta y C. Moreno. 1993. Investigación modelo de manejo pesquería recurso loco (Fase II). Informe final proyecto BIP 20 052 259. Subsecretaría de Pesca.

ANEXO 1

FORMULARIOS PARA LA COLECTA DE DATOS



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO  
MONITOREO LOCO 1993

**REGISTRO DIARIO DE CAPTURA**

REGION : \_\_\_\_\_

CALETA : \_\_\_\_\_

FECHA : \_\_\_\_\_

| TIPO EMBARCACION | MATRICULA | CAPTURA     |         | ARRIBO |     |     | BUCEO       |             |          | PRECIO UNITARIO |
|------------------|-----------|-------------|---------|--------|-----|-----|-------------|-------------|----------|-----------------|
|                  |           | PROCEDENCIA | VOLUMEN | MES    | DIA | AÑO | PROF. PROM. | HORAS PROM. | Nº BUZOS |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |
|                  |           |             |         |        |     |     |             |             |          |                 |

Observaciones : \_\_\_\_\_

FORM CYE/CMV 01/1993

NOTAS : TIPO DE EMBARCACION : BOTE = B

LANCHA : L

PROCEDENCIA : LUGAR DE EXTRACCION



### MUESTREO DE LONGITUD

REGION \_\_\_\_\_ MATRICULA \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_  
PROCEDECENCIA \_\_\_\_\_  
CALETA \_\_\_\_\_ TIPO DE EMBARCACION : \_\_\_\_\_ CAPTURA \_\_\_\_\_

| TALLA (mm) | TOTAL | EJEMPLARES |
|------------|-------|------------|
| 60         |       |            |
| 61         |       |            |
| 62         |       |            |
| 63         |       |            |
| 64         |       |            |
| 65         |       |            |
| 66         |       |            |
| 67         |       |            |
| 68         |       |            |
| 69         |       |            |
| 70         |       |            |
| 71         |       |            |
| 72         |       |            |
| 73         |       |            |
| 74         |       |            |
| 75         |       |            |
| 76         |       |            |
| 77         |       |            |
| 78         |       |            |
| 79         |       |            |
| 80         |       |            |
| 81         |       |            |
| 82         |       |            |
| 83         |       |            |
| 84         |       |            |
| 85         |       |            |
| 86         |       |            |
| 87         |       |            |
| 88         |       |            |
| 89         |       |            |

| TALLA (mm) | TOTAL | EJEMPLARES |
|------------|-------|------------|
| 90         |       |            |
| 91         |       |            |
| 92         |       |            |
| 93         |       |            |
| 94         |       |            |
| 95         |       |            |
| 96         |       |            |
| 97         |       |            |
| 98         |       |            |
| 99         |       |            |
| 100        |       |            |
| 101        |       |            |
| 102        |       |            |
| 103        |       |            |
| 104        |       |            |
| 105        |       |            |
| 106        |       |            |
| 107        |       |            |
| 108        |       |            |
| 109        |       |            |
| 110        |       |            |
| 111        |       |            |
| 112        |       |            |
| 113        |       |            |
| 114        |       |            |
| 115        |       |            |
| 116        |       |            |
| 117        |       |            |
| 118        |       |            |
| 119        |       |            |

| TALLA (mm) | TOTAL | EJEMPLARES |
|------------|-------|------------|
| 120        |       |            |
| 121        |       |            |
| 122        |       |            |
| 123        |       |            |
| 124        |       |            |
| 125        |       |            |
| 126        |       |            |
| 127        |       |            |
| 128        |       |            |
| 129        |       |            |
| 130        |       |            |
| 131        |       |            |
| 132        |       |            |
| 133        |       |            |
| 134        |       |            |
| 135        |       |            |
| 136        |       |            |
| 137        |       |            |
| 138        |       |            |
| 139        |       |            |
| 140        |       |            |
| 141        |       |            |
| 142        |       |            |
| 143        |       |            |
| 144        |       |            |
| 145        |       |            |
| 146        |       |            |
| 147        |       |            |
| 148        |       |            |
| 149        |       |            |

FORM. CVE / CMV 01/1993

Observaciones : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



ANEXO 2

TABLAS Y FIGURAS DE LA EVALUACION DE STOCK



TABLA 44

| II REGION   |           |       |        |        |        |        |          |
|-------------|-----------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|
| PARAM.      | ESTIMADOS |       |        |        |        |        |          |
| R           | 278758    |       |        |        |        |        |          |
| Fcr         | 1.04      |       |        |        |        |        |          |
| M           | 0.188     |       |        |        |        |        |          |
| a           | 8.613     |       |        |        |        |        |          |
| b           | 0.293     |       |        |        |        |        |          |
| c           | 1.169     |       |        |        |        |        |          |
| Linf        | 177.9     |       |        |        |        |        |          |
| K           | 0.152     |       |        |        |        |        |          |
| Residual    | 18348360  |       |        |        |        |        |          |
|             | Li        | Ci    | Ni     | Fi     | 0.0000 | NMi    | Bi (Ton) |
|             | 80        | 7     | 278758 | 0.0003 | 0.1882 | 56017  | 6.3      |
|             | 83        | 15    | 268218 | 0.0010 | 0.1889 | 55591  | 7.0      |
|             | 86        | 7     | 257718 | 0.0041 | 0.1920 | 55131  | 7.7      |
|             | 89        | 898   | 247133 | 0.0181 | 0.2060 | 54555  | 8.5      |
|             | 92        | 4636  | 235896 | 0.0813 | 0.2692 | 53487  | 9.1      |
|             | 95        | 15941 | 221501 | 0.3130 | 0.5009 | 50594  | 9.5      |
|             | 98        | 31297 | 196160 | 0.7250 | 0.9129 | 44135  | 9.1      |
|             | 101       | 35792 | 155874 | 0.9651 | 1.1530 | 35231  | 7.9      |
|             | 104       | 26735 | 115255 | 1.0265 | 1.2144 | 26756  | 6.6      |
|             | 107       | 18197 | 82764  | 1.0379 | 1.2258 | 19878  | 5.3      |
|             | 110       | 16357 | 58399  | 1.0399 | 1.2277 | 14547  | 4.2      |
|             | 113       | 9740  | 40539  | 1.0402 | 1.2281 | 10490  | 3.3      |
|             | 116       | 9866  | 27657  | 1.0402 | 1.2281 | 7445   | 2.5      |
|             | 119       | 5697  | 18514  | 1.0402 | 1.2281 | 5193   | 1.9      |
|             | 122       | 3961  | 12136  | 1.0402 | 1.2281 | 3553   | 1.4      |
|             | 125       | 2255  | 7772   | 1.0402 | 1.2281 | 2380   | 1.0      |
|             | 128       | 1958  | 4850   | 1.0402 | 1.2281 | 1556   | 0.7      |
|             | 131       | 1254  | 2939   | 1.0402 | 1.2281 | 990    | 0.5      |
|             | 134       | 230   | 1724   | 1.0402 | 1.2281 | 611    | 0.3      |
|             | 137       | 96    | 973    | 1.0402 | 1.2281 | 364    | 0.2      |
|             | 140       | 67    | 526    | 1.0402 | 1.2281 | 208    | 0.1      |
|             | 143       | 0     | 270    | 1.0402 | 1.2281 | 114    | 0.1      |
|             | 146       | 4     | 131    | 1.0402 | 1.2281 | 59     | 0.0      |
| Total       | 185010    |       |        |        |        | 498885 | 93.3     |
| Total > 100 | 132209    |       |        |        |        | 129375 | 36.1     |

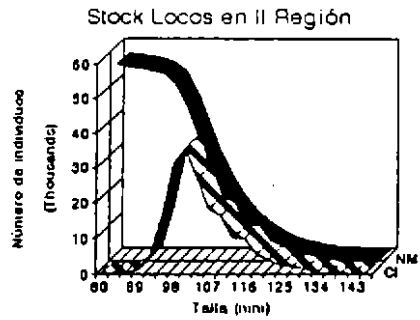


TABLA 45

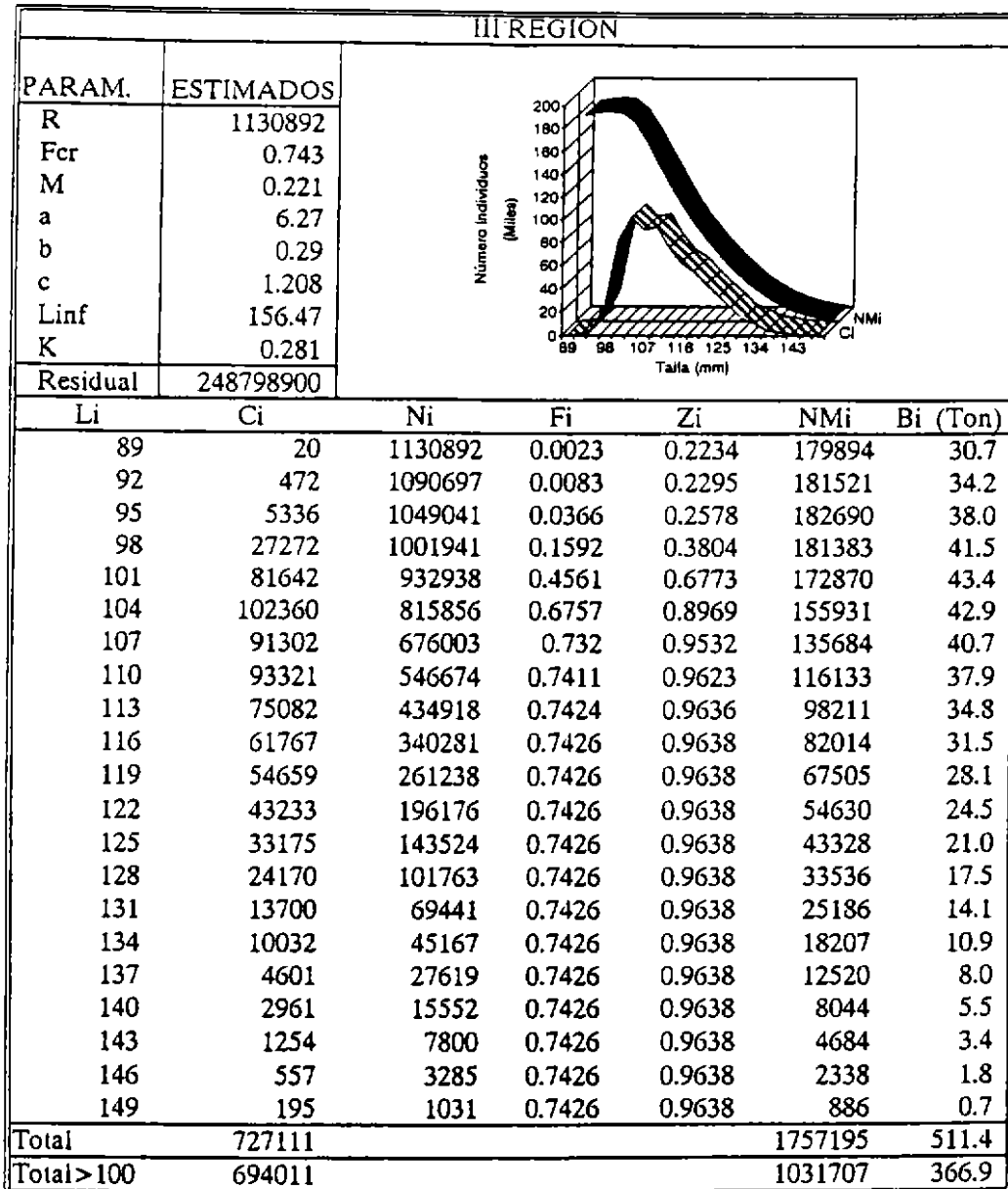


TABLA 46

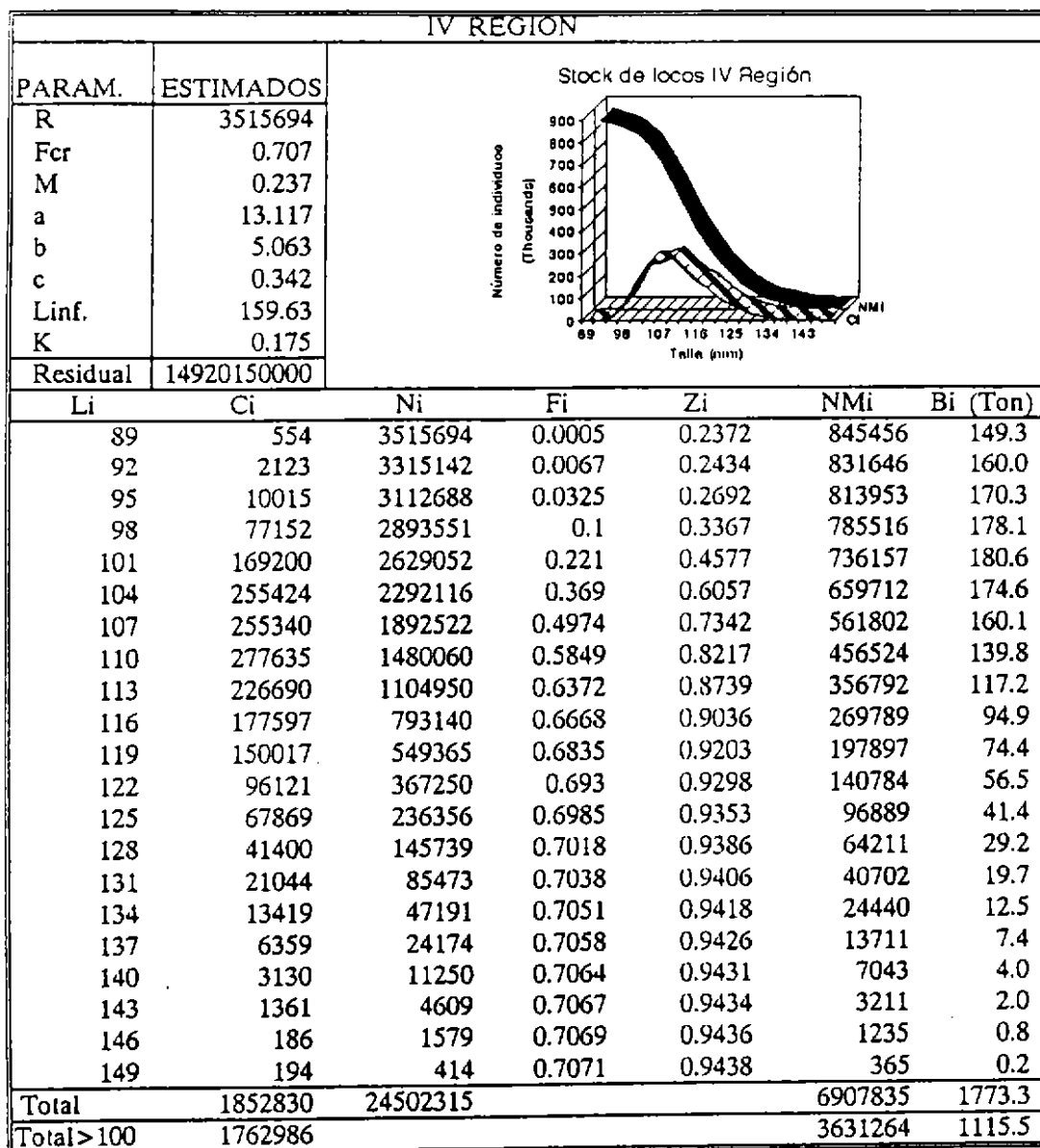
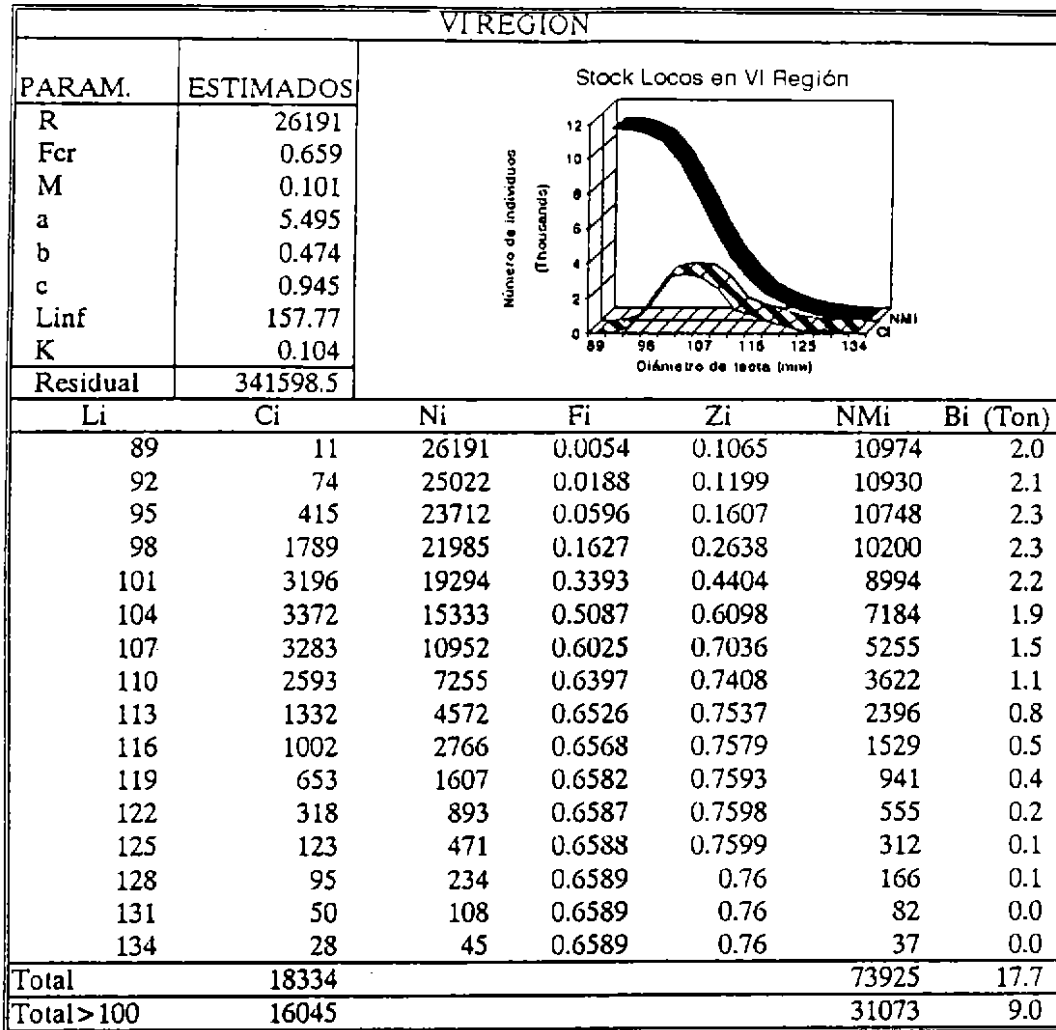


TABLA 47

| V REGION    |           |         |                         |        |         |       |
|-------------|-----------|---------|-------------------------|--------|---------|-------|
| PARAM.      | ESTIMADOS |         | Stock Locos en V Región |        |         |       |
| R           | 1138744   |         |                         |        |         |       |
| Fcr         | 0.68      |         |                         |        |         |       |
| M           | 0.212     |         |                         |        |         |       |
| a           | 7.268     |         |                         |        |         |       |
| b           | 0.527     |         |                         |        |         |       |
| c           | 1.016     |         |                         |        |         |       |
| Linf        | 157.16    |         |                         |        |         |       |
| K           | 0.162     |         |                         |        |         |       |
| Residual    | 31758260  |         |                         |        |         |       |
| Li          | Ci        | Ni      |                         |        |         |       |
| 89          | 53        | 1138744 | 0.001                   | 0.213  | 307204  | 61.8  |
| 92          | 375       | 1073302 | 0.0053                  | 0.2173 | 302596  | 66.2  |
| 95          | 3377      | 1007549 | 0.0268                  | 0.2388 | 296688  | 70.4  |
| 98          | 33752     | 936700  | 0.1208                  | 0.3328 | 285367  | 73.2  |
| 101         | 95992     | 841737  | 0.363                   | 0.575  | 259167  | 71.8  |
| 104         | 125747    | 692719  | 0.5845                  | 0.7964 | 216062  | 64.4  |
| 107         | 102580    | 520642  | 0.6601                  | 0.872  | 168655  | 54.0  |
| 110         | 99089     | 373566  | 0.6764                  | 0.8884 | 127251  | 43.7  |
| 113         | 63447     | 260515  | 0.6796                  | 0.8915 | 93804   | 34.5  |
| 116         | 48299     | 176885  | 0.6802                  | 0.8921 | 67574   | 26.5  |
| 119         | 31319     | 116600  | 0.6803                  | 0.8922 | 47435   | 19.9  |
| 122         | 19858     | 74277   | 0.6803                  | 0.8923 | 32309   | 14.4  |
| 125         | 11856     | 45449   | 0.6803                  | 0.8923 | 21234   | 10.1  |
| 128         | 5282      | 26503   | 0.6803                  | 0.8923 | 13368   | 6.7   |
| 131         | 2765      | 14575   | 0.6803                  | 0.8923 | 7983    | 4.3   |
| 134         | 1064      | 7451    | 0.6803                  | 0.8923 | 4462    | 2.5   |
| 137         | 445       | 3470    | 0.6803                  | 0.8923 | 2288    | 1.4   |
| 140         | 195       | 1429    | 0.6803                  | 0.8923 | 1046    | 0.7   |
| 143         | 64        | 496     | 0.6803                  | 0.8923 | 406     | 0.3   |
| 146         | 27        | 134     | 0.6803                  | 0.8923 | 123     | 0.1   |
| Total       | 645586    |         |                         |        | 2255022 | 626.8 |
| Total > 100 | 608029    |         |                         |        | 1063167 | 355.3 |

**TABLA 48**



**TABLA 49**

| VII REGION |           |  |  |  |  |  |
|------------|-----------|--|--|--|--|--|
| PARAM.     | ESTIMADOS |  |  |  |  |  |
| R          | 50094     |  |  |  |  |  |
| Fcr        | 0.712     |  |  |  |  |  |
| M          | 0.101     |  |  |  |  |  |
| a          | 2.854     |  |  |  |  |  |
| b          | 0.459     |  |  |  |  |  |
| c          | 0.826     |  |  |  |  |  |
| Linf       | 168.1     |  |  |  |  |  |
| K          | 0.119     |  |  |  |  |  |
| Residual   | 284494    |  |  |  |  |  |

| Li                    | Ci           | Ni    | Fi     | Zi     | NMi           | Bi (Ton)    |
|-----------------------|--------------|-------|--------|--------|---------------|-------------|
| 95                    | 924          | 50094 | 0.0703 | 0.1717 | 17161         | 3.9         |
| 98                    | 2656         | 47148 | 0.157  | 0.2584 | 16573         | 4.1         |
| 101                   | 4557         | 42865 | 0.281  | 0.3825 | 15359         | 4.1         |
| 104                   | 5713         | 36990 | 0.4177 | 0.5191 | 13476         | 3.8         |
| 107                   | 5874         | 29994 | 0.5328 | 0.6343 | 11155         | 3.4         |
| 110                   | 5361         | 22919 | 0.6112 | 0.7126 | 8768          | 2.9         |
| 113                   | 4456         | 16671 | 0.6576 | 0.7591 | 6610          | 2.3         |
| 116                   | 3413         | 11654 | 0.6833 | 0.7847 | 4817          | 1.8         |
| 119                   | 2464         | 7874  | 0.6969 | 0.7984 | 3409          | 1.4         |
| 122                   | 1568         | 5153  | 0.7041 | 0.8056 | 2345          | 1.0         |
| 125                   | 1015         | 3264  | 0.7079 | 0.8094 | 1567          | 0.7         |
| 128                   | 584          | 1995  | 0.71   | 0.8114 | 1014          | 0.5         |
| 131                   | 345          | 1173  | 0.711  | 0.8125 | 633           | 0.3         |
| 134                   | 77           | 658   | 0.7116 | 0.813  | 379           | 0.2         |
| 137                   | 49           | 350   | 0.7119 | 0.8134 | 216           | 0.1         |
| 140                   | 30           | 175   | 0.7121 | 0.8135 | 116           | 0.1         |
| 143                   | 5            | 81    | 0.7122 | 0.8136 | 58            | 0.0         |
| 146                   | 2            | 34    | 0.7123 | 0.8137 | 26            | 0.0         |
| 149                   | 2            | 12    | 0.7123 | 0.8137 | 11            | 0.0         |
| 152                   | 0            | 4     | 0.7123 | 0.8137 | 4             | 0.0         |
| 155                   | 2            | 1     | 0.7123 | 0.8137 | 1             | 0.0         |
| 158                   | 2            | 0     | 0.7123 | 0.8137 | 0             | 0.0         |
| <b>Total</b>          | <b>39099</b> |       |        |        | <b>103698</b> | <b>30.5</b> |
| <b>Total &gt; 100</b> | <b>35519</b> |       |        |        | <b>69964</b>  | <b>22.6</b> |

TABLA 50

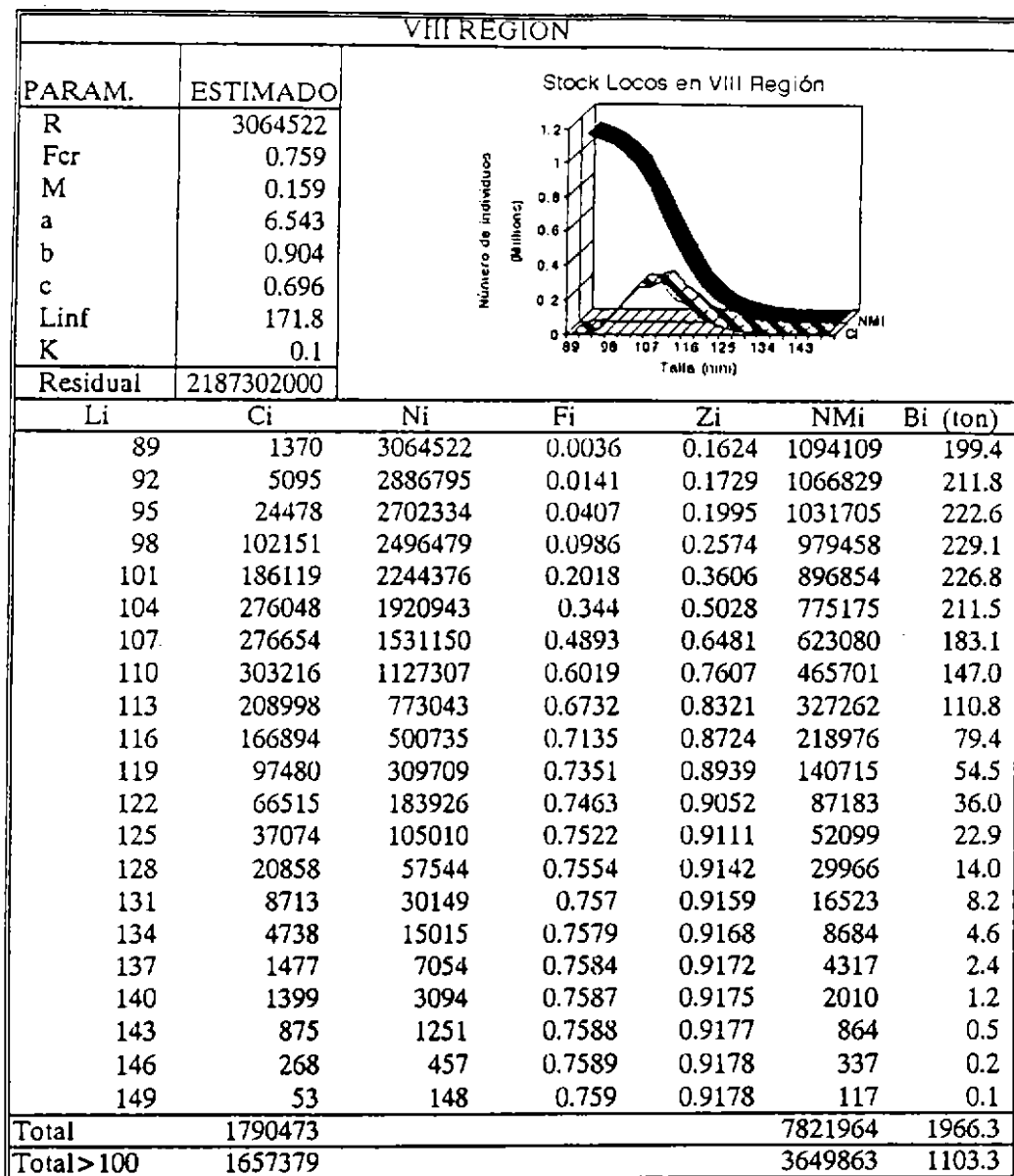


TABLA 51

| X REGION |           |  |  |  |  |  |
|----------|-----------|--|--|--|--|--|
| PARAM.   | ESTIMADOS |  |  |  |  |  |
| R        | 122090857 |  |  |  |  |  |
| Fcr      | 0.993     |  |  |  |  |  |
| M        | 0.1       |  |  |  |  |  |
| a        | 6.29      |  |  |  |  |  |
| b        | 0.547     |  |  |  |  |  |
| c        | 0.782     |  |  |  |  |  |
| Linf     | 179.7     |  |  |  |  |  |
| K        | 0.173     |  |  |  |  |  |
| Residual | 4.92E+10  |  |  |  |  |  |

| Li          | Ci      | Ni       | Fi     | Zi     | NMi      | Bi (Ton) |
|-------------|---------|----------|--------|--------|----------|----------|
| 89          | 633     | 12090857 | 0.0039 | 0.1037 | 2326603  | 379.8    |
| 92          | 833     | 11849508 | 0.0107 | 0.1106 | 2357088  | 424.5    |
| 95          | 4740    | 11588874 | 0.0252 | 0.1251 | 2383830  | 472.2    |
| 98          | 71084   | 11290665 | 0.0543 | 0.1541 | 2400700  | 521.5    |
| 101         | 241747  | 10920617 | 0.1081 | 0.2079 | 2396300  | 569.3    |
| 104         | 504534  | 10422378 | 0.1979 | 0.2977 | 2352662  | 609.7    |
| 107         | 706221  | 9721954  | 0.328  | 0.4278 | 2248360  | 634.0    |
| 110         | 1094538 | 8760033  | 0.4853 | 0.5851 | 2069400  | 633.6    |
| 113         | 1157545 | 7549217  | 0.6406 | 0.7404 | 1822337  | 604.4    |
| 116         | 1059167 | 6199943  | 0.7674 | 0.8673 | 1535297  | 550.5    |
| 119         | 1079624 | 4868444  | 0.8566 | 0.9565 | 1243648  | 481.1    |
| 122         | 904027  | 3678930  | 0.9133 | 1.0132 | 974814   | 406.1    |
| 125         | 780699  | 2691254  | 0.9473 | 1.0472 | 743181   | 332.8    |
| 128         | 596130  | 1913016  | 0.967  | 1.0669 | 552734   | 265.7    |
| 131         | 371176  | 1323305  | 0.9783 | 1.0782 | 401443   | 206.7    |
| 134         | 267803  | 890471   | 0.9848 | 1.0846 | 284556   | 156.8    |
| 137         | 137546  | 581832   | 0.9885 | 1.0883 | 196490   | 115.6    |
| 140         | 99137   | 367988   | 0.9906 | 1.0904 | 131779   | 82.7     |
| 143         | 55867   | 224293   | 0.9918 | 1.0916 | 85483    | 57.2     |
| 146         | 28598   | 130976   | 0.9925 | 1.0923 | 53338    | 37.9     |
| 149         | 13777   | 72713    | 0.9929 | 1.0928 | 31779    | 24.0     |
| 152         | 9411    | 37986    | 0.9931 | 1.093  | 17904    | 14.4     |
| 155         | 2990    | 18417    | 0.9933 | 1.0931 | 9412     | 8.0      |
| 158         | 1230    | 8128     | 0.9934 | 1.0932 | 4530     | 4.1      |
| 161         | 301     | 3176     | 0.9934 | 1.0933 | 1942     | 1.9      |
| 164         | 395     | 1052     | 0.9935 | 1.0933 | 710      | 0.7      |
| 167         | 85      | 276      | 0.9935 | 1.0933 | 206      | 0.2      |
| 170         | 520     | 50       | 0.9935 | 1.0933 | 42       | 0.0      |
| 173         | 350     | 5        | 0.9935 | 1.0933 | 4        | 0.0      |
| Total       | 9190708 |          |        |        | 26626572 | 7595.4   |
| Total > 100 | 8367137 |          |        |        | 12409389 | 4618.5   |



**TABLA 52**

| XI REGION |           |  |  |  |  |  |
|-----------|-----------|--|--|--|--|--|
| PARAM.    | ESTIMADOS |  |  |  |  |  |
| R         | 3503938   |  |  |  |  |  |
| Fcr       | 0.365     |  |  |  |  |  |
| M         | 0.224     |  |  |  |  |  |
| a         | 7.631     |  |  |  |  |  |
| b         | 1.25      |  |  |  |  |  |
| c         | 0.562     |  |  |  |  |  |
| Linf      | 185.6     |  |  |  |  |  |
| K         | 0.1       |  |  |  |  |  |
| Residual  | 781616100 |  |  |  |  |  |

Stock Locos en XI Región

| Li          | Ci      | Ni      | Fi     | Zi     | NMi      | Bi (Ton) |
|-------------|---------|---------|--------|--------|----------|----------|
| 89          | 43      | 3503938 | 0.0008 | 0.2245 | 1066762  | 184.2    |
| 92          | 68      | 3264465 | 0.0032 | 0.2269 | 1024660  | 194.8    |
| 95          | 433     | 3032014 | 0.0083 | 0.232  | 981688   | 204.7    |
| 98          | 6525    | 2804275 | 0.0182 | 0.2418 | 936732   | 213.8    |
| 101         | 27029   | 2577740 | 0.0352 | 0.2589 | 888111   | 221.2    |
| 104         | 60308   | 2347849 | 0.0617 | 0.2853 | 833682   | 226.0    |
| 107         | 80869   | 2109991 | 0.0983 | 0.3219 | 771381   | 227.0    |
| 110         | 99574   | 1861688 | 0.1427 | 0.3663 | 700221   | 223.3    |
| 113         | 123717  | 1605180 | 0.1898 | 0.4134 | 621262   | 214.2    |
| 116         | 119407  | 1348326 | 0.2337 | 0.4574 | 537747   | 200.0    |
| 119         | 109564  | 1102375 | 0.2705 | 0.4941 | 454138   | 181.9    |
| 122         | 113617  | 877986  | 0.2987 | 0.5223 | 374709   | 161.4    |
| 125         | 104333  | 682258  | 0.3192 | 0.5429 | 302577   | 139.8    |
| 128         | 81500   | 518004  | 0.3336 | 0.5572 | 239445   | 118.5    |
| 131         | 69623   | 384581  | 0.3434 | 0.5671 | 185828   | 98.4     |
| 134         | 54381   | 279203  | 0.3501 | 0.5738 | 141428   | 80.0     |
| 137         | 32371   | 198055  | 0.3547 | 0.5783 | 105476   | 63.6     |
| 140         | 26855   | 137056  | 0.3578 | 0.5814 | 76970    | 49.4     |
| 143         | 15210   | 92305   | 0.3599 | 0.5835 | 54839    | 37.5     |
| 146         | 9327    | 60305   | 0.3613 | 0.585  | 38034    | 27.6     |
| 149         | 4527    | 38057   | 0.3623 | 0.586  | 25576    | 19.7     |
| 152         | 3798    | 23071   | 0.363  | 0.5866 | 16591    | 13.5     |
| 155         | 939     | 13338   | 0.3635 | 0.5871 | 10311    | 8.9      |
| 158         | 582     | 7284    | 0.3638 | 0.5875 | 6085     | 5.6      |
| 161         | 529     | 3709    | 0.3641 | 0.5877 | 3368     | 3.2      |
| 164         | 106     | 1730    | 0.3642 | 0.5879 | 1718     | 1.7      |
| Total       | 1145235 |         |        |        | 10399339 | 3120.0   |
| Total > 100 | 1138166 |         |        |        | 6389497  | 2322.5   |

**TABLA 53**

| XII REGION  |           |        |        |        |        |       |
|-------------|-----------|--------|--------|--------|--------|-------|
| PARAM.      | ESTIMADOS |        |        |        |        |       |
| R           | 249672    |        |        |        |        |       |
| Fcr         | 0.549     |        |        |        |        |       |
| M           | 0.173     |        |        |        |        |       |
| a           | 7.361     |        |        |        |        |       |
| b           | 0.58      |        |        |        |        |       |
| c           | 0.788     |        |        |        |        |       |
| Linf        | 176.95    |        |        |        |        |       |
| K           | 0.1       |        |        |        |        |       |
| Residual    | 15792320  |        |        |        |        |       |
| Li          | Ci        | Ni     |        |        |        |       |
| 80          | 7         | 249672 | 0.0001 | 0.1001 | 70110  | 10.1  |
| 83          | 7         | 242656 | 0.0007 | 0.1007 | 70102  | 11.1  |
| 86          | 20        | 235598 | 0.003  | 0.103  | 70064  | 12.2  |
| 89          | 95        | 228381 | 0.0101 | 0.1101 | 69922  | 13.3  |
| 92          | 637       | 220680 | 0.0284 | 0.1284 | 69495  | 14.4  |
| 95          | 5209      | 211759 | 0.068  | 0.168  | 68407  | 15.4  |
| 98          | 9610      | 200269 | 0.1386 | 0.2386 | 66057  | 16.1  |
| 101         | 16013     | 184507 | 0.2367 | 0.3367 | 61863  | 16.4  |
| 104         | 16826     | 163677 | 0.3392 | 0.4392 | 55742  | 15.9  |
| 107         | 20483     | 139194 | 0.4216 | 0.5216 | 48327  | 14.9  |
| 110         | 19663     | 113988 | 0.4762 | 0.5762 | 40567  | 13.4  |
| 113         | 18970     | 90613  | 0.5085 | 0.6085 | 33218  | 11.8  |
| 116         | 14786     | 70399  | 0.5267 | 0.6267 | 26684  | 10.1  |
| 119         | 11277     | 53676  | 0.5367 | 0.6367 | 21096  | 8.6   |
| 122         | 8863      | 40243  | 0.5423 | 0.6423 | 16439  | 7.1   |
| 125         | 6547      | 29686  | 0.5453 | 0.6453 | 12629  | 5.8   |
| 128         | 4614      | 21536  | 0.5471 | 0.6471 | 9561   | 4.7   |
| 131         | 2742      | 15349  | 0.5481 | 0.6481 | 7126   | 3.7   |
| 134         | 1382      | 10731  | 0.5487 | 0.6487 | 5221   | 2.9   |
| 137         | 1146      | 7344   | 0.549  | 0.649  | 3753   | 2.2   |
| 140         | 863       | 4909   | 0.5492 | 0.6492 | 2641   | 1.6   |
| 143         | 679       | 3194   | 0.5493 | 0.6493 | 1815   | 1.2   |
| 146         | 330       | 2016   | 0.5494 | 0.6494 | 1213   | 0.8   |
| 149         | 448       | 1228   | 0.5494 | 0.6494 | 785    | 0.6   |
| 152         | 358       | 718    | 0.5495 | 0.6495 | 490    | 0.4   |
| 155         | 261       | 400    | 0.5495 | 0.6495 | 292    | 0.2   |
| 158         | 0         | 210    | 0.5495 | 0.6495 | 165    | 0.1   |
| 161         | 0         | 103    | 0.5495 | 0.6495 | 87     | 0.1   |
| 164         | 43        | 46     | 0.5495 | 0.6495 | 43     | 0.0   |
| 167         | 43        | 19     | 0.5495 | 0.6495 | 19     | 0.0   |
| Total       | 161922    |        |        |        | 833933 | 215.2 |
| Total > 100 | 146337    |        |        |        | 349776 | 122.7 |

**TABLA 54**

Número de procedencias por región y porcentaje de variación entre temporadas

| Región | Número de Procedencias |          | Variación (%) |
|--------|------------------------|----------|---------------|
|        | Verano                 | Invierno |               |
| I      | 33                     | ---      | ---           |
| II     | 20                     | 19       | -5            |
| III    | 29                     | 37       | 28            |
| IV     | 163                    | 184      | 13            |
| V      | 32                     | 35       | 9             |
| VI     | 10                     | 6        | -40           |
| VII    | 13                     | 13       | 0             |
| VIII   | 30                     | 24       | -20           |
| IX     | 0                      | ---      | ---           |
| X      | 115                    | 135      | 17            |
| XI     | 53                     | 118      | 123           |
| XII    | 8                      | 18       | 125           |

**TABLA 55**

Tamaño de la muestra en número y porcentaje de variación entre temporadas

| Región | Tamaño de la muestra |          | Variación (%) |
|--------|----------------------|----------|---------------|
|        | Verano               | Invierno |               |
| I      | 2825                 | ---      | ---           |
| II     | 5426                 | 7835     | 44            |
| III    | 8547                 | 22782    | 167           |
| IV     | 34951                | 98023    | 180           |
| V      | 16288                | 44023    | 170           |
| VI     | 1390                 | 2600     | 87            |
| VII    | 4572                 | 5597     | 22            |
| VIII   | 17094                | 37711    | 121           |
| IX     | 0                    | ---      | ---           |
| X      | 33981                | 79400    | 134           |
| XI     | 27576                | 20500    | -26           |
| XII    | 1643                 | 4736     | 188           |

**TABLA 56**

COMPARACION EVALUACIONES DE LOS STOCKS DE 'LOCO' ENTRE TEMPORADAS EXTRACTIVAS 1993

| REGION | Abundancia Total Stock Explotable (N°) |             |           | Peso promedio (g) |          |           | Biomasa Estima Ja (t) |          |           |
|--------|--|-------------|-----------|-------------------|----------|-----------|-----------------------|----------|-----------|
|        | Verano                                 | Invierno    | Variación | Verano            | Invierno | Variación | Verano                | Invierno | Variación |
| I      | 8205                                   | no evaluado | ---       | 232               | sin inf. | ---       | 0                     | no eval. | ---       |
| II     | 478101                                 | 498885      | 4%        | 309               | 262      | -15%      | 148                   | 131      | -12%      |
| III    | 1847875                                | 1757195     | -5%       | 362               | 337      | -7%       | 669                   | 592      | -11%      |
| IV     | 8636097                                | 6907835     | -20%      | 373               | 331      | -11%      | 3221                  | 2286     | -29%      |
| V      | 2500035                                | 2255022     | -10%      | 344               | 332      | -3%       | 860                   | 749      | -13%      |
| VI     | 117270                                 | 73925       | -37%      | 324               | 300      | -7%       | 38                    | 22       | -42%      |
| VII    | 180995                                 | 103698      | -43%      | 338               | 324      | -4%       | 61                    | 34       | -45%      |
| VIII   | 6538428                                | 7821964     | 20%       | 318               | 318      | -0%       | 2080                  | 2487     | 20%       |
| IX     | no evaluado                            | no evaluado | ---       | sin inf.          | sin inf. | ---       | no eval.              | no eval. | ---       |
| X      | 18911859                               | 26626572    | 41%       | 361               | 387      | 7%        | 6831                  | 10304    | 51%       |
| XI     | 12101956                               | 10399339    | -14%      | 431               | 395      | -8%       | 5210                  | 4108     | -21%      |
| XII    | 271223                                 | 833933      | 207%      | 336               | 357      | 6%        | 91                    | 298      | 226%      |
| TOTAL  | 51592044                               | 57278368    | 11%       | 311               | 279      | -10%      | 19208                 | 21011    | 9%        |

**TABLA 57**

| REGION | Abundancia Stock Explotable > TML (N°) |             |           | Peso promedio (g) |          |           | Biomasa Stock sobre TML (t) |          |           |
|--------|--|-------------|-----------|-------------------|----------|-----------|-----------------------------|----------|-----------|
|        | Verano                                 | Invierno    | Variación | Verano            | Invierno | Variación | Verano                      | Invierno | Variación |
| I      | 2000                                   | no evaluado | ---       | 232               | sin inf. | ---       | 0                           | no eval. | ---       |
| II     | 157644                                 | 129375      | -18%      | 309               | 262      | -15%      | 49                          | 34       | -31%      |
| III    | 1013551                                | 1031707     | 2%        | 362               | 337      | -7%       | 367                         | 348      | -5%       |
| IV     | 4298410                                | 3631264     | -16%      | 373               | 331      | -11%      | 1603                        | 1202     | -25%      |
| V      | 1169437                                | 1063167     | -9%       | 344               | 332      | -3%       | 402                         | 353      | -12%      |
| VI     | 50330                                  | 31073       | -38%      | 324               | 300      | -7%       | 16                          | 9        | -42%      |
| VII    | 65639                                  | 69964       | 7%        | 338               | 324      | -4%       | 22                          | 23       | 3%        |
| VIII   | 2630684                                | 3649863     | 39%       | 318               | 318      | -0%       | 837                         | 1161     | 39%       |
| IX     | no evaluado                            | no evaluado | ---       | sin inf.          | sin inf. | ---       | no eval.                    | no eval. | ---       |
| X      | 11442115                               | 12409389    | 8%        | 361               | 387      | 7%        | 4133                        | 4802     | 16%       |
| XI     | 7000574                                | 6389497     | -9%       | 431               | 395      | -8%       | 3013                        | 2524     | -16%      |
| XII    | 134496                                 | 349776      | 160%      | 336               | 357      | 6%        | 45                          | 125      | 177%      |
| TOTAL  | 27964880                               | 28755075    | 3%        | 311               | 279      | -10%      | 10487                       | 10580    | 1%        |

**TABLA 58**

**ANÁLISIS COMPARATIVO TEMPORADAS EXTRACTIVAS DEL RECURSO LOCO (1993)**

| REGIONES     | CERTIFICADOS DE ASIGNACION DE CUOTAS INDIVIDUALES EXTRACCIÓN (CACIE) |                |                 |                       |                |                 | Variación<br>CACIE autoriz.<br>entre temporadas | Variación<br>CACIE efectivas<br>entre temporadas |
|--------------|--|----------------|-----------------|-----------------------|----------------|-----------------|---|--|
|              | Temporada de Verano  |                |                 | Temporada de Invierno |                |                 |   |  |
|              | Total Inscritos  | CACIE Retirad. | Utilización (%) | Total Inscritos       | CACIE Retirad. | Utilización (%) |   |  |
| II           | 238  | 131            | 55%             | 285                   | 0              | 0%              | 19.7%   | ---  |
| III          | 395  | 298            | 75%             | 484                   | 438            | 90%             | 22.5%   | 47.0%  |
| IV           | 244  | 209            | 86%             | 490                   | 479            | 98%             | 100.8%  | 129.2%   |
| V            | 882  | 767            | 87%             | 1024                  | 1018           | 99%             | 16.1%   | 32.7%  |
| VI           | 468  | 428            | 91%             | 625                   | 599            | 96%             | 33.5%   | 40.0%  |
| VII          | 72   | 43             | 60%             | 73                    | 61             | 84%             | 1.4%  | 41.9%  |
| VIII         | 88   | 69             | 78%             | 122                   | 109            | 89%             | 38.6%   | 58.0%  |
| VIII         | 587  | 558            | 95%             | 1386                  | 1376           | 99%             | 136.1%  | 147.5%   |
| IX           | 30   | 30             | 100%            | 62                    | 64             | 103%            | 106.7%  | 113.3%   |
| X            | 1956   | 1878           | 96%             | 5520                  | 5473           | 99%             | 182.2%  | 191.4%   |
| XI           | 230  | 224            | 97%             | 555                   | 540            | 97%             | 141.3%  | 141.1%   |
| XII          | 94   | 65             | 69%             | 168                   | 130            | 77%             | 78.7%   | 100.0%   |
| <b>TOTAL</b> | <b>5284</b>  | <b>4698</b>    | <b>89%</b>      | <b>10794</b>          | <b>10287</b>   | <b>95%</b>      | <b>104.3%</b>                                   | <b>119.0%</b>                                    |

| REGIONES     | CAPTURA TOTAL AUTORIZADA POR REGION EN LAS TEMPORADAS EXTRACTIVAS DE LA PESQUERIA DURANTE 1993 |                          |                 |                 |              |                       |                 |                 |                 |                                      |                                  |              |
|--------------|--|--------------------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------|
|              | DS Nº1/1993  | TEMPORADA DE VERANO 1993 |                 |                 |              | TEMPORADA DE INVIERNO |                 |                 |                 | Var. Cuota Total<br>entre temporadas | Var. Captura<br>entre temporadas |              |
|              |  | Total                    | Capt. realizada | Utilización (%) | bajo TML (%) | DS 370/9.7.93         | Total           | Capt. realizada | Utilización (%) |                                      |                                  | bajo TML (%) |
| II           | 375000   | 198500                   | 90488           | 46%             | 97.4%        | 0                     | 0               | no registra     | ---             | no registra                          | ---                              | ---          |
| III          | 855000   | 442500                   | 182290          | 41%             | 23.0%        | 242000                | 243000          | 185037          | 76%             | 28.5%                                | -45%                             | 2%           |
| IV           | 630000   | 627000                   | 421262          | 67%             | 3.6%         | 735000                | 751500          | 727111          | 97%             | 4.6%                                 | 20%                              | 73%          |
| V            | 2280000  | 2313000                  | 1442202         | 62%             | 4.1%         | 2048000               | 2110000         | 1852830         | 88%             | 4.9%                                 | -9%                              | 28%          |
| VI           | 845000   | 842000                   | 503853          | 78%             | 7.3%         | 837500                | 955500          | 845585          | 68%             | 5.8%                                 | 49%                              | 28%          |
| VII          | 160000   | 86000                    | 20705           | 24%             | 5.6%         | 36500                 | 36500           | 18335           | 50%             | 12.5%                                | -58%                             | -11%         |
| VIII         | 345000   | 103000                   | 26879           | 26%             | 13.3%        | 61000                 | 62000           | 39100           | 63%             | 9.2%                                 | -40%                             | 45%          |
| VIII         | 1200000  | 1668000                  | 1400138         | 84%             | 4.8%         | 2079000               | 2100000         | 1790474         | 85%             | 7.4%                                 | 26%                              | 28%          |
| IX           | 150000   | 90000                    | 0               | 0%              | 0.0%         | 105400                | 108800          | 0               | 0%              | no registra                          | 21%                              | no registra  |
| X            | 5160000  | 5634000                  | 5008538         | 89%             | 1.0%         | 9384000               | 9487700         | 9190708         | 97%             | 0.8%                                 | 68%                              | 84%          |
| XI           | 360000   | 672000                   | 403350          | 60%             | 0.8%         | 943500                | 974100          | 1145234         | 118%            | 0.6%                                 | 45%                              | 184%         |
| XII          | 300000   | 192000                   | 82885           | 43%             | 7.8%         | 336000                | 336000          | 161921          | 48%             | 9.6%                                 | 75%                              | 95%          |
| <b>TOTAL</b> | <b>12460000</b>  | <b>12666000</b>          | <b>9580684</b>  | <b>76%</b>      | <b>14.1%</b> | <b>16907900</b>       | <b>17165100</b> | <b>15756335</b> | <b>92%</b>      | <b>7.0%</b>                          | <b>36%</b>                       | <b>64%</b>   |

FUENTE: Subsecretaría de Pesca, SERNAP (cifras preliminares)

**TABLA 59**

PARAMETROS ESTIMADOS MEDIANTE EL ACT PARA LAS DOS TEMPORADAS EXTRACTIVAS DE 1993

| Región | Talla máxima |     | Long. infinita |       | K     |       | M     |       | F cr  |       | Reclutas (N*1000) |         |
|--------|--------------|-----|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|---------|
|        | V            | I   | V              | I     | V     | I     | V     | I     | V     | I     | V                 | I       |
| I      | 132          | --- | 145.3          | ---   | 0.236 | ---   | 0.214 | ---   | 1.256 | ---   | 5.6               | ---     |
| II     | 145          | 146 | 170.9          | 177.9 | 0.177 | 0.152 | 0.251 | 0.188 | 0.910 | 1.040 | 296.3             | 278.0   |
| III    | 150          | 149 | 155.1          | 156.4 | 0.163 | 0.281 | 0.158 | 0.221 | 0.515 | 0.743 | 751.0             | 1130.0  |
| IV     | 149          | 151 | 158.7          | 159.6 | 0.159 | 0.175 | 0.350 | 0.237 | 0.558 | 0.707 | 4502.3            | 3515.0  |
| V      | 148          | 147 | 157.5          | 157.2 | 0.100 | 0.162 | 0.100 | 0.212 | 0.497 | 0.680 | 765.6             | 1138.7  |
| VI     | 135          | 135 | 157.5          | 157.8 | 0.072 | 0.104 | 0.087 | 0.101 | 0.557 | 0.659 | 28.5              | 26.2    |
| VII    | 134          | 160 | 160.0          | 168.1 | 0.120 | 0.119 | 0.135 | 0.101 | 0.676 | 0.712 | 54.9              | 50.1    |
| VIII   | 150          | 149 | 157.0          | 171.8 | 0.167 | 0.100 | 0.143 | 0.159 | 0.785 | 0.759 | 2355.4            | 3064.5  |
| X      | 164          | 174 | 168.0          | 179.7 | 0.186 | 0.173 | 0.277 | 0.100 | 0.821 | 0.993 | 9527.3            | 12090.9 |
| XI     | 164          | 164 | 167.4          | 185.6 | 0.112 | 0.100 | 0.249 | 0.224 | 0.251 | 0.365 | 4108.8            | 3503.9  |
| XII    | 147          | 168 | 154.8          | 177.0 | 0.201 | 0.100 | 0.268 | 0.173 | 0.307 | 0.549 | 115.3             | 249.6   |
| Prom   | 147          | 154 | 159.3          | 169.1 | 0.154 | 0.147 | 0.203 | 0.172 | 0.648 | 0.721 | 22511             | 25047   |

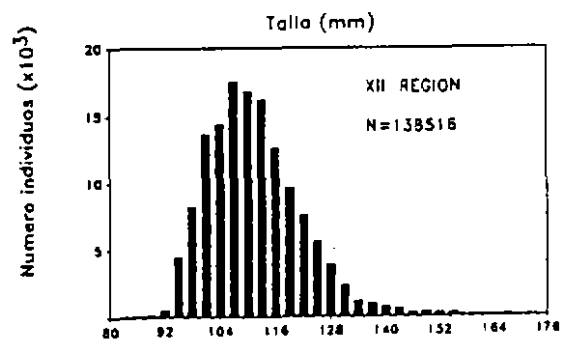
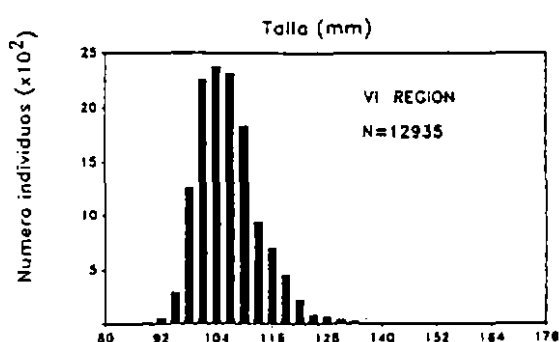
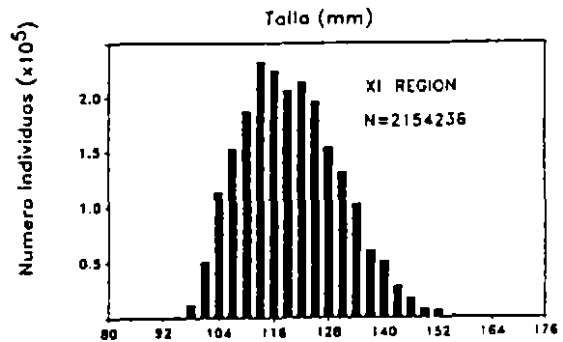
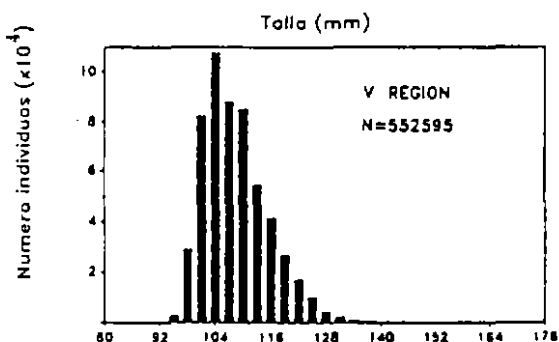
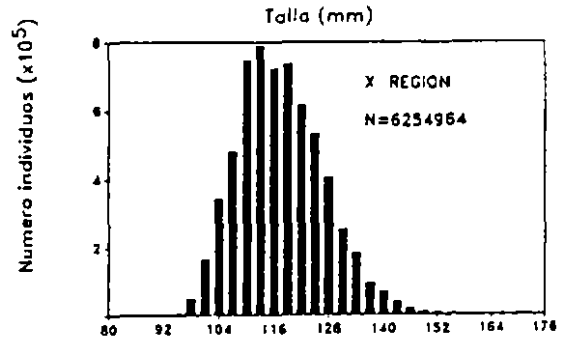
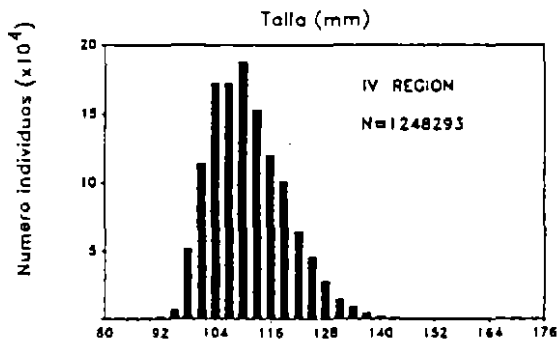
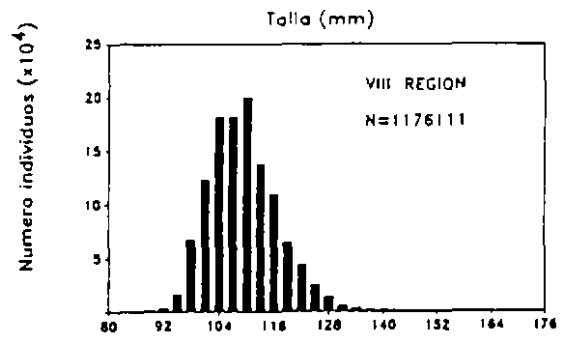
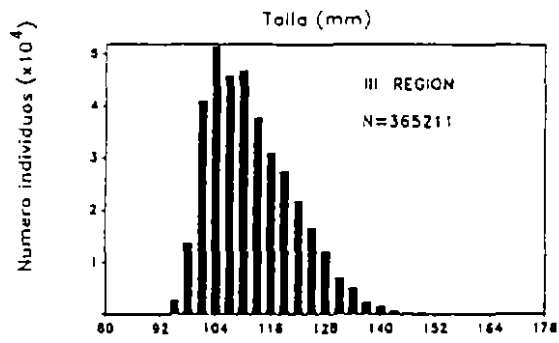
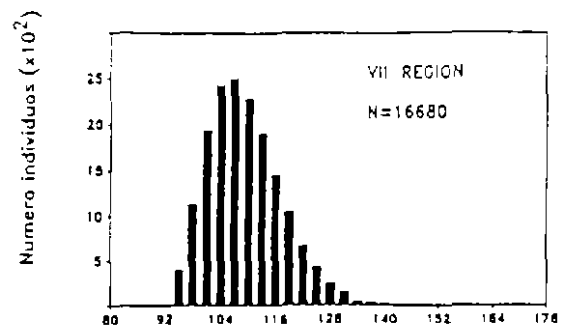
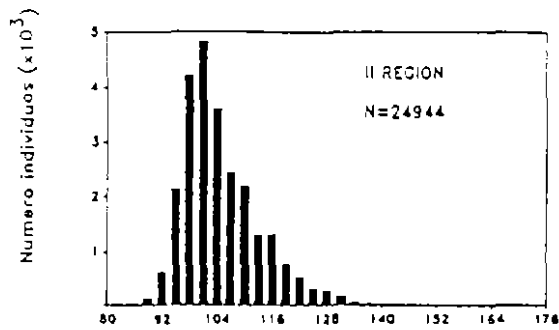


Figura 15 . Composición por tallas de las capturas regionales de "loco" en invierno de 1993

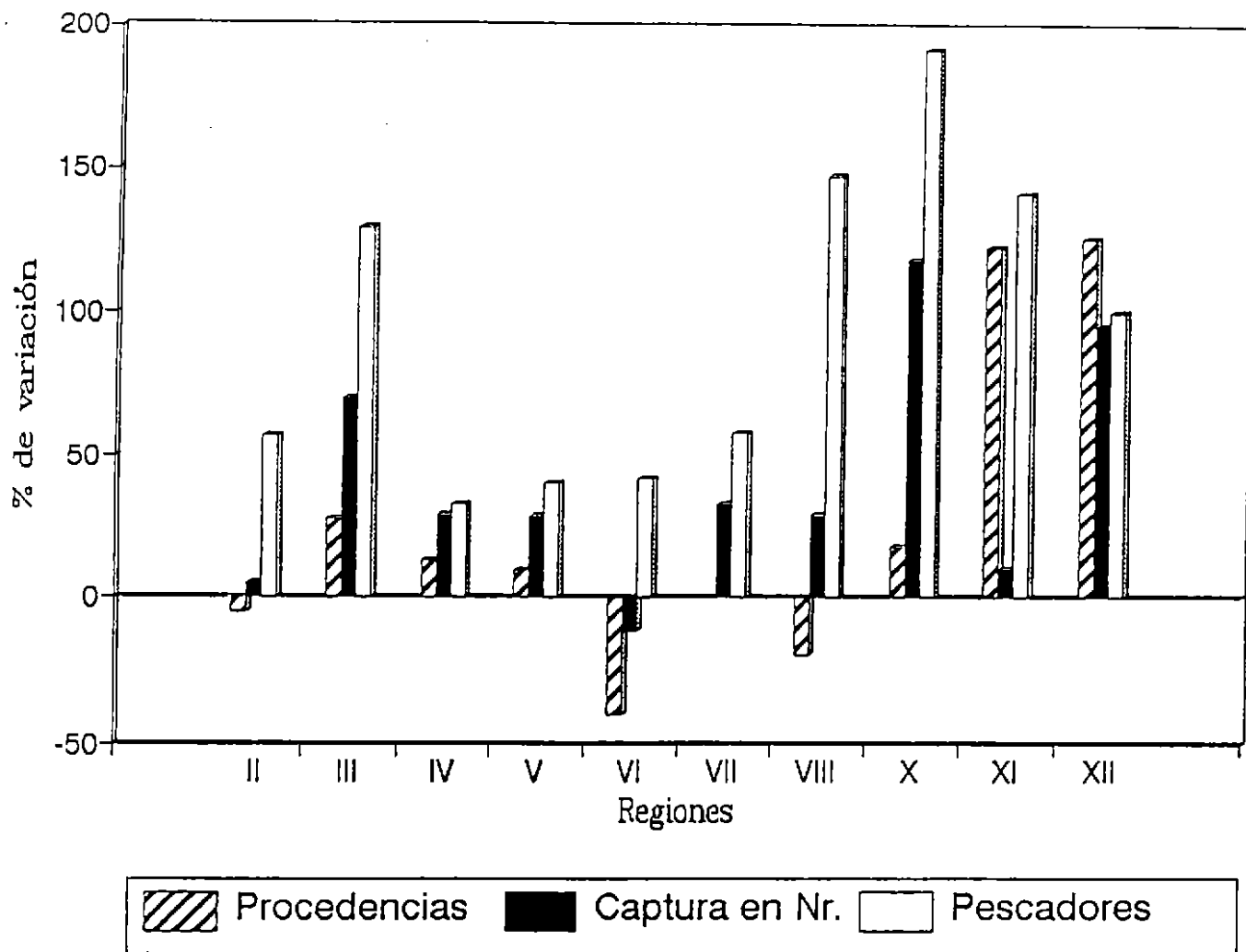
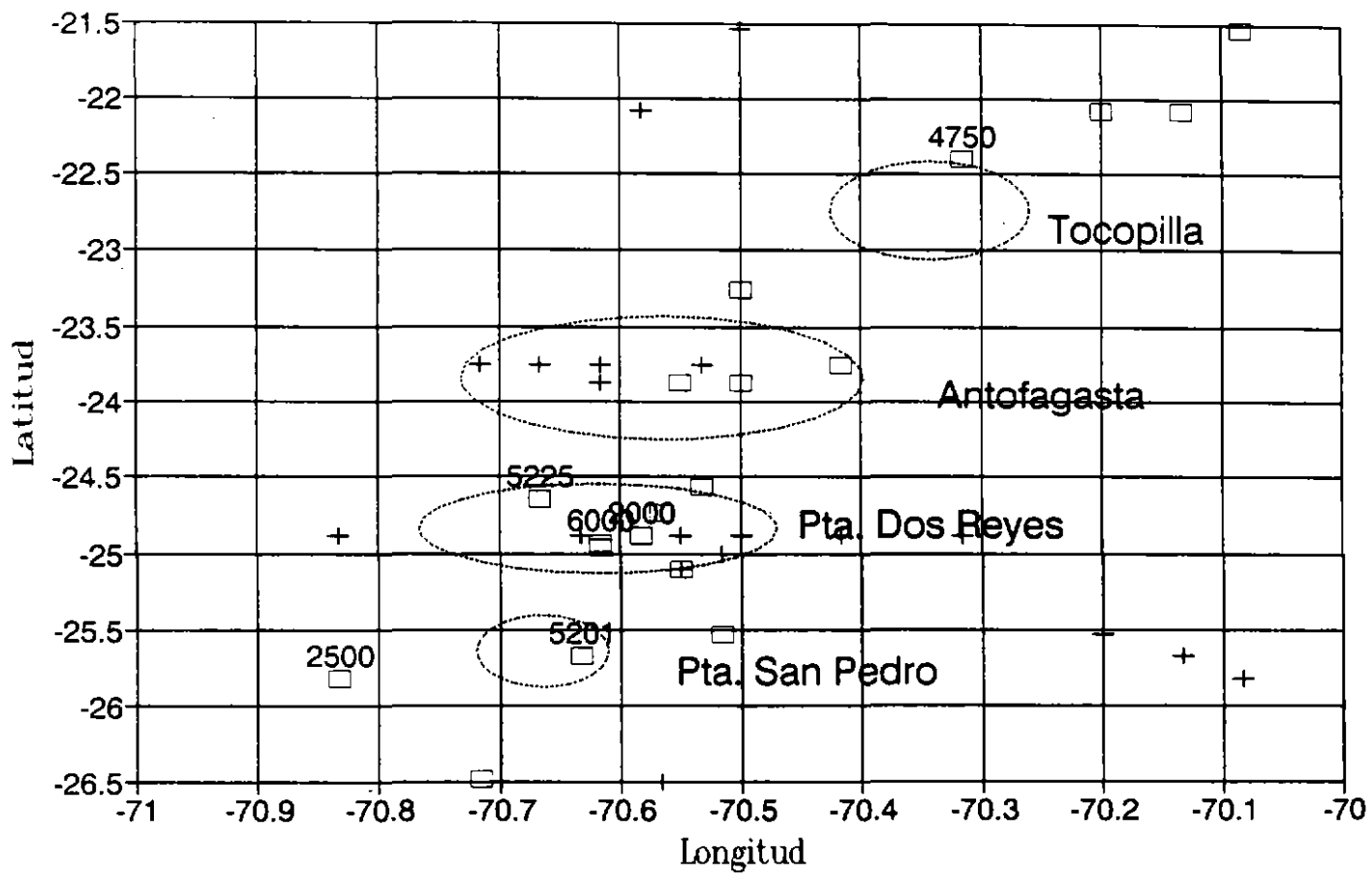


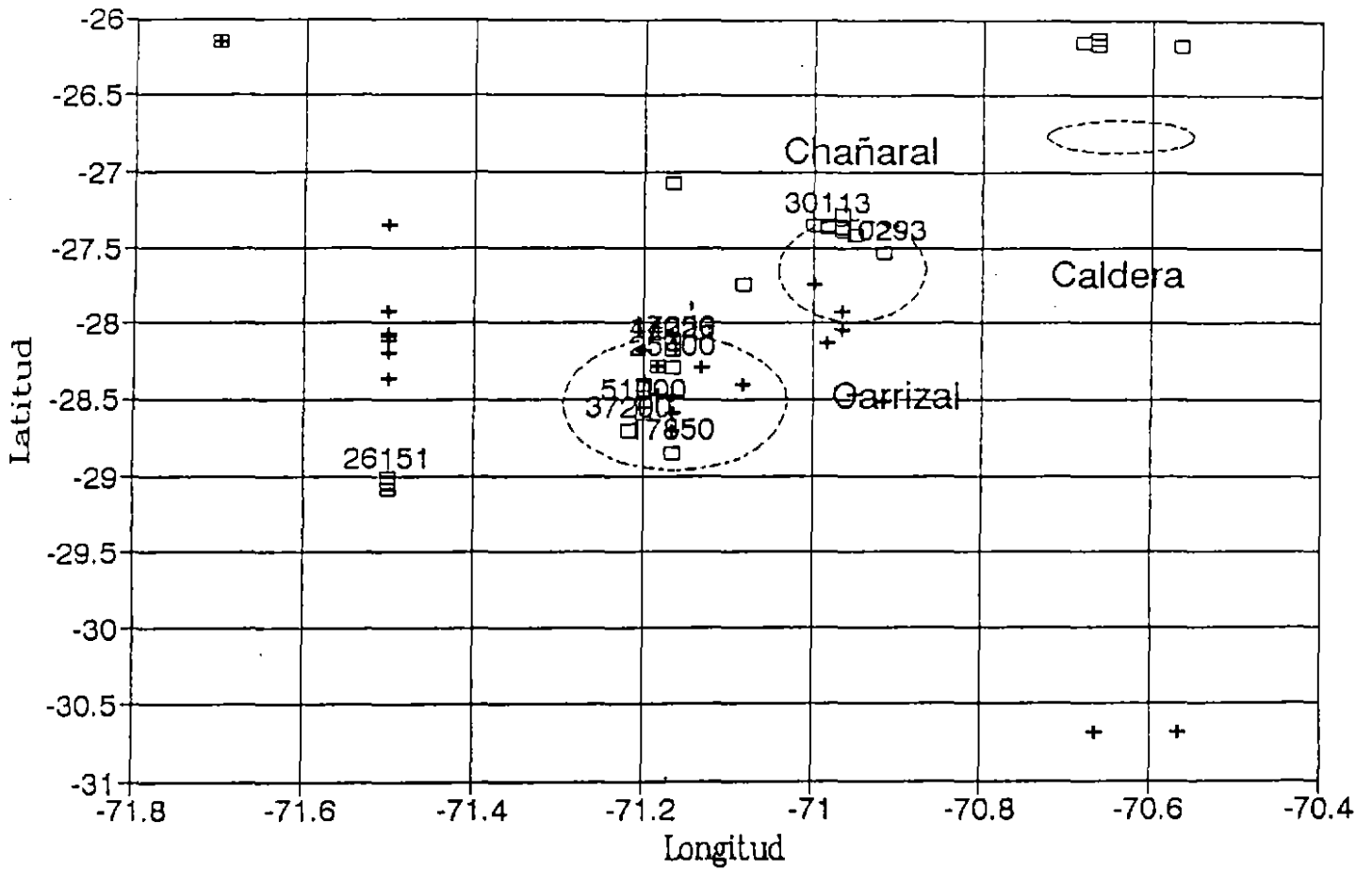
Figura 16 . Variación de procedencias, capturas y número de pescadores por regiones, entre las temporadas de verano e invierno de 1993





+ Verano-93    □ Invierno-93

Figura 17. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la II Región



+ Verano-93    □ Invierno-93

Figura 18. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la III Región

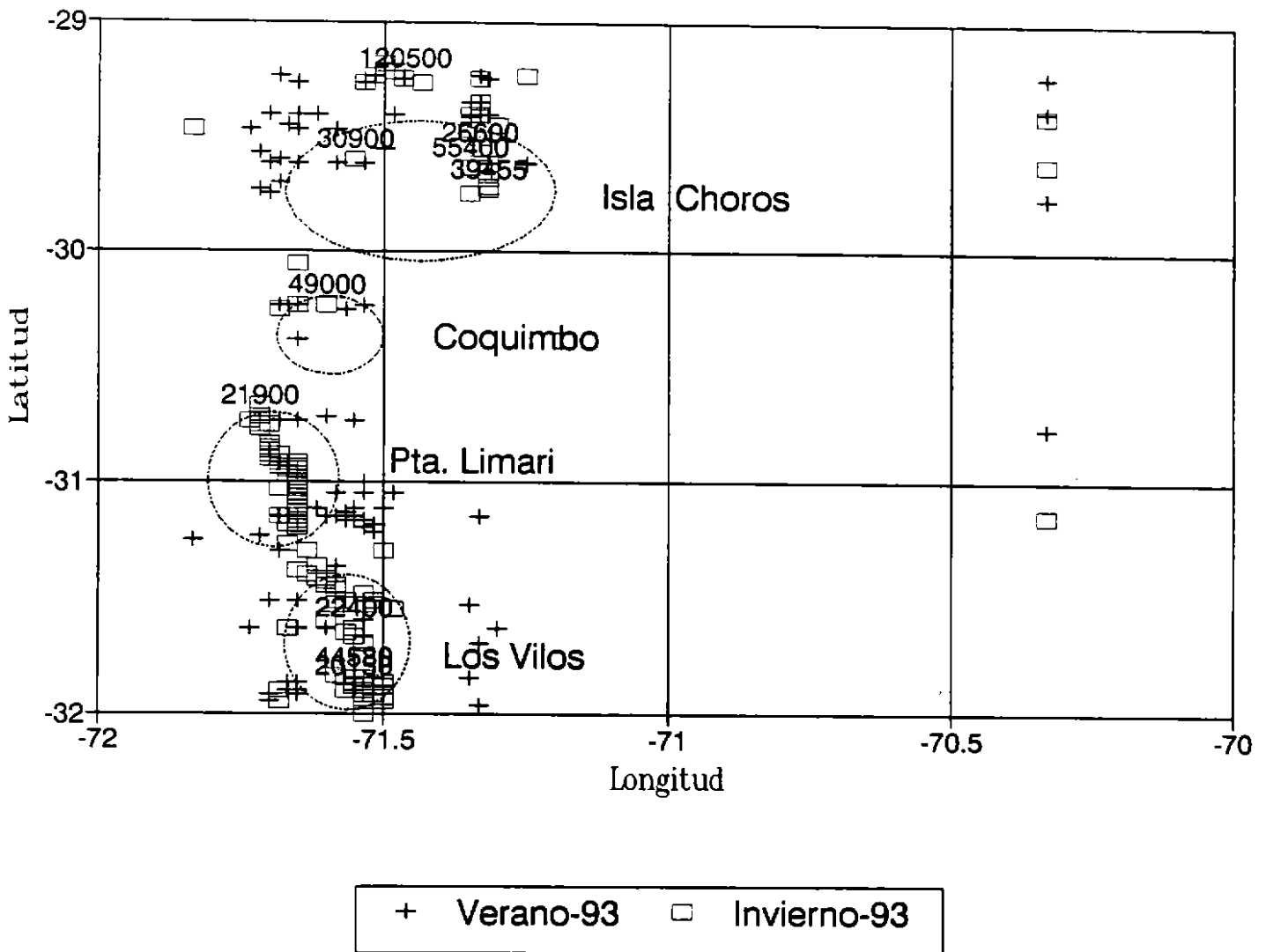


Figura 19. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la IV Región

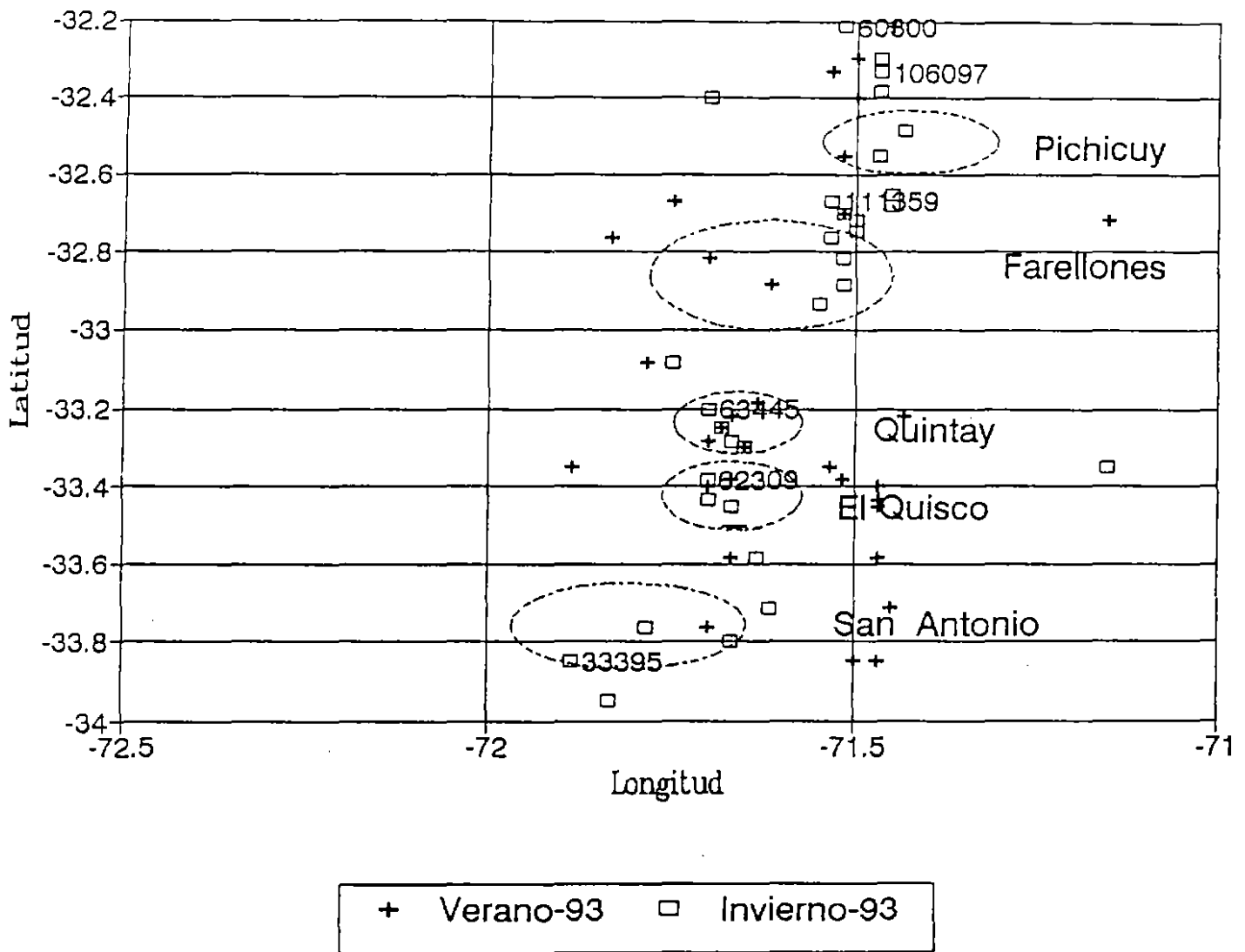


Figura 20. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la V Región

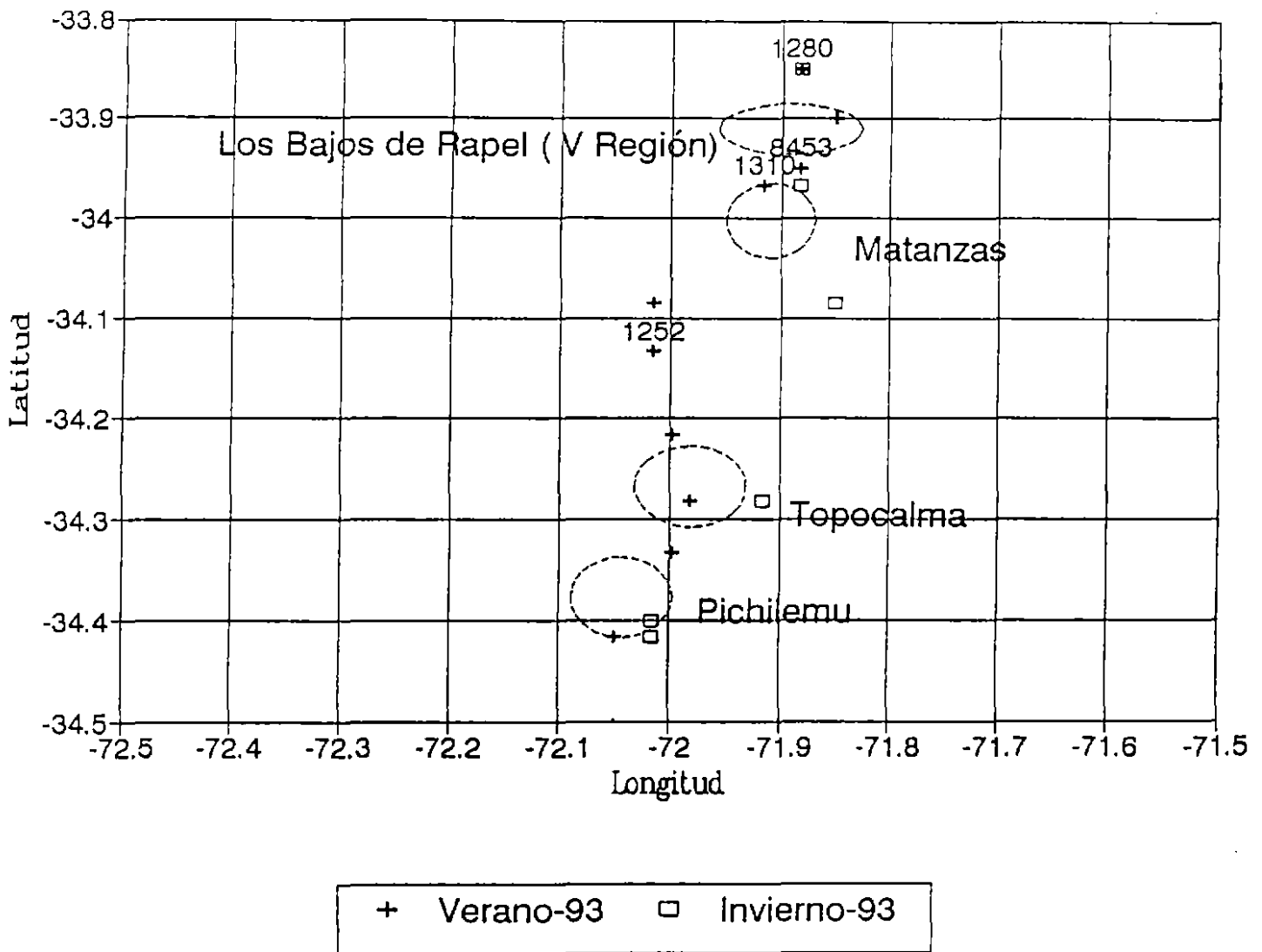


Figura 21. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la VI Región

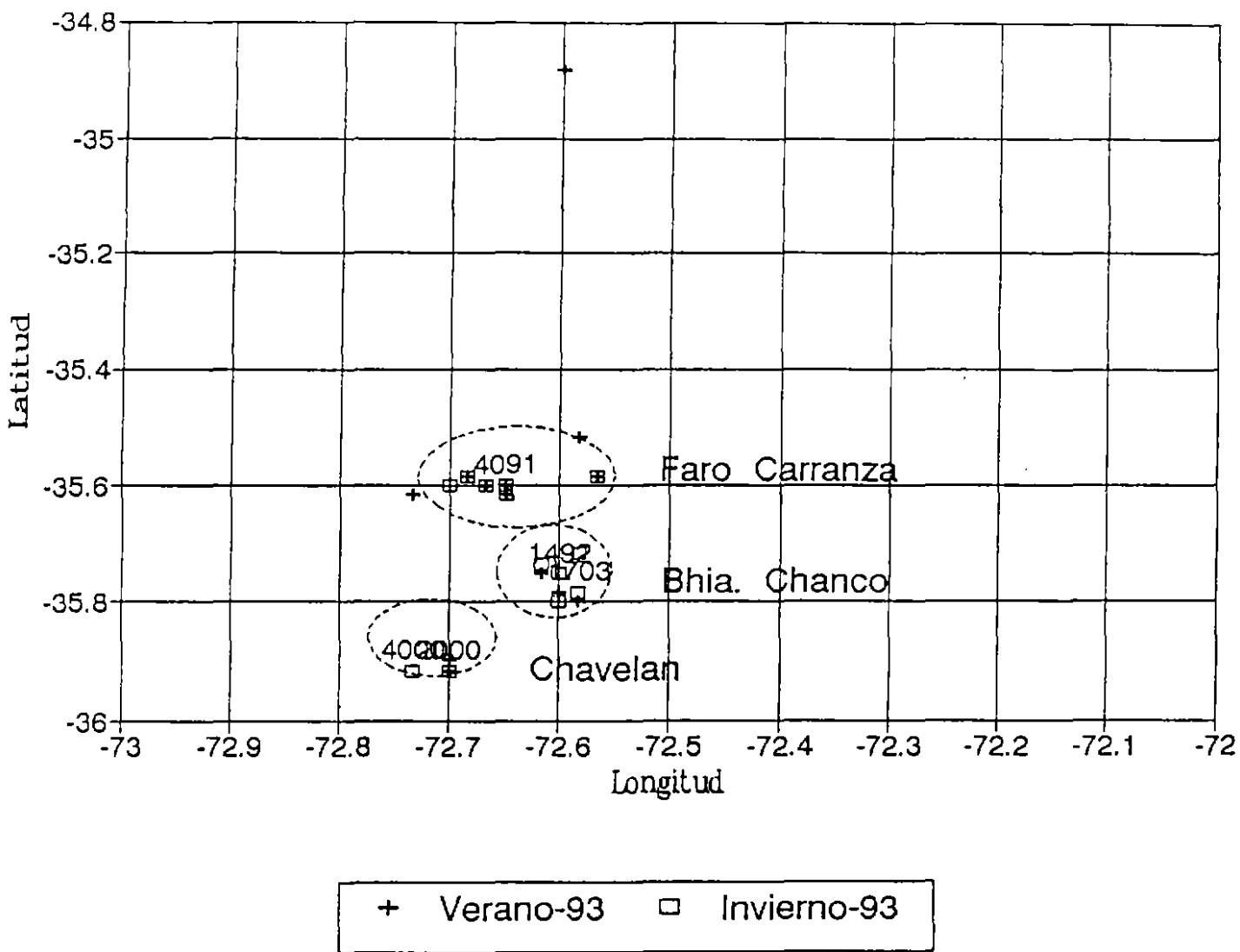


Figura 22. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la VII Región

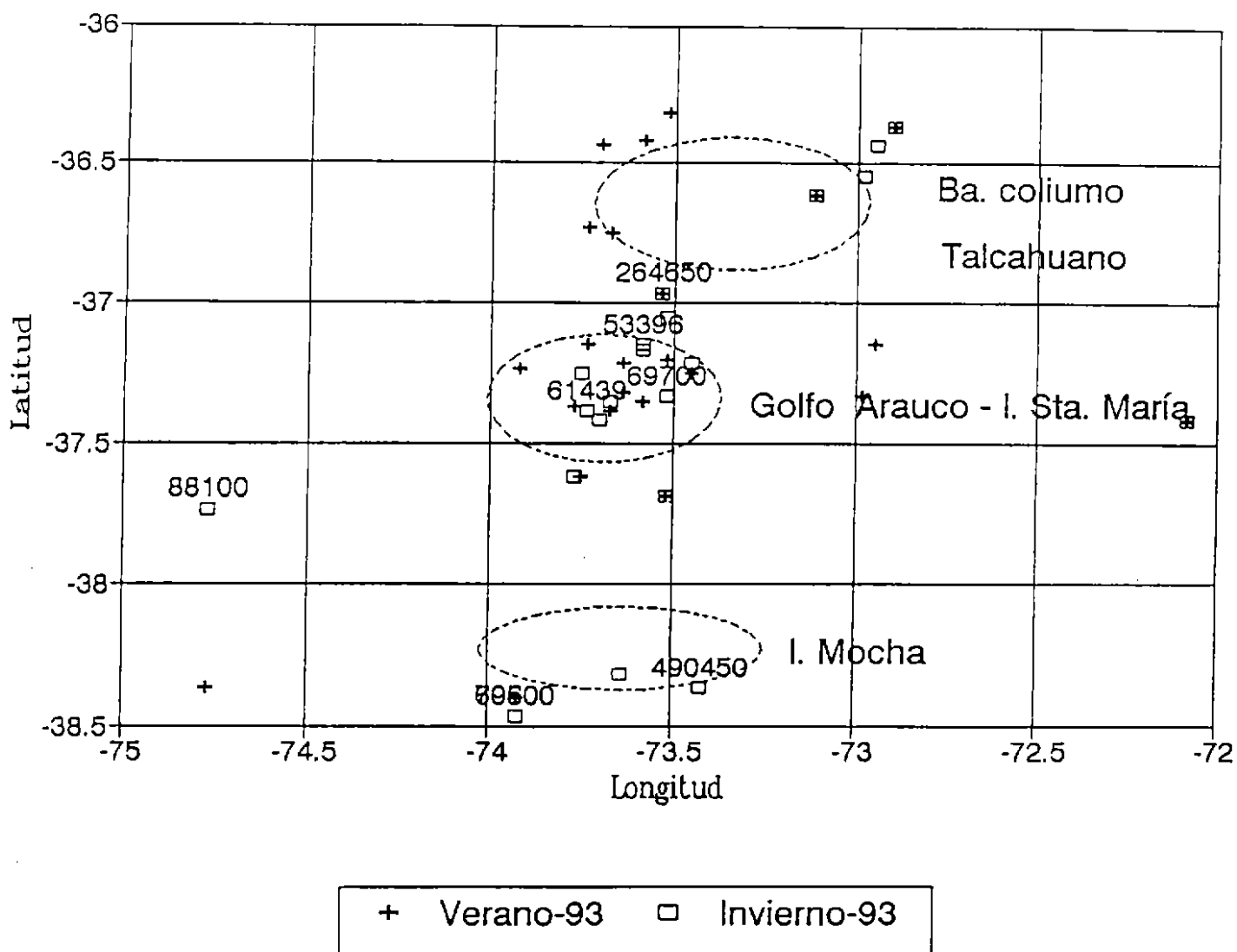


Figura 23. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la VIII Región

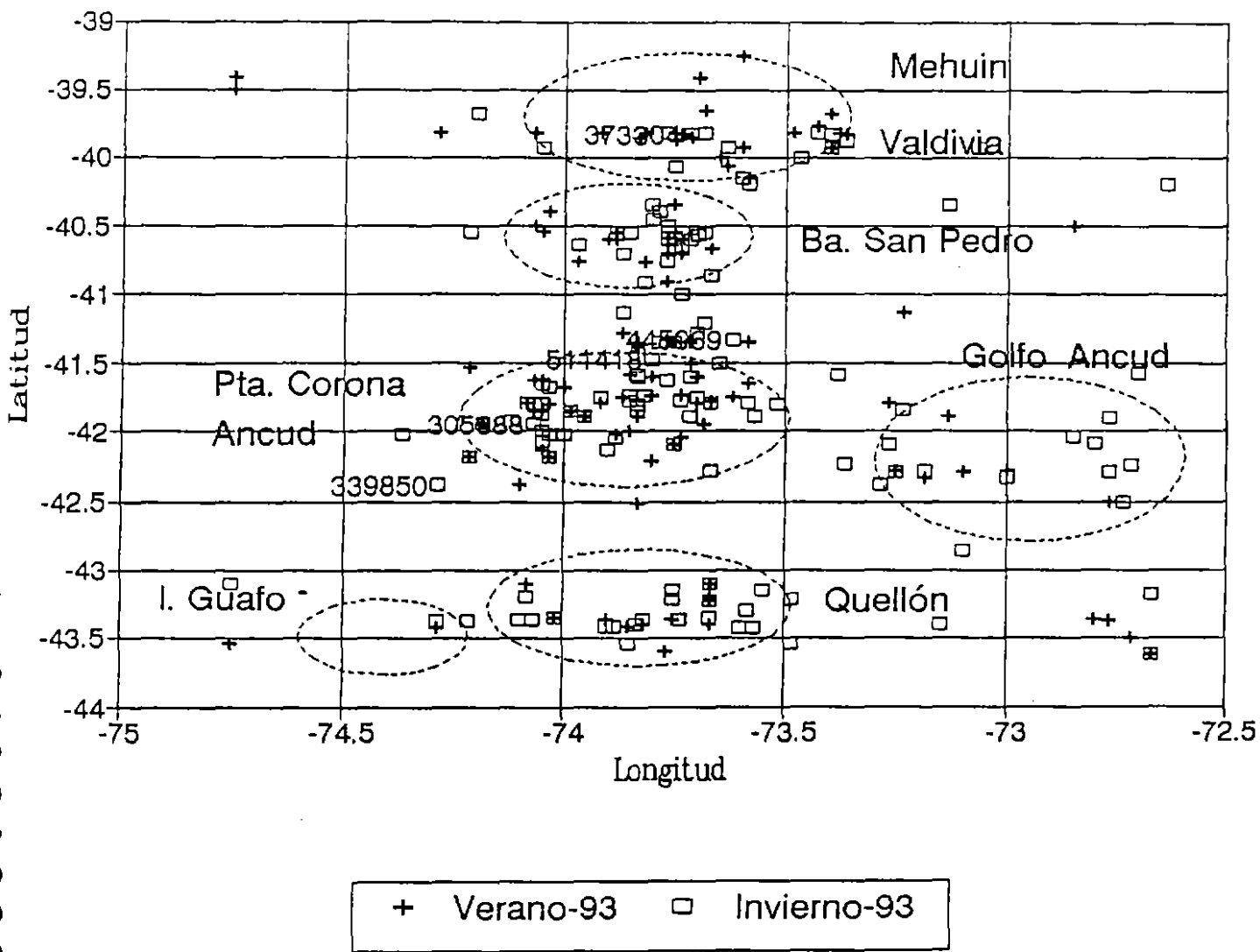
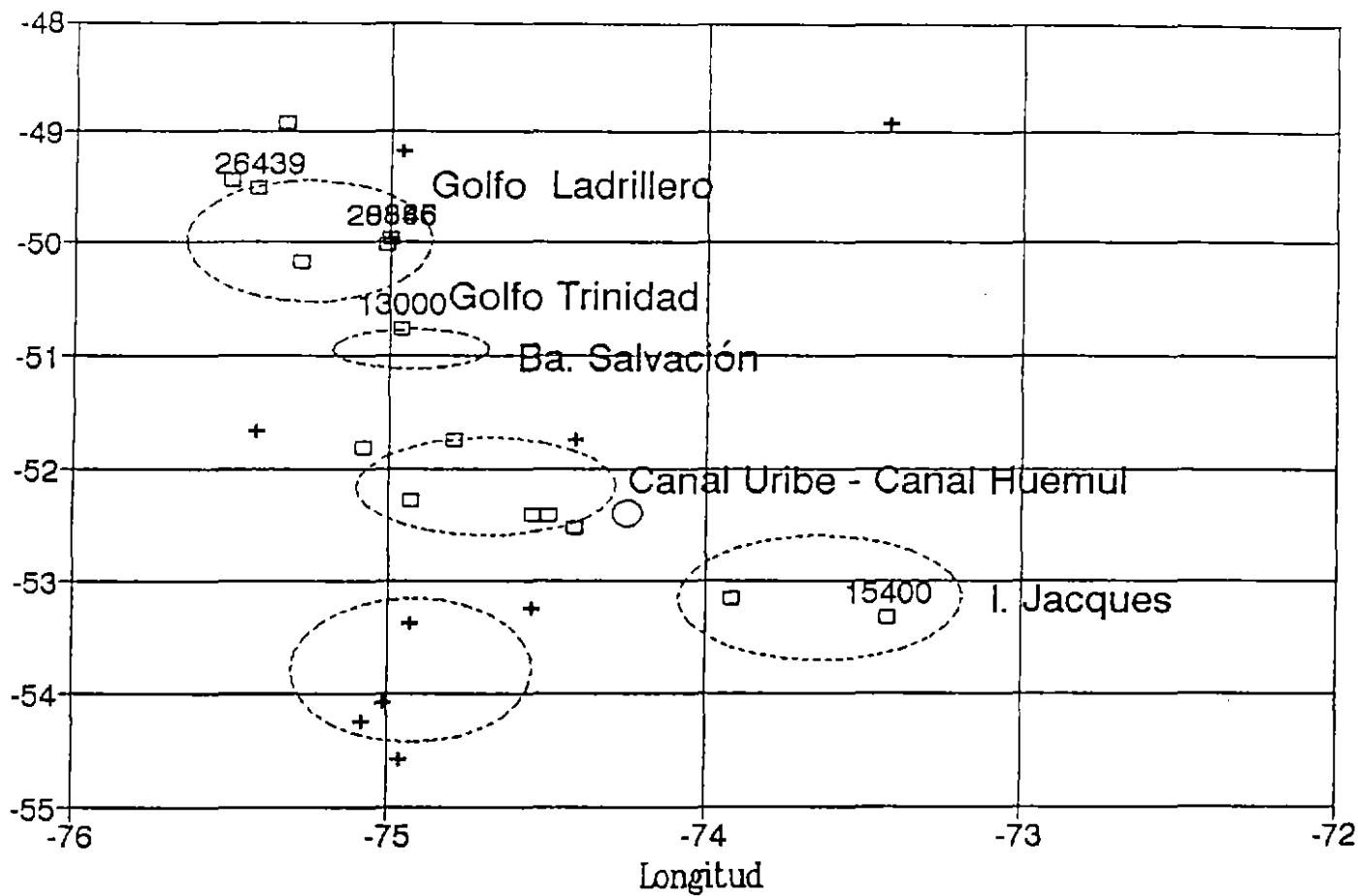


Figura 24. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la X Región





+ Verano-93    □ Invierno-93

Figura 26. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la XII Región

**ANEXO 3**

**ECUACIONES GENERALIZADAS Y CALCULO DE LA MATRIZ  
JACOBIANA DEL MODELO DE CAPTURA ORIGINAL,  
ECUACIONES 60 Y 61**

# 1 ECUACIONES GENERALIZADAS

## 1.1 Estructuras Básicas de Notación

$$\alpha_j^*(L,Z) = (L_{j+1,j})^{Z_{jo}(k)-1}$$

$$Z_{jo} = r_j F_0 + M$$

$$Z_{jo}(k) = \frac{Z_{jo}}{k}$$

$$l_j^* = a - b (\bar{l}_j - \bar{l}_1)^c$$

$$L_{j+1,j} = \left[ \frac{L_\infty - l_{j+1}}{L_\infty - l_j} \right]$$

$$\alpha_j(L,Z) = (L_{j+1,j})^{Z_{jo}(k)}$$

$$\beta_j(L,Z) = [1 - \alpha_j(L,Z)]$$

$$r_j = [1 + \exp [l_j^*]]^{-1}$$

$$\gamma_j = \exp(l_j^*) r_j^2$$

## 1.2 Reparametrización del Reclutamiento

$$R = \frac{N(l_1) k(L_\infty - l_1)}{r_1 F_0 + M} \left\{ 1 - (L_{2,1})^{\frac{r_1 F_0 + M}{k}} \right\}$$

$$N(l_1) = \frac{R(r_1 F_0 + M)}{K(L_\infty - l_1) \left\{ 1 - (L_\infty - (L_{2,1}))^{\frac{r_1 F_0 + M}{k}} \right\}}$$

## 1.3 Ecuación de la captura "C<sub>it'</sub>" generalizada

$$C_{it'} = [1 - \exp[-r_i F_t \delta_{t'}]] R \left\{ \frac{r_i F_0 + M}{r_i F_0 + M} \right\} L_{i^*,1} \dots$$

$$\prod_{j=1}^{i^*-1} (L_{j+1,j})^{\left(\frac{r_i F_0 + M}{k} - 1\right)} \left[ \frac{1 - (L_{i^*+1,i^*})^{\frac{r_i F_0 + M}{k}}}{1 - (L_{2,1})^{\frac{r_i F_0 + M}{k}}} \right] \nabla_{i'}^\beta \lambda$$

donde

$$\lambda = \begin{cases} 0 & \text{si } i=1 \quad \text{si } t' = 1,2 \\ 1 & \text{si } 1 \leq i \leq m \quad \text{si } t' = 1 \quad ; \quad 1 \leq i \leq m - 1 \quad \text{si } t' = 2 \end{cases}$$

$$\beta = \begin{cases} 0 & \text{si } t' = 1 \\ 1 & \text{si } t' = 2 \end{cases} ; \quad i^* = \begin{cases} i & \text{si } t' = 1 \\ i-1 & \text{si } t' = 2 \end{cases}$$

$$\nabla_{t'} = \begin{cases} 1 & \text{si } t' = 1 \\ \exp[-r_{i^*} F_1 \delta_1 - M[\Delta t - \delta_1]] & \text{si } t' = 2 \end{cases}$$

$$C_{m,2} = [1 - \exp[-r_m F_2 \delta_2]] N_{m,2} ; \quad i = m \wedge t' = 2$$

#### 1.4 Ecuación de la abundancia en número "N<sub>it'</sub>" generalizada

$$\hat{N}_{1,t'} = R \quad i = 1 \wedge t' = 1,2$$

$$\hat{N}_{i,t'} = R \left[ \frac{r_1 F_0 + M}{r_i F_0 + M} \right] (L_{i,1}) \prod_{j=1}^{i-1} (L_{j+1,j})^{\frac{r_j F_0 + M}{k} - 1} \dots$$

$$\left[ \frac{1 - (L_{i+1,i})^{\frac{r_i F_0 + M}{k}}}{1 - (L_{2,1})^{\frac{r_1 F_0 + M}{k}}} \right] \nabla_{t'}^1$$

$$\lambda = \begin{cases} 0 & \text{si } t' = 1 \\ 1 & \text{si } t' = 2 \end{cases}$$

$$\nabla_{t'} = \begin{cases} 1 & \text{si } t' = 1 ; 2 \leq i \leq m \\ \exp[-r_i F_1 \delta_1 - M(\Delta t - \delta_1)] & \text{si } t' = 2 ; 2 \leq i \leq m-1 \end{cases}$$

$$N_{m,2} = \sum_{i=m-1}^m N_{i1} \exp[-r_i F_1 \delta_1 - M(\Delta t - \delta_1)]$$

$$N_{m,2} = \sum_{i=m-1}^m \left( R \left[ \frac{r_1 F_0 + M}{r_i F_0 + M} \right] (L_{i,1})^i \prod_{j=1}^i (L_{j+1,j})^{\frac{r_j F_0 + M}{k} - 1} \dots \right)$$

$$\left[ \frac{1 - (L_{i+1,i})^{\frac{r_i F_0 + M}{k}}}{1 - (L_{2,1})^{\frac{r_1 F_0 + M}{k}}} \right] \exp[-r_i F_1 \delta_1 - M(\Delta t - \delta_1)]$$

## 2 DERIVADAS PARA EL CALCULO DEL JACOBIANO DE LAS CAPTURAS

### 2.1 Ecuación general de captura para la primera temporada de pesca

La ecuación general de captura para la primera temporada de pesca puede ser sintéticamente descrita como sigue

$$C_{it} = A_1 A_2 \{ A_3 A_4 A_j A_6 A_7 \}^{v_i}$$

donde  $v_i = \begin{cases} 0 & \text{si } i = 1 \\ 1 & \text{si } 2 \leq i \leq m \end{cases}$

$$A_1 = [1 - \exp[-r_i F_1 \delta_r]]$$

$$A_2 = R$$

$$A_3 = [Z_{10}/Z_{j0}]$$

$$A_4 = L_{i,1}$$

$$A_5 = \prod_{j=1}^{i-1} \alpha_j^* (L, Z)$$

$$A_6 = \left[ \frac{1 - \alpha_i^* (L, Z)}{1 - \alpha_1(L, Z)} \right]$$

$$A_7 = 1$$

## 2.2 Derivadas para el cálculo del Jacobiano de las capturas

Las derivadas de las identidades  $C_{iI}(\theta)$  ( $i=1, \dots, m$ ) necesarias para obtener la matriz de la forma y posteriormente el Jacobiano se obtienen a partir de las derivadas parciales de los elementos,  $A_k$ ;  $k = 1, 2, \dots, 7$ , respecto de las variables  $\Theta = a, b, c, F_0, F_1, F_2, R, M$ , respectivamente

Recordando que  $A'_k(\Theta)$  representa la derivada parcial de  $A_k(\Theta)$  con respecto al parámetro  $\Theta$  para  $A_1$  tenemos que

$$A'_1(a) = -F_1 \delta_1 \exp[-r_i F_1 \delta_1 + l_i^*] r_i^2$$

$$A'_1(b) = F_1 \delta_1 (\bar{l}_i - \bar{l}_1)^c \exp[-r_i F_1 \delta_1 + l_i^*] r_i^2$$

$$A'_1(c) = F_1 \delta_1 b (\bar{l}_i - \bar{l}_1)^c \ln[\bar{l}_i - \bar{l}_1] \exp[-r_i F_1 \delta_1 + l_i^*] r_i^2$$

$$A'_1(F_0) = A'_1(F_2) = A'_1(R) = A'_1(M) = 0$$

$$A'_1(F_1) = r_i \delta_1 \exp[-r_i F_1 \delta_1]$$



para  $A_2$

$$A_2'(a) = A_2'(b) = A_2'(c) = A_2'(F_0) = A_2'(F_1) = A_2'(F_2) = A_2'(M) = 0$$

$$A_2'(R) = 1$$

para  $A_3$

$$A_3'(a) = \frac{F_0}{Z_{i0}^2} (Z_{10} \gamma_i - z_{i0} \exp[a] r_1^2)$$

$$A_3'(b) = - \frac{F_0}{Z_{i0}^2} (\bar{l}_i - \bar{l}_1)^c Z_{10} \gamma_i$$

$$A_3'(c) = - \frac{F_0 b}{Z_{i0}^2} (\bar{l}_i - \bar{l}_1)^c \ln(\bar{l}_i - \bar{l}_1) Z_{10} \gamma_i$$

$$A_3'(F_0) = \frac{[Z_{i0} r_1 - Z_{10} r_i]}{Z_{i0}^2}$$

$$A_3'(F_1) = A_3'(F_2) = A_3'(R) = 0$$

$$A_3'(M) = \frac{F_0 [r_i - r_1]}{Z_{i0}^2}$$

para  $A_4$

$$A_4'(a) = A_4'(b) = A_4'(c) = A_4'(F_0) = A_4'(F_1) = A_4'(F_2) = A_4'(R) = A_4'(M) = 0$$

para  $A_5$

$$A_5'(a) = - \frac{F_0}{k} \prod_{j=1}^{i-1} \alpha_j^*(L, Z) \sum_{j=1}^{i-1} \ln (L_{j+1, j}) \gamma_j$$

$$A_5'(b) = \frac{F_0}{k} \prod_{j=1}^{i-1} \alpha_j^*(L, Z) \sum_{j=1}^{i-1} (\bar{l}_j - \bar{l}_1)^c \ln (L_{j+1, j}) \gamma_j$$

$$A_5'(c) = \frac{F_0 b}{k} \prod_{j=1}^{i-1} \alpha_j^*(L, Z) \sum_{j=1}^{i-1} (\bar{l}_j - \bar{l}_1)^c \ln (\bar{l}_j - \bar{l}_1) \ln (L_{j+1, j}) \gamma_j$$

$$A_5'(F_0) = \frac{1}{k} \prod_{j=1}^{i-1} \alpha_j^*(L, Z) \sum_{j=1}^{i-1} r_j \ln(L_{j+1, j})$$

$$A_5'(F_1) = A_5'(F_2) = A_5'(R) = 0$$

$$A_5'(M) = \frac{1}{k} \prod_{j=1}^{i-1} \alpha_j^*(L, Z) \sum_{j=1}^{i-1} \ln(L_{j+1, j})$$

para  $A_6$

$$A_6'(a) = \frac{F_0}{k \beta_1^2(L, Z)} \{ \beta_1(L, Z) \alpha_i(L, Z) \ln(L_{i+1, i}) \gamma_i - \dots$$

$$\beta_i(L, Z) \alpha_i(L, Z) \ln(L_{2, 1}) \gamma_1 \}$$

$$A_6'(b) = \frac{F_0 (\bar{l}_i - \bar{l}_1)^c}{k \beta_1(L, Z)} \alpha_i(L, Z) \ln(L_{i+1, i}) \gamma_i$$

$$A_6'(c) = \frac{F_0 b(\bar{l}_i - \bar{l}_1)^c}{k \beta_1(L, Z)} \ln(\bar{l}_i - \bar{l}_1) \alpha_i(L, Z) \ln(L_{i+1, i}) \gamma_i$$

$$A'_6(F_0) = \frac{1}{k\beta_1^2(L,Z)} \{ r_1 \beta_1(L,Z) \alpha_i(L,Z) \ln(L_{2,1}) - r_1 \beta_1(L,Z) \alpha_i(L,Z) \ln(L_{i+1,i}) \}$$

$$A'_6(F_1) = A'_6(F_2) = A'_6(R) = 0$$

$$A'_6(M) = \frac{1}{k\beta_1^2(L,Z)} \{ \beta_1(L,Z) \alpha_i(L,Z) \ln(L_{2,1}) - \beta_1(L,Z) \alpha_i(L,Z) \ln(L_{i+1,i}) \}$$

para  $A_7$

$$A'_7(a) = A'_7(b) = A'_7(c) = A'_7(F_0) = A'_7(F_1) = A'_7(F_2) = A'_7(R) = A'_7(M) = 0$$

### 2.3 Ecuación general de captura para la segunda temporada de pesca

La ecuación de captura para la segunda temporada  $C_{i2}$  ( $i=1, \dots, m-1$ ), siguiendo la notación anterior, incluye el término  $A_7$  de la forma.

$$A_7 = \exp [- r_i F_i \delta_1 - M(\Delta t - \delta_1)]$$

Luego para  $C_{12}$  las derivadas de los primeros seis términos  $A_i (i=1 \dots 6)$  respecto a los parámetros se mantienen, según se expresan en la etapa anterior, modificándose sólo las derivadas de  $A_7$ .

Para  $A_7$

$$A_7'(a) = - \exp[r_i F_i \delta_1 - M(\Delta t - \delta_1)] F_1 \delta_1 \gamma_i$$

$$A_7'(b) = - \exp[r_i F_i \delta_1 - M(\Delta t - \delta_1)] F_1 \delta_1 (\bar{l}_i - \bar{l}_1)^c \gamma_i$$

$$A_7'(c) = - \exp[r_i F_i \delta_1 - M(\Delta t - \delta_1)] F_1 \delta_1 b (\bar{l}_i - \bar{l}_1)^c \ln(\bar{l}_i - \bar{l}_1) \gamma_i$$

$$A_7'(F_0) = A_7'(F_2) = A_7'(R) = 0$$

$$A_7'(F_1) = - \exp[r_i F_i \delta_1 - M(\Delta t - \delta_1)] r_i \delta_1$$

$$A_7'(M) = - \exp[r_i F_i \delta_1 - M(\Delta t - \delta_1)] (\Delta t - \delta_1)$$

#### 2.4 Ecuación de capturas para la segunda temporada en la última talla.

La ecuación de captura para la segunda temporada en la última clase de talla  $m$ , se expresa por

$$C_{m,2} = (1 - \exp(-r_m F_2 \delta_2)) N_{m,2}$$

$$C_{m,2} = (1 - \exp(-r_m F_2 \delta_2)) \sum_{i=m-1}^m N_{i,1} \exp(-r_i F_1 \delta_1 - M(\Delta t - \delta_1))$$

$$N_{i,2} = R \left[ \frac{r_1 F_0 + M}{r_i F_0 + M} \right] (L_{i+1}) \prod_{j=1}^{i-1} (L_{j+1,j})^{\frac{r F_0 + M}{k} - 1} \left[ \frac{1 - (L_{i+1,i})^{\frac{r F_0 + M}{k}}}{1 - (L_{2,1})^{\frac{r F_0 + M}{k}}} \right]$$

Reescribiendo la ecuación de captura  $C_{m,2}$  en una forma sintética equivalente se tiene

$$C_{m,2} = A_1 \sum_{i=m-1}^m (A_2 A_3 A_4 A_5 A_6 A_7)_i$$

donde las cantidades  $A_k$  ( $k=2, \dots, 7$ ) se corresponden en su estructura a las definidas previamente, salvo en el subíndice de la clase de talla específica, que en este caso, debe ser reemplazada por  $i=m-1$ ,  $i=m$ , según corresponda. La cantidad  $A_1$  es ahora de la forma

$$A_1 = [1 - \exp(-r_m F_2 \delta_2)]$$

Las derivadas de  $A_k$  ( $k=2,\dots,7$ ) no se modifican excepto por el subíndice de la clase; las derivadas de  $A_1$  son

$$A_1'(a) = \exp(-r_m F_2 \delta_2) F_2 \delta_2 \gamma_m$$

$$A_1'(b) = - \exp(-r_m F_2 \delta_2) F_2 \delta_2 (\bar{l}_m - \bar{l}_1)^c \gamma_m$$

$$A_1'(c) = - \exp(-r_m F_2 \delta_2) F_2 \delta_2 b (\bar{l}_m - \bar{l}_1)^c \ln(\bar{l}_m - \bar{l}_1) \gamma_m$$

$$A_1'(F_0) = A_1'(F_1) = A_1'(R) = A_1'(M) = 0$$

$$A_1'(F_2) = \exp(-r_m F_2 \delta_2) r_m \delta_2$$

ANEXO 4

CALCULO DE LA MATRIZ JACOBIANA PARA  
EL MODELO AJUSTADO DE LAS  
ECUACIONES DE CAPTURAS



1 Ecuaciones ajustadas de la captura para la primera y segunda temporada de pesca

Estructuras básicas de notación

$$l^*_j = a - b(I_j - I_1)^2$$

$$v_j = \exp(l^*_j) r^2_j$$

$$v_i = \sum_{j=1}^{i-1} (r_j F_0 + M) + \frac{(r_i F_0 - r_1 F_0)}{2}$$

1.1 Ecuaciones primera temporada de pesca

$$C_{1,1} = R[1 - \exp(-r_1 F_1 \delta_1)] \quad ; \quad i=1$$

$$C_{i,1} = R[1 - \exp(-r_i F_1 \delta_1)] \exp(-v_i \Delta t) \quad ; \quad i=2, \dots, n-1$$

1.2 Ecuaciones segunda temporada de pesca

$$C_{1,2} = R[1 - \exp(-r_1 F_2 \delta_2)] \quad ; \quad i=1$$

$$C_{i,2} = [R \exp(-v_{i-1} \Delta t) - C_{i-1,1}] (1 - \exp(-r_i F_2 \delta_2)) \dots$$

Para  $A_1$ , se tiene

$$\dot{A}_1(R) = 1$$

$$\dot{A}'_1(a) = \dot{A}'_1(b) = \dot{A}'_1(c) = \dot{A}'_1(F_0) = \dot{A}'_1(F_1) = \dot{A}'_1(F_2) = \dot{A}'(M) = 0$$

Para  $A_2$

$$\dot{A}'_2(b) = \dot{A}'_2(c) = \dot{A}'_2(F_0) = \dot{A}'_2(F_2) = \dot{A}'(M) = 0$$

$$\dot{A}'_2(a) = -F_1 \delta_1 \exp(-r_1 F_1 \delta_1) \gamma_1$$

$$\dot{A}'_2(b) = -(I_1 - I_1)^c \dot{A}'_2(a)$$

$$\dot{A}'_2(c) = b \ln(I_1 - I_1) \dot{A}'_2(b)$$

$$\dot{A}'_2(F_1) = r_1 \delta_1 \exp(-r_1 F_1 \delta_1)$$

Las derivadas  $\dot{A}'_2(b) = \dot{A}'_2(c) = 0$ , para  $C_{1,1}(\otimes)$

para  $A_3$

$$\dot{A}'_3(F_1) = \dot{A}'_3(F_2) = \dot{A}'_3(R) = 0$$

$$A'_3(a) = F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-1} \gamma_j + \frac{1}{2} \gamma_i - \frac{1}{2} \gamma_1 \right\} \exp(-v_i \Delta t)$$

$$A'_3(b) = -F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-1} \gamma_j (I_i - I_1)^c + \frac{1}{2} \gamma_i (I_i - I_1)^c \right\} \exp(-v_i \Delta t)$$

$$A'_3(c) = -F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-1} \gamma_j (I_j - I_1)^c b \ln(I_j - I_1) + \dots \right.$$

$$\left. \frac{1}{2} \gamma_i (I_i - I_1)^c b \ln(I_i - I_1) \right\} \exp(-v_i \Delta t)$$

$$A'_3(F_0) = - \left\{ \sum_{j=1}^{i-1} r_j + \frac{r_i}{2} - \frac{r_1}{2} \right\} \exp(-v_i \Delta t)$$

$$A'_3(M) = -\Delta t (i-1) \exp(-v_i \Delta t)$$

3 Derivadas para el calculo del jacobiano de las capturas ajustadas para la segunda temporada de pesca

1.- Las ecuaciones generales de captura para la segunda temporada  $C_{i,2}$  ( $i=1, \dots, n-1$ ), se expresa en forma sintética en los términos siguientes.

$$C_{i,2} = B_1 B_2 \quad ; \quad i=1$$

$$C_{i,2} = (B_1 B_3 - B_5) B_2 B_4 \quad ; \quad i=2, \dots, n-2$$

$$C_{i,2} = (D_1(D_3+D_6) - D_2 D_4) \quad ; \quad i=n-1$$

donde

$$B_1 = R$$

$$B_2 = 1 - \exp(-I_1 F_2 \delta_2)$$

$$B_3 = \exp(-v_{i-1} \Delta t)$$

$$B_4 = \exp(-M(\Delta t - \delta_1))$$

$$B_5 = C_{i-1,1}$$

$$D_1 = B_1$$

$$D_2 = B_2$$

$$D_3 = \exp(-v_{n-2} \Delta t)$$

$$D_4 = B_4$$

$$D_5 = C_{n-2,1} + C_{n-1,1}$$

$$D_6 = \exp(-v_{n-1} \Delta t)$$

2.- Derivadas de las identidades  $C_{i,1}(\theta)$  ( $i=1, \dots, n-1$ ) necesarias para obtener la matriz de la forma, para la segunda temporada de pesca.

Para  $B_1$

$$B'_1(R) = 1$$

$$B'_1(a) = B'_1(b) = B'_1(c) = B'_1(F_0) = B'_1(F_1) = B'_1(F_2) = B'_1(M) = 0$$

Para  $B_2$

$$B'_2(b) = B'_2(c) = B'_2(F_0) = B'_2(F_1) = B'_2(R) = B'_2(M) = 0$$

$$B'_2(a) = -F_2 \delta_2 \exp(-I_1 F_2 \delta_2) \gamma_1$$

$$B'_2(b) = -(I_1 - \bar{I}_1)^\alpha B'_2(a)$$

$$B'_2(c) = \ln(I_i - I_1) B'_2(b)$$

$$B'_2(F_2) = r_1 \delta_2 \exp(-r_1 F_2 \delta_2)$$

Las derivadas  $B'_1(b) = B'_1(c) = 0$  para  $C_{1,1}(\theta)$ .

para  $B_1$

$$B'_3(R) = B'_3(F_2) = 0$$

$$B'_3(a) = F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-2} \gamma_j + \frac{1}{2} \gamma_{i-1} - \frac{1}{2} \gamma_1 \right\} \exp(-v_{i-1} \Delta t)$$

$$B'_3(b) = -F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-2} \gamma_j (I_j - I_1)^c + \frac{1}{2} \gamma_{i-1} (I_{i-1} - I_1)^c \right\} \exp(-v_{i-1} \Delta t)$$

$$B'_3(c) = -F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-2} \gamma_j (I_j - I_1)^c b \ln(I_j - I_1) + \dots \right.$$

$$\left. \frac{1}{2} \gamma_{i-1} (I_{i-1} - I_1)^c b \ln(I_{i-1} - I_1) \right\} \exp(-v_{i-1} \Delta t)$$

$$B'_3(F_0) = - \left\{ \sum_{j=1}^{i-2} r_j + \frac{r_{i-1}}{2} - \frac{r_1}{2} \right\} \Delta t \exp(-v_{i-1} \Delta t)$$

$$B'_3(M) = -\Delta t (i-2) \exp(-v_{i-1} \Delta t)$$

Para B<sub>4</sub>

$$B'_4(a) = B'_4(b) = B'_4(c) = B'_4(F_0) = B'_4(F_1) = B'_4(F_2) = B'_4(R) = 0$$

$$B'_4(M) = -(\Delta t - \delta_1) \exp(-M(\Delta t - \delta_1))$$

$$B'_5(\theta) = D_3(\theta) = 0 \quad \forall \theta$$

Para D<sub>3</sub>

$$D'_3(R) = D'_3(F_2) = 0$$

$$D'_3(a) = F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-3} \gamma_j + \frac{1}{2} \gamma_{n-2} - \frac{1}{2} \gamma_1 \right\} \exp(-v_{n-2} \Delta t)$$

$$D'_3(b) = -F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-3} \gamma_j (I_j - I_1)^c + \frac{1}{2} \gamma_{n-2} (I_{n-2} - I_1)^c \right\} \exp(-v_{n-2} \Delta t)$$

$$D'_3(c) = -F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-3} \gamma_j (I_j - I_1)^c b \ln(I_j - I_1) + \dots \right.$$

$$\left. \frac{1}{2} \gamma_{n-2} (I_{n-2} - I_1)^c b \ln(I_{n-2} - I_1) \right\} \exp(-v_{n-2} \Delta t)$$

$$D'_3(F_0) = -\left(\sum_{j=1}^{i-3} I_j + \frac{I_{n-2}}{2} + \frac{I_1}{2}\right) \Delta t \exp(-v_{n-2} \Delta t)$$

$$D'_3(M) = -\Delta t(i-3) \exp(-v_{n-2} \Delta t)$$

Para D<sub>6</sub>

$$D'_6(R) = D'_6(F_2) = 0$$

$$D'_6(a) = F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-2} \gamma_j + \frac{1}{2} \gamma_{n-1} - \frac{1}{2} \gamma_1 \right\} \exp(-v_{n-1} \Delta t)$$

$$D'_6(b) = -F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-2} \gamma_j (I_j - I_1)^c + \frac{1}{2} \gamma_{n-1} (I_{n-1} - I_1)^c \right\} \exp(-v_{n-1} \Delta t)$$

$$D'_6(c) = -F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-2} \gamma_j (I_j - I_1)^c b \ln(I_j - I_1) + \dots \right.$$

$$\left. \frac{1}{2} \gamma_{n-1} (I_{n-1} - I_1)^c b \ln(I_{n-1} - I_1) \right\} \exp(-v_{n-1} \Delta t)$$

$$D'_6(F_0) = -\Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-2} I_j + \frac{I_{n-1}}{2} - \frac{I_1}{2} \right\} \exp(-v_{n-1} \Delta t)$$

$$D'_6(M) = -\Delta t(i-2) \exp(-v_{n-1} \Delta t)$$



ANEXO 5

PROGRAMA COMPUTACIONAL DEL MODELO ACTII

## PROGRAMA DE COMPUTO DEL MODELO DE ESTIMACION

### Programas y subrutinas

#### ACT.M

```
echo off
clear
%   ANALISIS DE COMPOSICION DE TALLAS (ACTII)
%
%   Modelo de estimación para dos temporadas
%   de captura, basado en la proyección de
%   cohortes verdaderas.
%
%   Menu Principal
%-----
clc
while 1
    clc
    help actmenu1
    opciones=['actinput'
              'simplex '
              'newton '];
    opcion=input('Elija opcion :');
    if ((opcion<=0)|(opcion>3))
        break
    end
    opciones=opciones(opcion,:);
    eval(opciones)
end
```

#### ACTMENU1.M

```
%   -----Menu-----
%
%   1) Ingreso de datos
%   2) Simplex
%   3) Cuasi-Nexton (no disponible)
%
%   0) Salir
%-----
```

### ACTINPUT.M

```
echo off
%   MENU DE INGRESO DE DATOS
%-----
    clc
    while 1
        clc
        help actmenu2
        opciones=['actcon'
                  'actasc'
                  'actmat'];
        opcion=input('Elija opcion :');
        if ((opcion<=0)|(opcion>3))
            break
        end
        opciones=opciones(opcion,:);
        eval(opciones)
    end
```

### ACTMENU2.M

```
%   -----Menu-----
%
%   1) De la consola
%   2) De un archivo ASCII (file.dat)
%   3) De un archivo MATLAB (file.mat)
%
%   0) Salir
%-----
```

### ACTCON.M

```
echo off
clc
%   SUBROUTINA DE INGRESO DE DATOS POR CONSOLA
%-----
mues = input(' Muestra ? ','s');
l(1) = input(' Extremo inferior del primer intervalo ? ');
nint = input(' Número de intervalos ? ');
par0 = input(' Parámetros conocidos :[Linf K deltat delta1 delta2] ? ');
Linf = par0(1);
K = par0(2);
deltat= par0(3);
delta1= par0(4);
delta2= par0(5);
rho = exp(-K*deltat);
```

```

u = 0:nint-1;
l = [Linf*(1-rho.^u)+rho.^u*l(1);Linf];
for i=1:nint
    capo(i) = input([' Frecuencia(',num2str(round(l(i))),'-
',num2str(round(l(i+1))),')?']);
end
par = input(' Valores iniciales de parámetros a estimar :[R F0 F1 F2 M a b c] ?
');
eval(['save ',mues])

```

### ACTASC.M

```

echo off
clc,clg
% SUBROUTINA DE INGRESO DE DATOS
% DESDE UN ARCHIVO ASCII
%-----
archivo = input(' Archivo de datos ? ','s');
eval(['load ', archivo]);
ldata = eval(archivo(1:length(archivo)-4));
l = ldata(:,1);
capo = ldata(:,2);
par = input(' Valores iniciales de parámetros a estimar :[R F0 F1 F2 M a b
c] ? ');
eval(['save ', archivo(1:length(archivo)-4)])

```

### ACTMAT.M

```

echo off
clc
% SUBROUTINA DE INGRESO DE DATOS
% DESDE UN ARCHIVO MATLAB
%-----
archivo = input(' Archivo de datos ? ','s');
eval(['load ', archivo]);

```

## SIMPLEX.M

echo off

clc

% SUBROUTINA DE MINIMOS CUADRADOS NO LINEALES

% (METODO SIMPLEX ) Y RESULTADOS

%-----

global capo l Linf K deltat delta1 delta2

% ---- Minimización ----

par = fmins('resid',par);

SSQ = resid(par);

% ---- Gráfico del ajuste ----

capp = capest1(par(1),par(2),par(3),par(4),par(5),par(6),par(7),...

par(8),Linf,K,deltat,delta1,delta2);

[n,m]= size(capo);

[p,q]= size(par);

Capp = reshape(capp,n/2,2);

Capo = reshape(capp,n/2,2);

plot(l(1:n/2,1),Capp,l(1:n/2,1),Capo,'o');

x=.6;

y=.8;

text(x,y,['Residual= ' num2str(SSQ)],'sc'),pause

% ---- Matriz de varianza-covarianza ----

sigma2= SSQ/(n-p);

X=jacob1(par);

COVAR=sigma2\*inv(X\*X);

% ---- Despliegue de resultados ----

disp('Parámetros estimados:')

disp(' ')

fprintf('R = %9.0fn',par(1))

fprintf('F0 = %9.3fn',par(2))

fprintf('F1 = %9.3fn',par(3))

fprintf('F2 = %9.3fn',par(4))

fprintf('M = %9.3fn',par(5))

fprintf('a = %9.3fn',par(6))

fprintf('b = %9.3fn',par(7))

fprintf('c = %9.3fn\n',par(8))

disp('SSQ:')

```

fprintf('%e\n\n',SSQ)
[F,N]=nfest(par(1),par(2),par(3),par(4),par(5),par(6),par(7),...
    par(8),Linf,K,deltat,delta1,delta2);
Z=F+M;
disp('-----')
disp('L   Ct1   Ft0   Zt0   Ft1   Zt1   Nt1')
disp('-----')
for i=1:n
    fprintf('%4.0f,l(i))
    fprintf(' %6.0f,Capo(i,1))
    fprintf(' %7.0f,F(i,1))
    fprintf(' %4.4f,Z(i,1))
    fprintf(' %7.0f,F(i,2))
    fprintf(' %4.4f,Z(i,2))
    fprintf(' %7.0fn',N(i,j))
end
disp('-----')
disp('-----')
disp('L   Ct2   Ft2   Zt2   Nt2')
disp('-----')
for i=1:n
    fprintf('%4.0f,l(i))
    fprintf(' %6.0f,Capo(i,2))
    fprintf(' %7.0f,F(i,3))
    fprintf(' %4.4f,Z(i,3))
    fprintf(' %7.0fn',N(i,2))
end
disp('-----')
fprintf('Captura total primera temporada = %9.0fn',sum(Capo(:,1))
fprintf('Captura total segunda temporada = %9.0fn',sum(Capo(:,2))
fprintf('Stock total primera temporada = %9.0fn',sum(N(:,1))
fprintf('Stock total segunda temporada = %9.0fn',sum(N(:,2))
echo on
pause %pulse una tecla para continua

```

## Funciones

### RESID.M

```

function ssq=resid(par)
    global capo l Linf K deltat delta1 delta2
    capp = capest1(par(1),par(2),par(3),par(4),par(5),par(6),par(7),...
        par(8),Linf,K,deltat,delta1,delta2);
    ssq = sum((capo-capp).^2);%...
        %+penal(par(1),par(2),par(3),par(4),par(5),par(6),par(7),par(8));
    [n,m]= size(capo);

```

```

Capp = reshape(capo,n/2,2);
Capo = reshape(capp,n/2,2);
figure(1)
plot(l(1:n/2,1),Capp,l(1:n/2,1),Capo,'o');
x=.6;
y=.8;
text(x,y,['Residual= ' num2str(ssq)],'sc')

```

### CAPEST1.M

```

function Cap=capest1(R,F0,F1,F2,M,a,b,c,Linf,K,deltat,delta1,delta2)
    global l capo
    [n,m]=size(l);
    r=selec(a,b,c);
    F=r*F0;
    Z=F+M;
    Ft1=r*F1;
    Ft2=r*F2;
    SUMZ=cumsum(Z);
    Nt1(1)=R;
    Nt1(2:n-2,1)=R*exp(-deltat*(SUMZ(1:n-3)+(F(2:n-2)-F(1))/2));
    Nt1(n-1)=R*exp(-deltat*(SUMZ(n-2)-Z(1)/2))/(Z(n-1)*deltat);
    mut1=(1-exp(-Ft1*delta1));
    Cap(1:n-1,1)=mut1.*Nt1;
    Nt2(1)=R;
    Nt2(2:n-2,1)=(Nt1(1:n-3)-capo(1:n-3))*exp(-M*(deltat-delta1));
    Nt2(n-1)=(Nt1(n-2)+Nt1(n-1)-capo(n-2)-capo(n-1))*exp(-M*(deltat-delta1));
    mut2=(1-exp(-Ft2*delta2));
    Cap(n:2*(n-1),1)=mut2.*Nt2;

```

### SELEC.M

```

function r=selec(a,b,c)
    global l
    [n,m]=size(l);
    lmid=l(1:n-1)+diff(l)/2;
    u=ones(size(lmid));
    r=u./(1+exp(a-b*(lmid-lmid(1)).^c));

```

### JACOB1.M

```

function J=jacob1(par)
    global Linf K deltat delta1 delta2
    h=sqrt(eps)*abs(par).*sign(par);
    cap1=capest1(par(1),par(2),par(3),par(4),par(5),par(6),par(7),par(8),...
        Linf,K,deltat,delta1,delta2);

```

```

[m,n]=size(par);
for i=1:n
    cap2=capest1(par(1)+h(i)*(i==1),par(2)+h(i)*(i==2),par(3)+h(i)*(i==3),...
        par(4)+h(i)*(i==4),par(5)+h(i)*(i==5),par(6)+h(i)*(i==6),...
        par(7)+h(i)*(i==7),par(8)+h(i)*(i==8),Linf,K,deltat,delta1,delta2);
    J(:,i)=(cap2-cap1)./h(i);
end

```

### NFEST.M

```

function [N,F]=nfest(R,F0,F1,F2,M,a,b,c,Linf,K,deltat,delta1,delta2)
    global l capo
    [n,m]=size(l);
    r=selec(a,b,c);
    F=r*F0;
    Z=F+M;
    Ft1=r*F1;
    Ft2=r*F2;
    SUMZ=cumsum(Z);
    Nt1(1)=R;
    Nt1(2:n-2,1)=R*exp(-deltat*(SUMZ(1:n-3)+(F(2:n-2)-F(1))/2));
    Nt1(n-1)=R*exp(-deltat*(SUMZ(n-2)-Z(1)/2))/(Z(n-1)*deltat);
    Nt2(1)=R;
    Nt2(2:n-2,1)=(Nt1(1:n-3)-capo(1:n-3))*exp(-M*(deltat-delta1));
    Nt2(n-1)=(Nt1(n-2)+Nt1(n-1)-capo(n-2)-capo(n-1))*exp(-M*(deltat-delta1));
    N=[Nt1 Nt2];
    F=[F F1 F0];

```



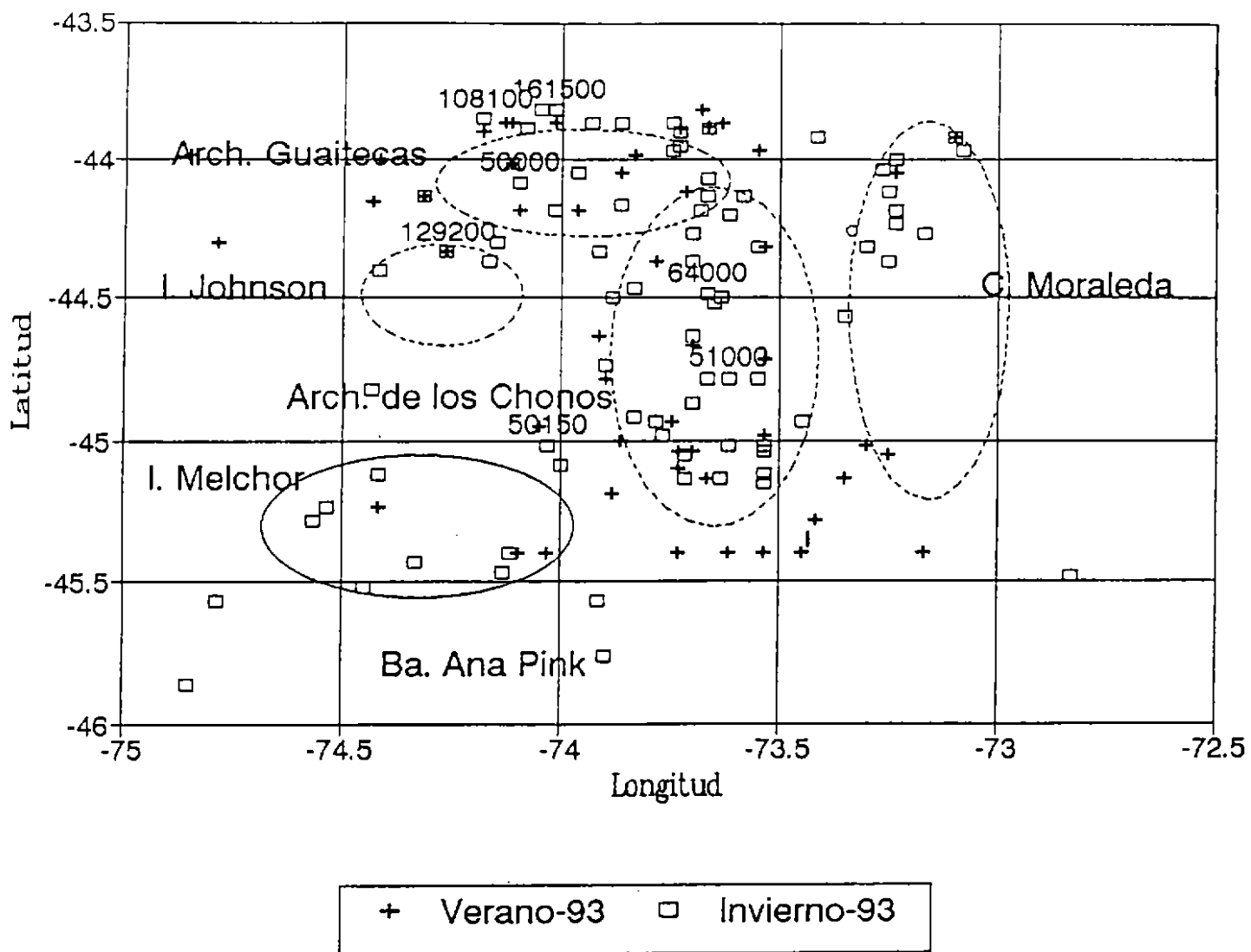


Figura 25. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la XI Región