

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

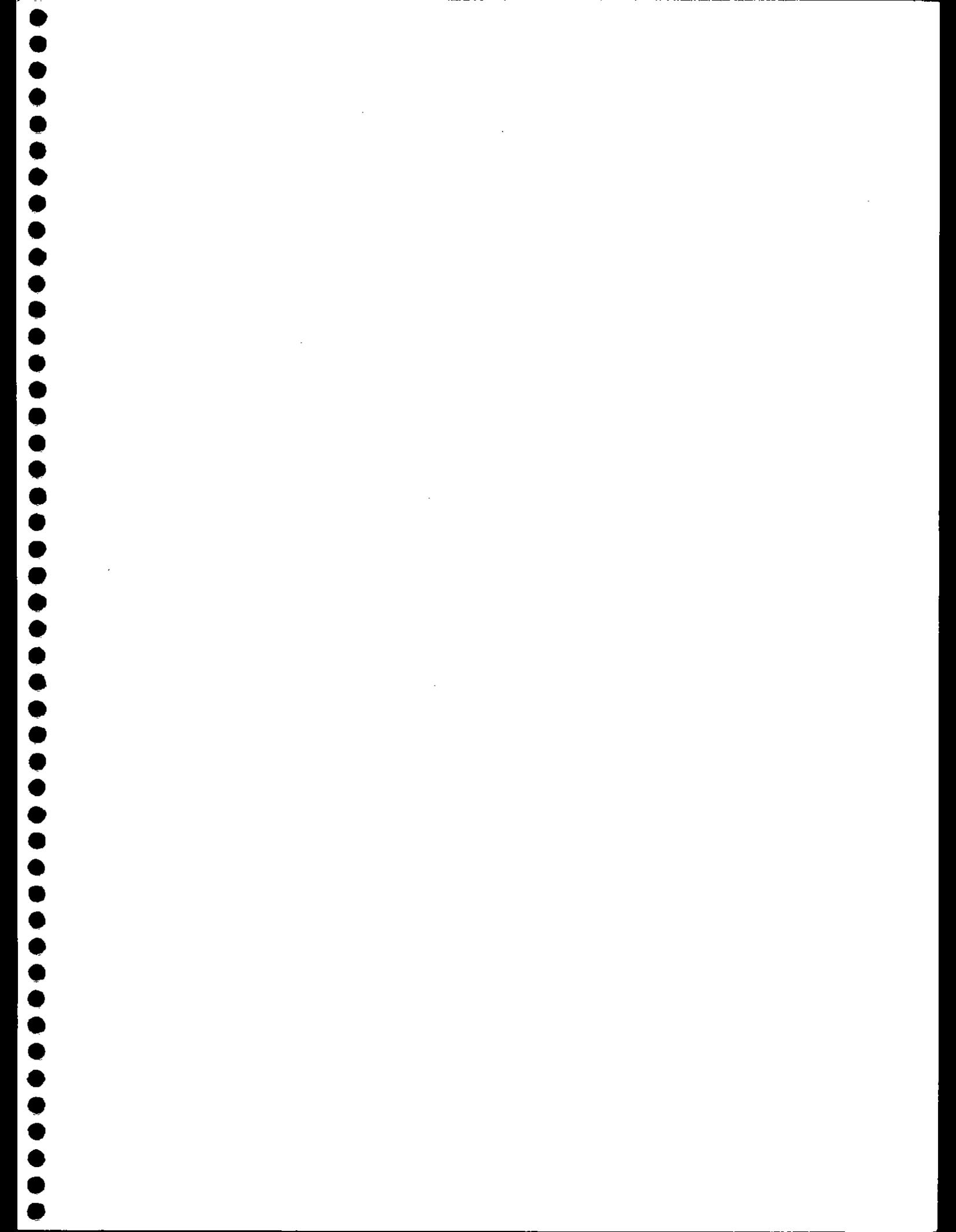
"MONITOREO DE LA PESQUERIA Y EVALUACION
INDIRECTA DEL STOCK DE LOCO
(I A XII REGIONES)"

- 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 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

I OBJETIVOS	1
1 Objetivos General	1
2 Objetivos Específicos	1
II ANTECEDENTES	1
III METODOLOGIA	2
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.) 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 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
IV RESULTADOS Y ANALISIS	29
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
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
2.2 Modelo de Evaluación en Tallas para las 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 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

V DISCUSION Y CONCLUSIONES	131
-----------------------------------	------------

VI BIBLIOGRAFIA	140
------------------------	------------

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 C. concholepas de las caletas muestreadas de la II región
Figura 2	Ranking del desembarque de C. concholepas de las caletas muestreadas de la III región
Figura 3	Ranking del desembarque de C. concholepas de las caletas muestreadas de la IV región
Figura 4	Ranking del desembarque de C. concholepas de las caletas muestreadas de la V región
Figura 5	Ranking del desembarque de C. concholepas 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.

Etapas 2

1. Coordinaciones

Tanto a nivel nacional como regional se coordinaron actividades de apoyo a la operación de terreno, participando en éstas las siguientes 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 %
	DESEMBARQUE (OFICIAL)	MUESTREO (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 TALTAL CALETA COLOSO TOCOPILLA
III	PAN DE AZUCAR PUERTO VIEJO CARRIZAL BAJO HUASCO * CHAÑARAL DE ACEITUNO
IV	PUNTA CHOROS CALETA HORNOS PTO. ALDEA * SAN LORENZO RIO LIMARI PUERTO OSCURO PUERTO MANSO HUENTELAUQUEN TOTOTALILLO PICHIDANGUI CHUNGUNGO LA CEBADA SIERRA MAITENCILLO CHIGUALOCO SAN PEDRO LAS CONCHAS COQUIMBO S/D TALQUILLA

Cont'

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

Cont'

REGION	PUNTOS DE DESEMBARQUE
X	CORRAL NIEBLA ESTAQUILLA BAHIA MANSA CALBUCO MAULLIN AMORTAJADO CARELMAPU CHINQUIHUE ANCUD PIÑIHUIL PUDETO QUELLON
XI	PUERTO CHACABUCO MELINKA PUERTO AGUIRRE
XII	PUNTA ARENAS BAHIA MANSA PUERTO EDEN 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 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_{∞}), 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_∞ 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

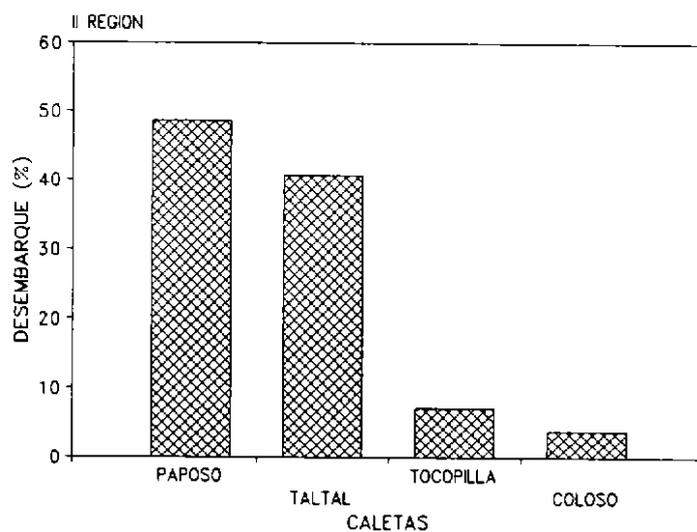


Fig. 1: Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

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

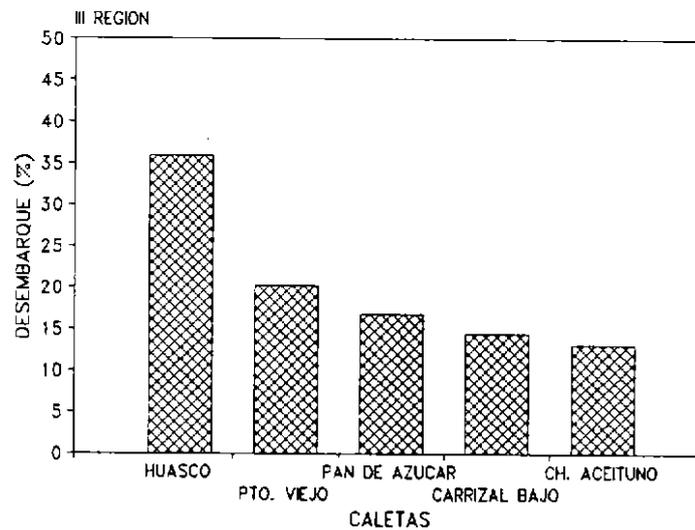


Fig. 2: Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

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
TOTALALILLO	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

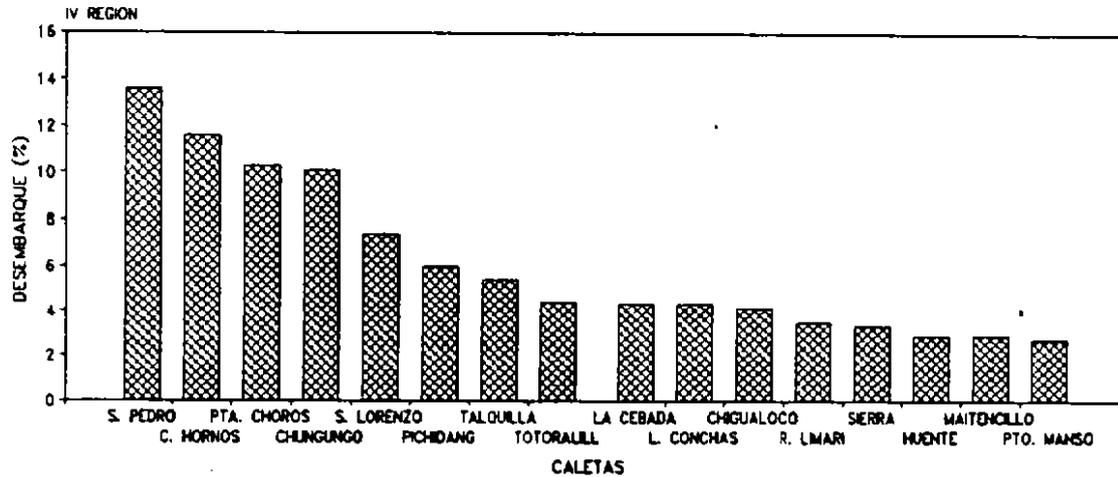


Fig. 3 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

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

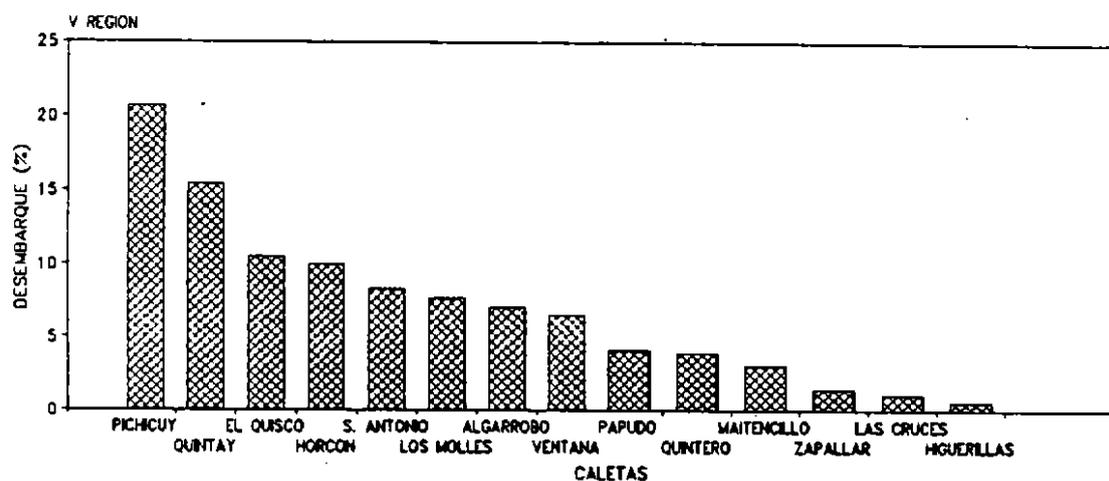


Fig. 4 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

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

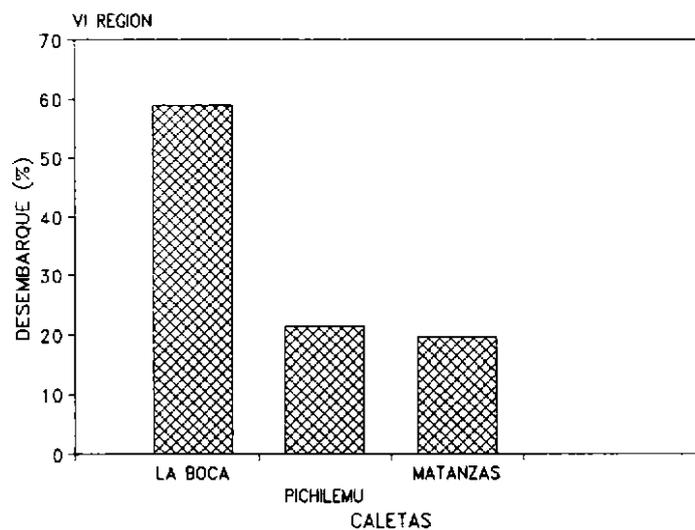


Fig. 5 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

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

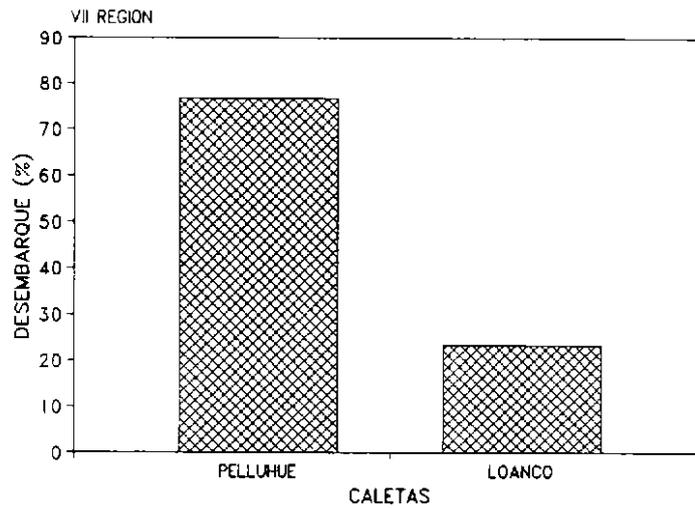


Fig. 6 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

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

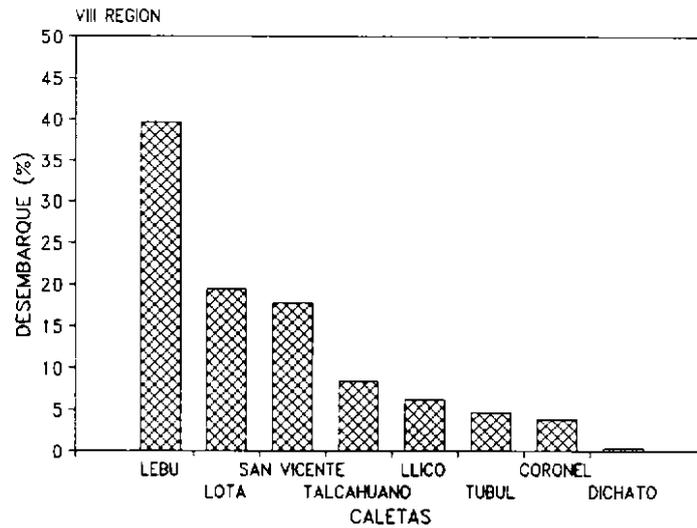


Fig. 7 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

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

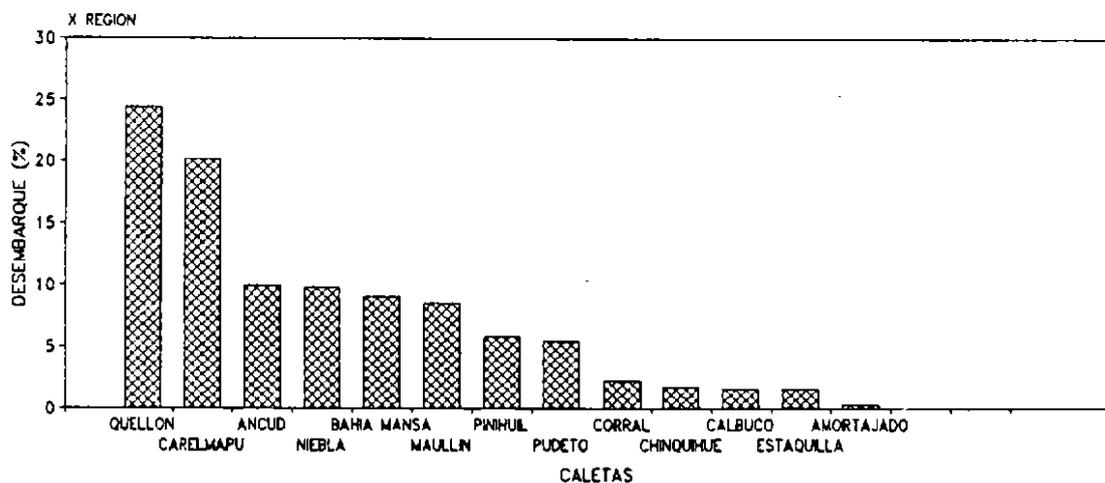


Fig. 8 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

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

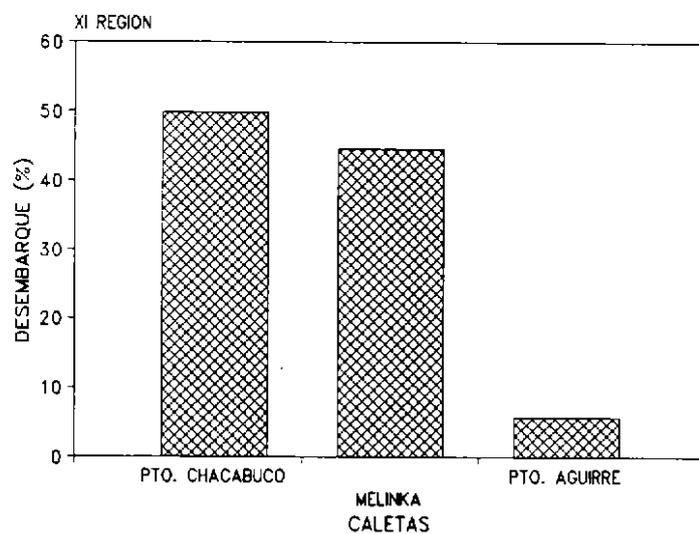


Fig. 9 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

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

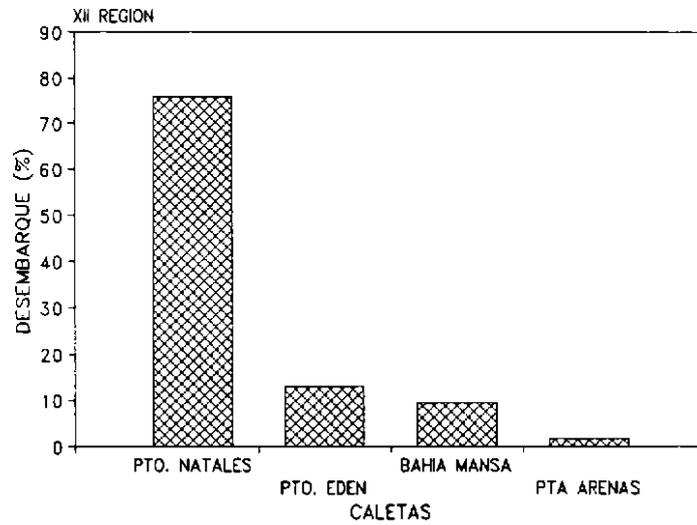


Fig. 10 Ranking del desembarque de *C. concholepas* de las caletas muestreadas

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										
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	X	XI	XII	TOTAL
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 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 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 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

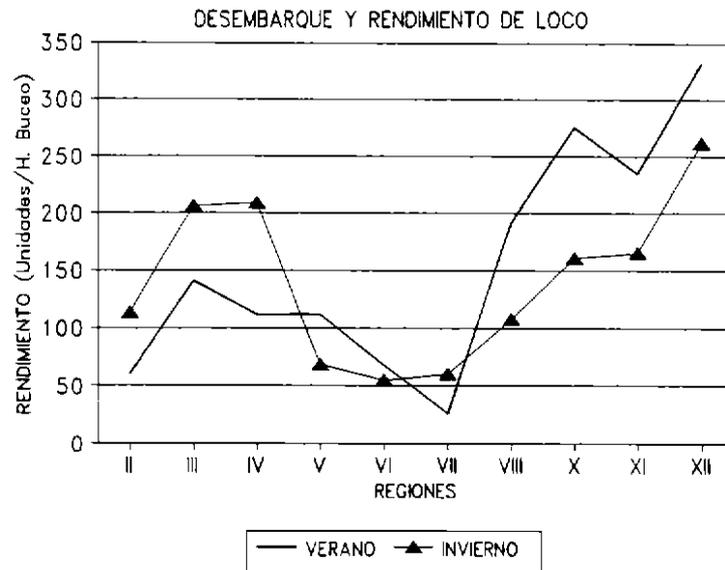


Fig 11. Rendimiento de pesca de *C. concholepas* del monitoreo de verano e invierno 1993, por región

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 número 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 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 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

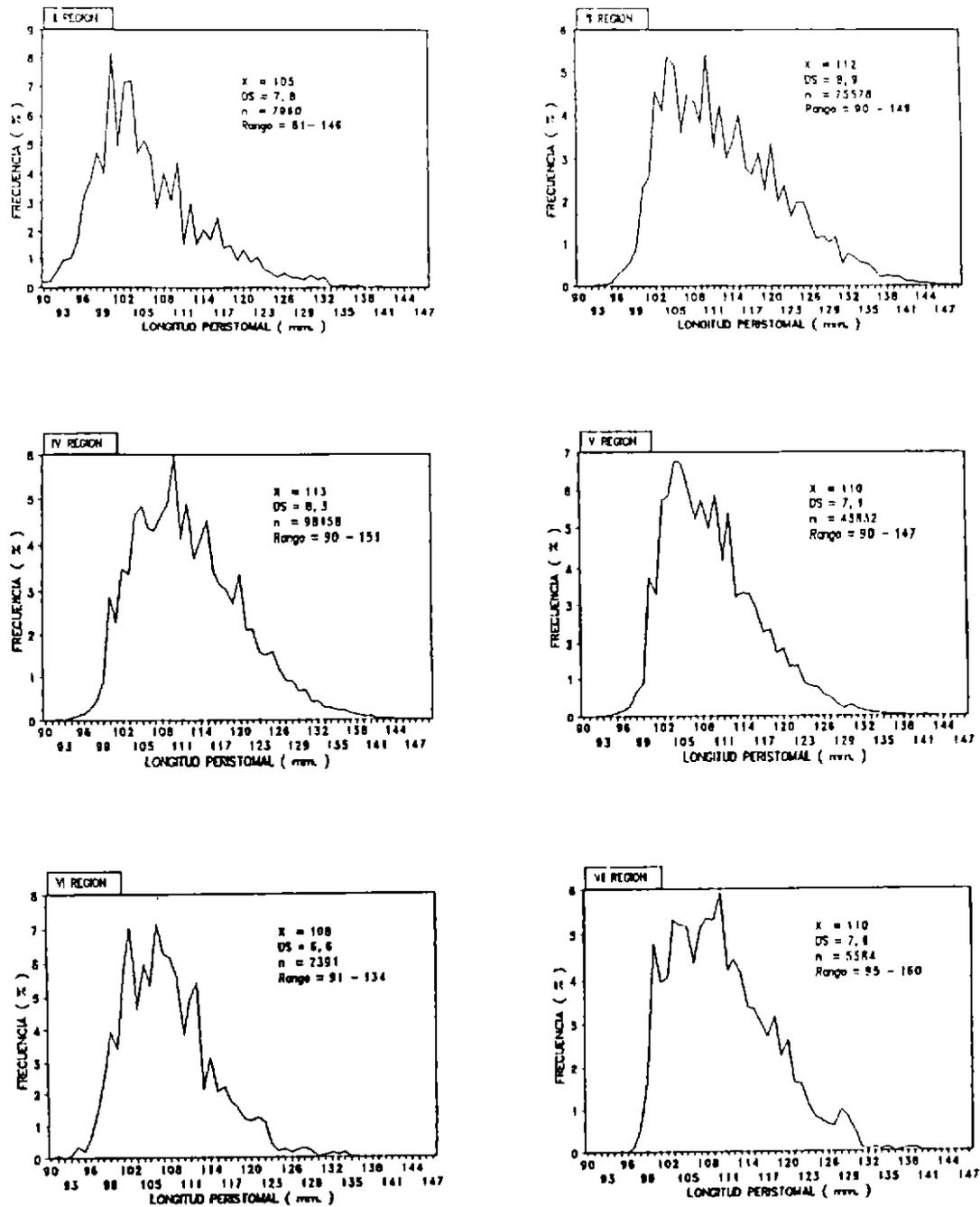


Fig 12. Distribución e indicadores descriptivos del muestreo de longitud del desembarque por región. Monitoreo invierno-93

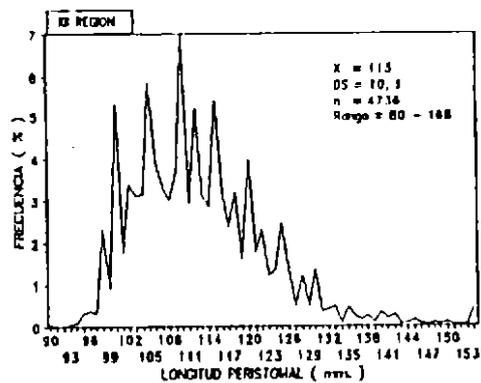
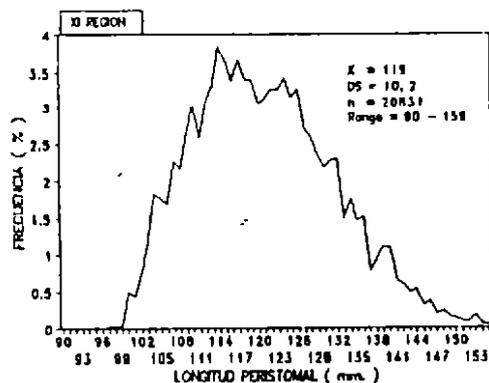
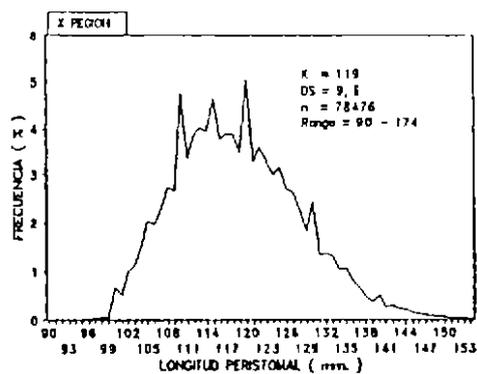
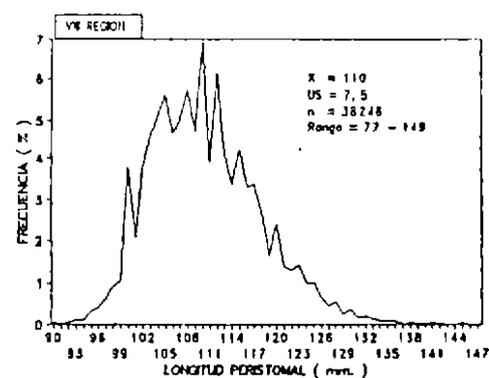


Fig 12. Distribución e indicadores descriptivos del muestreo de longitud del desembarque por región. Monitoreo invierno-93

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.

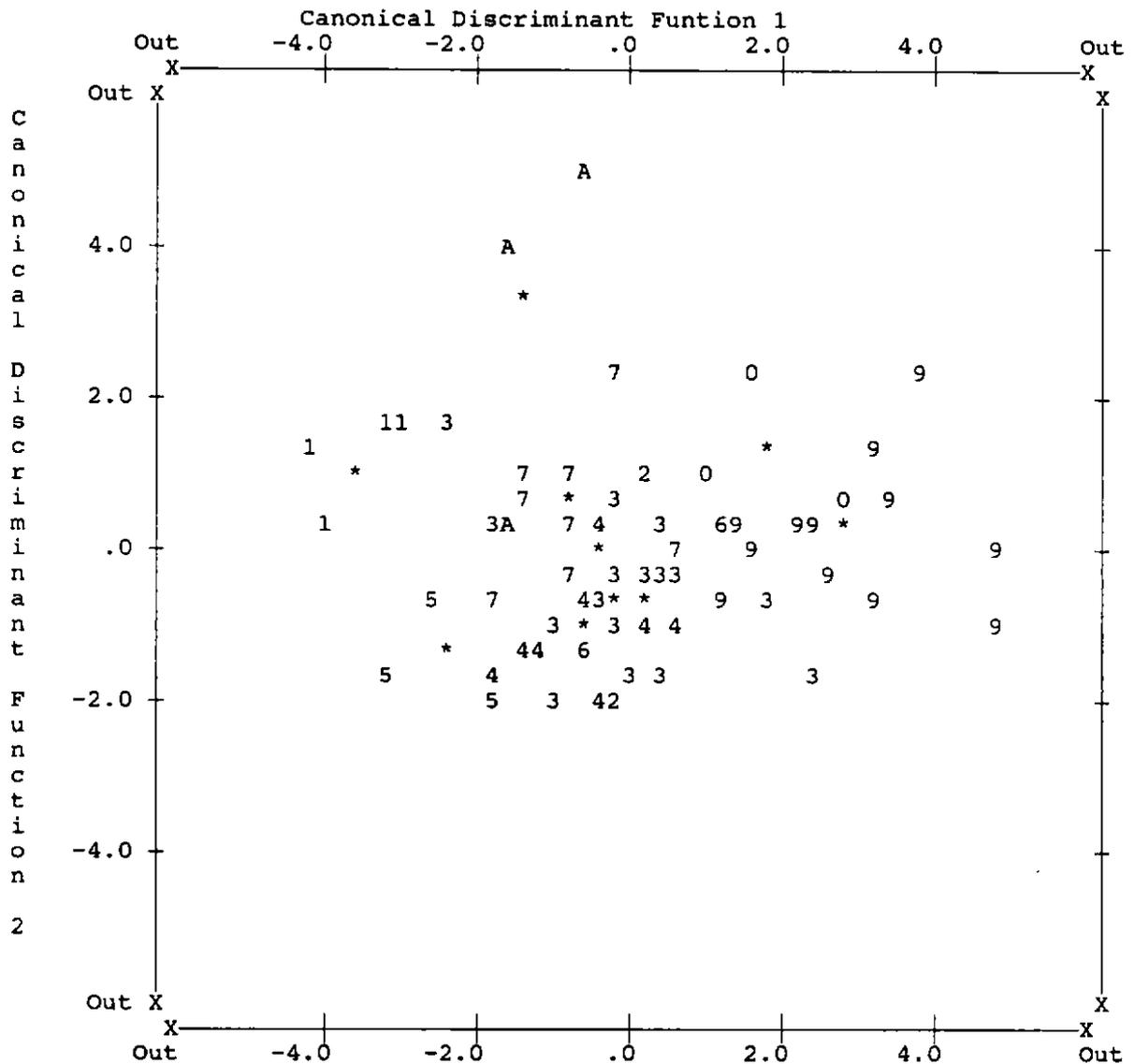


Fig. 13 Dispersiograma de las caletas en el espacio discriminante canónico

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.

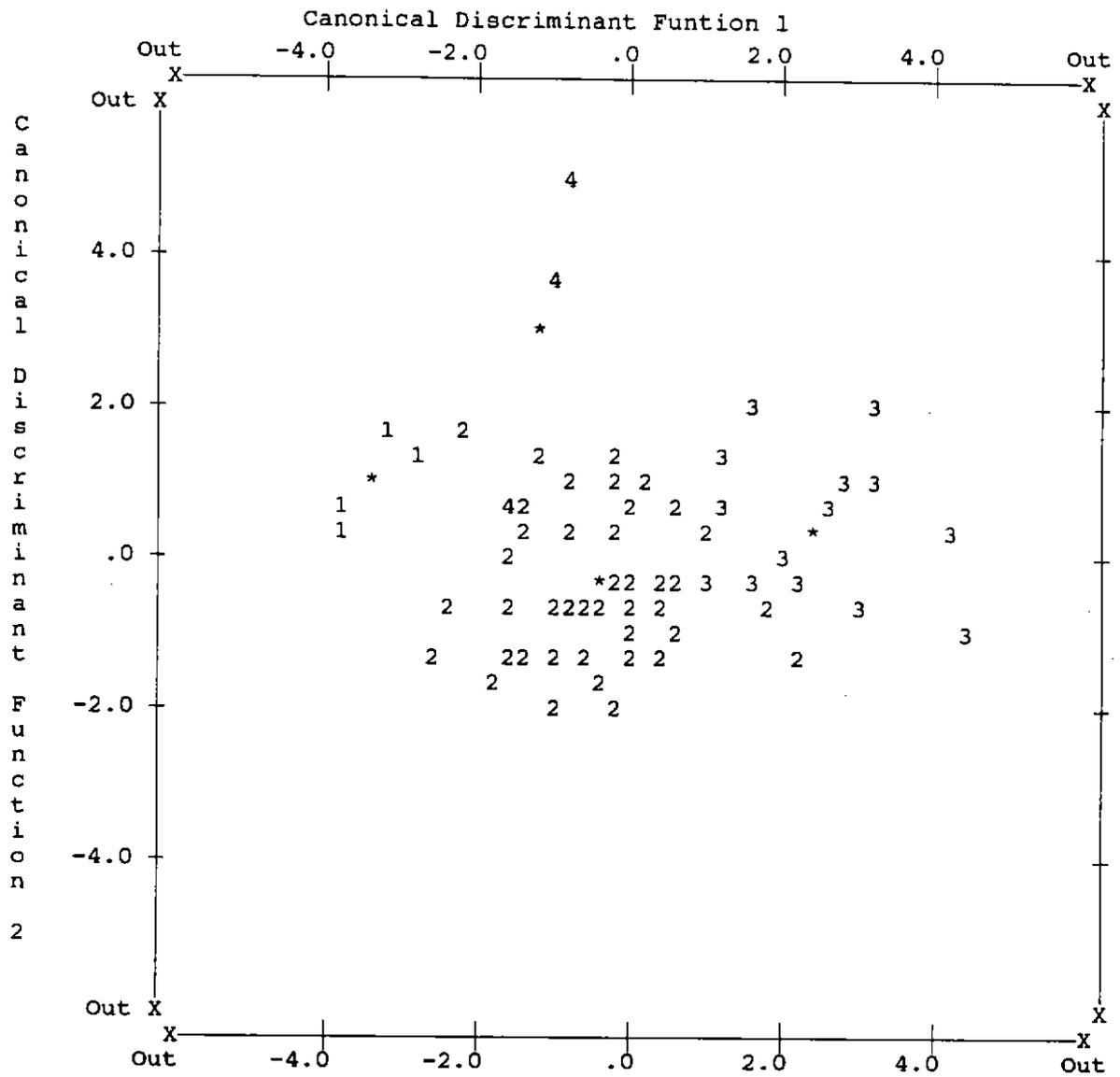


Fig. 14 Dispersiograma de las caletas en el espacio discriminante canónico

2. Evaluación 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 autorizó 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_{∞} 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_{∞}), 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_{∞} , 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 anteriormente¹ 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 trabajo² 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 temporada³ 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 Δx_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_{∞} , 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 Δt .

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 δ_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 Δl_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

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

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

ϵ_{ij} : 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

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

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

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

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

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

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_{∞} y K y de la temporada δ_1 , δ_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 λ 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 Θ^k incluyendo solo los términos lineales.

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

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

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

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

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

donde

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

es la matriz de derivadas parciales de la predicción de capturas respecto de cada parámetro⁵, evaluada en θ^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 Θ .
- 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 λ 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 $SSQ(\theta^{k+1}) \geq SSQ(\theta^k)$, λ 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 δ 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 θ^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 σ^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 χ^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 $[l_i, l_{i+1}), [l_1, l_2), [l_2, l_3), \dots, [l_{i-1}, l_i), \dots, [l_{n-2}, l_{n-1}), [l_{n-1}, l_n)$ 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 constantes⁶.

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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,

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

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

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

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

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

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 σ_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

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

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

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

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° 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 Θ .

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_{∞} 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



MUESTREO DE LONGITUD

FECHA _____

REGION _____

MATRICULA _____

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 : _____

Continua →

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

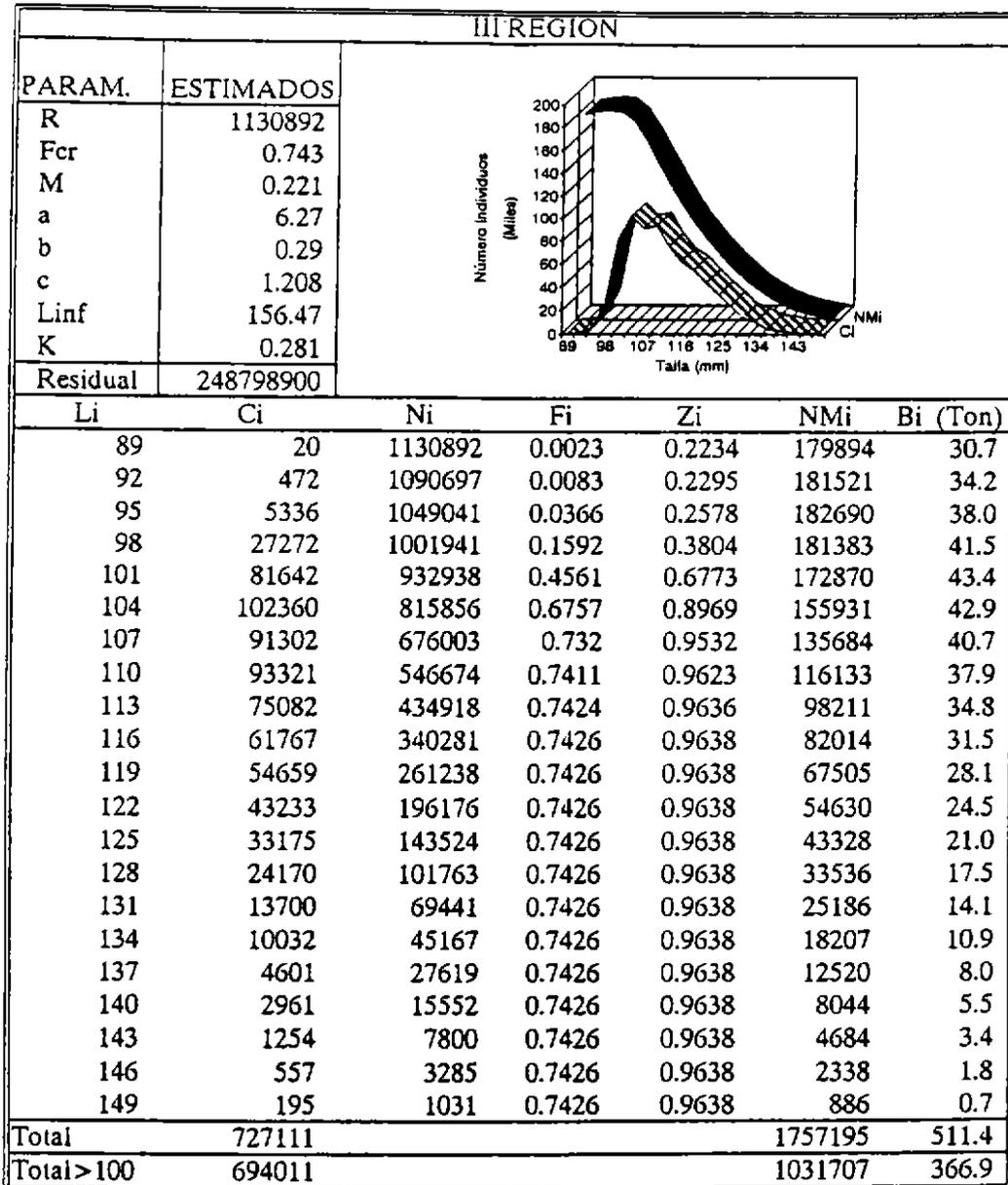


TABLA 46

IV REGION								
PARAM.	ESTIMADOS							
R	3515694							
Fcr	0.707							
M	0.237							
a	13.117							
b	5.063							
c	0.342							
Linf.	159.63							
K	0.175							
Residual	14920150000							
		Li	Ci	Ni	Fi	Zi	NMi	Bi (Ton)
		89	554	3515694	0.0005	0.2372	845456	149.3
		92	2123	3315142	0.0067	0.2434	831646	160.0
		95	10015	3112688	0.0325	0.2692	813953	170.3
		98	77152	2893551	0.1	0.3367	785516	178.1
		101	169200	2629052	0.221	0.4577	736157	180.6
		104	255424	2292116	0.369	0.6057	659712	174.6
		107	255340	1892522	0.4974	0.7342	561802	160.1
		110	277635	1480060	0.5849	0.8217	456524	139.8
		113	226690	1104950	0.6372	0.8739	356792	117.2
		116	177597	793140	0.6668	0.9036	269789	94.9
		119	150017	549365	0.6835	0.9203	197897	74.4
		122	96121	367250	0.693	0.9298	140784	56.5
		125	67869	236356	0.6985	0.9353	96889	41.4
		128	41400	145739	0.7018	0.9386	64211	29.2
		131	21044	85473	0.7038	0.9406	40702	19.7
		134	13419	47191	0.7051	0.9418	24440	12.5
		137	6359	24174	0.7058	0.9426	13711	7.4
		140	3130	11250	0.7064	0.9431	7043	4.0
		143	1361	4609	0.7067	0.9434	3211	2.0
		146	186	1579	0.7069	0.9436	1235	0.8
		149	194	414	0.7071	0.9438	365	0.2
		Total	1852830	24502315			6907835	1773.3
		Total > 100	1762986				3631264	1115.5

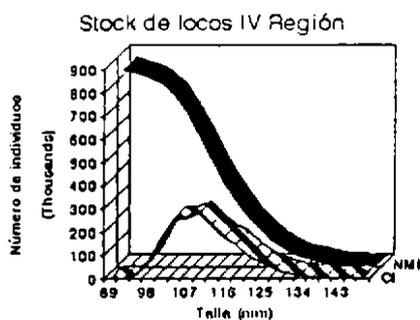


TABLA 47

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	Fi	Zi	NMi	Bi (Ton)
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

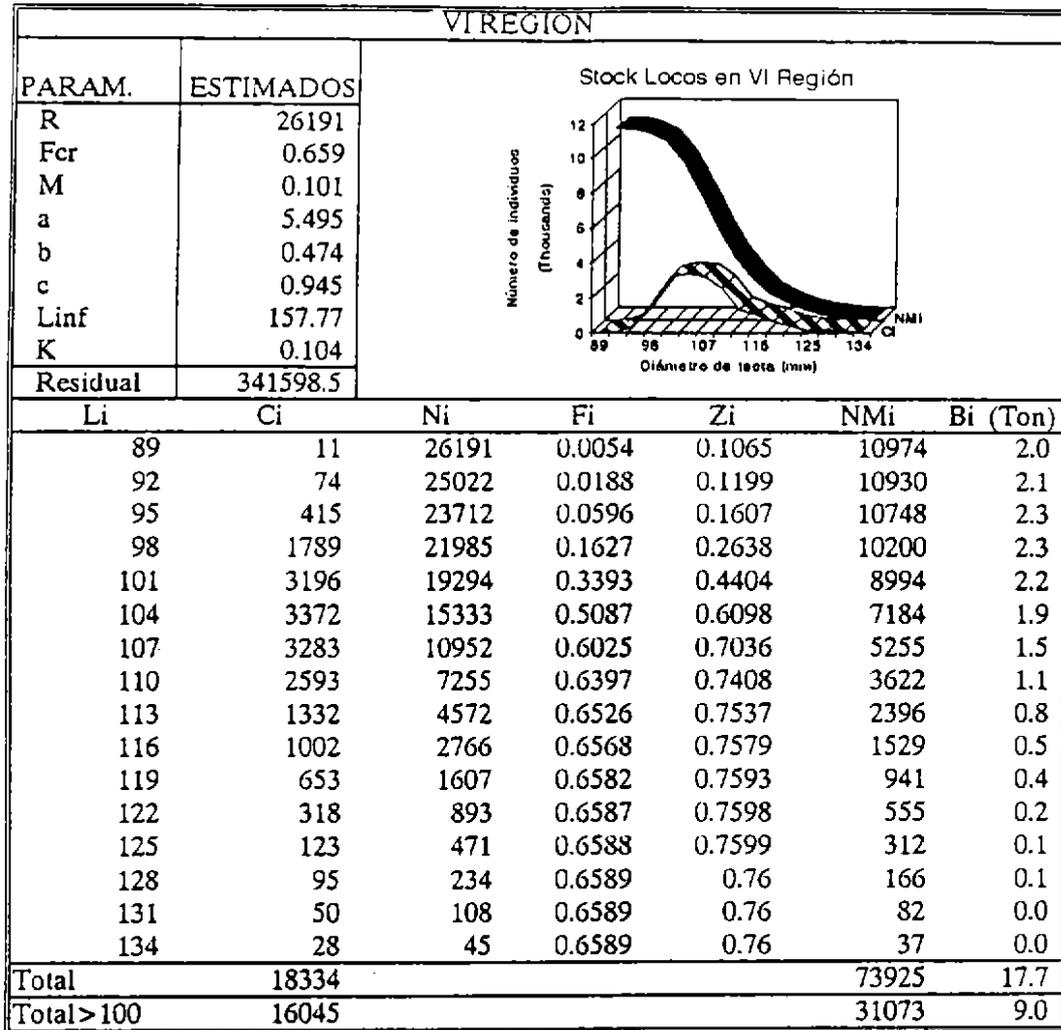


TABLA 49

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
Total	39099				103698	30.5
Total > 100	35519				69964	22.6

TABLA 50

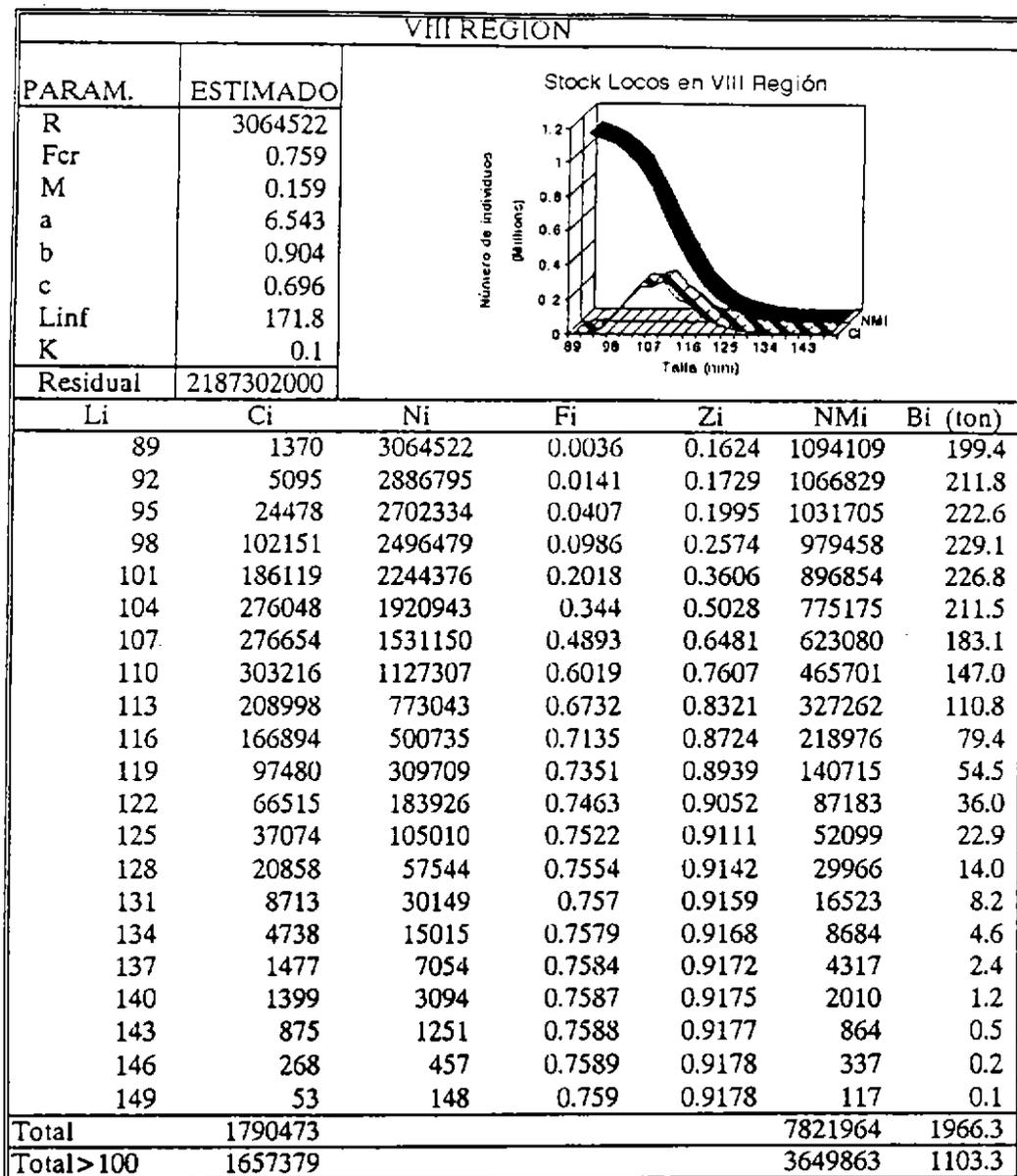


TABLA 51

X REGION								
PARAM.	ESTIMADOS	Stock Locos en X Región						
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
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

ANALISIS COMPARATIVO TEMPORADAS EXTRACTIVAS DEL RECURSO LOCO (1993)

REGIONES	CERTIFICADOS DE ASIGNACION DE CUOTAS INDIVIDUALES EXTRACCION (CACIE)						Variación CACIE autoriz. entre temporadas	Variación CACIE efectivas 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%	18.1%	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%
TOTAL	5284	4698	89%	10794	10287	95%	104.3%	119.0%

REGIONES	CAPTURA TOTAL AUTORIZADA POR REGION EN LAS TEMPORADAS EXTRACTIVAS DE LA PESQUERIA DURANTE 1993											
	TEMPORADA DE VERANO 1993					TEMPORADA DE INVIERNO					Var. Cuota Total entre temporadas	Var. Captura entre temporadas
	DS Nº1/1993	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%
TOTAL	12460000	12666000	9580684	76%	14.1%	16907900	17165100	15756335	92%	7.0%	36%	64%

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

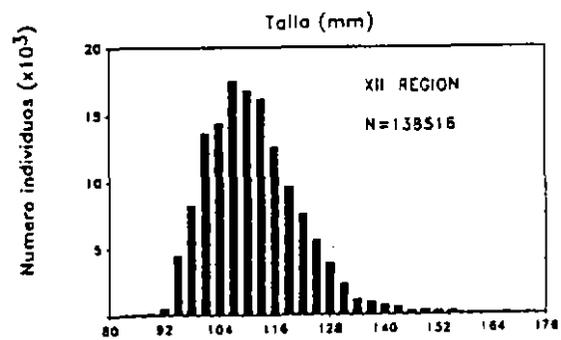
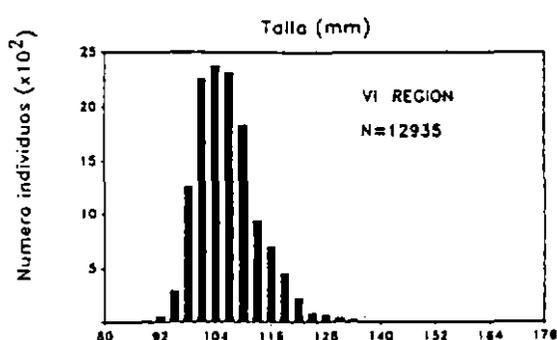
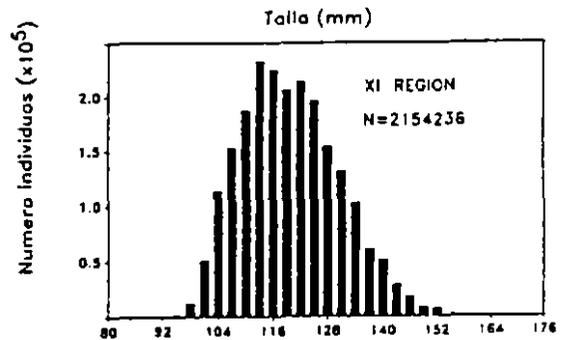
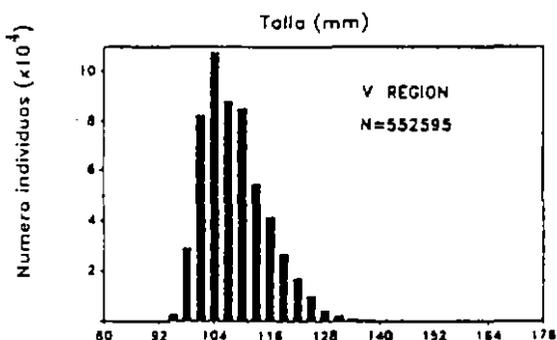
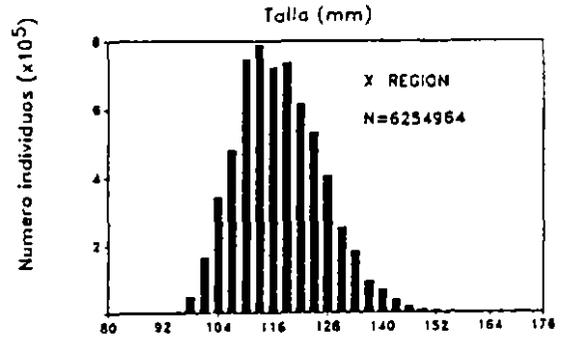
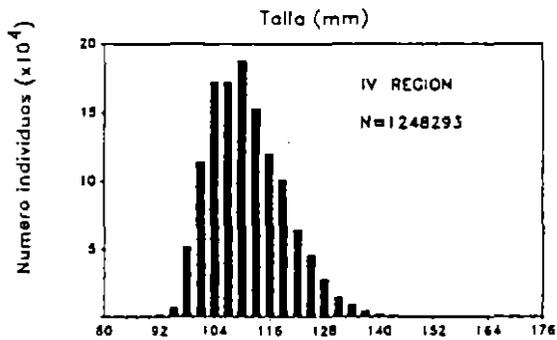
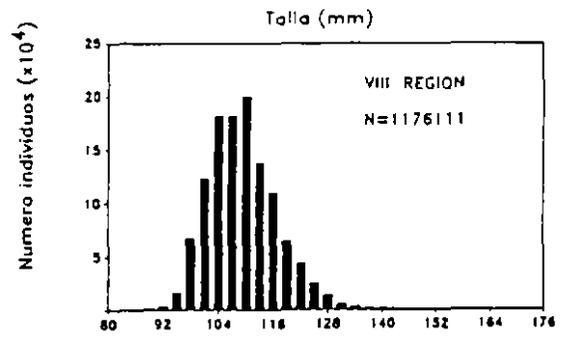
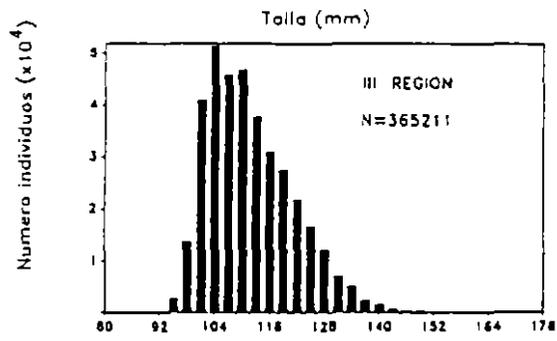
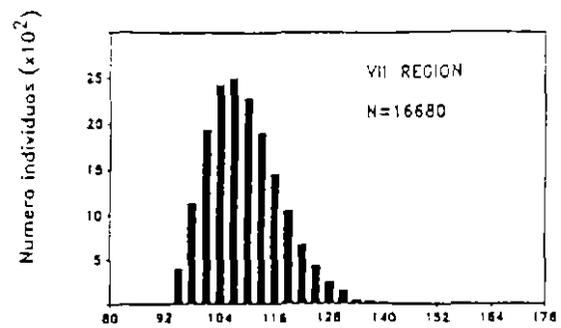
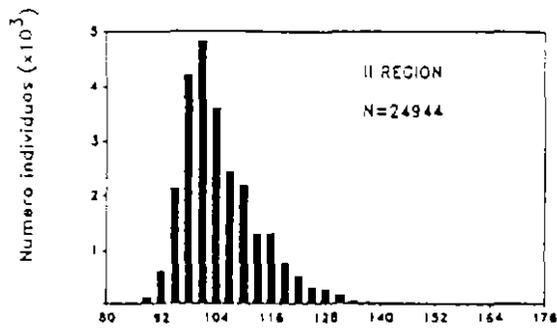


Figura 15 . Composición por tallas de las capturas regionales de "loco" en invierno de 1993

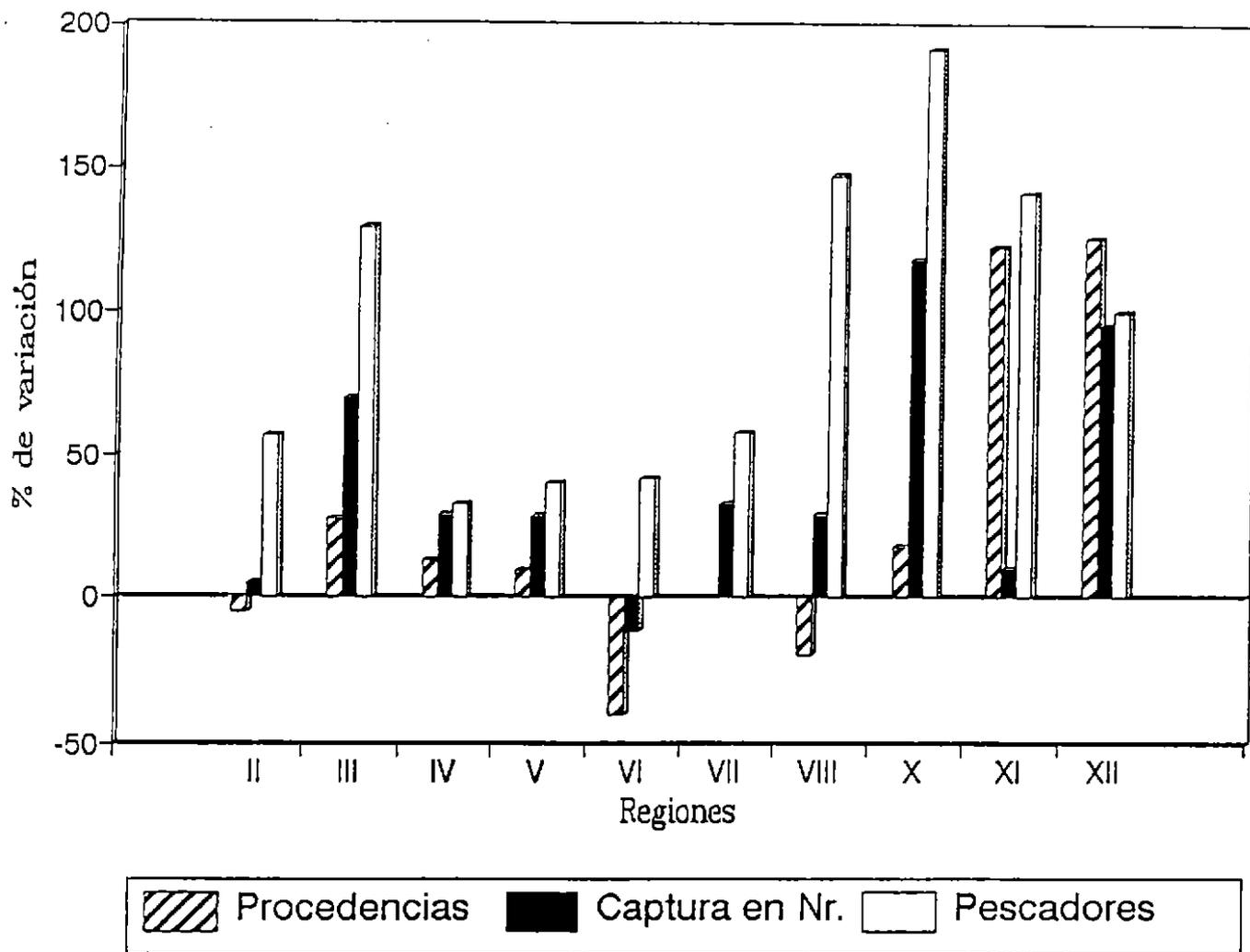
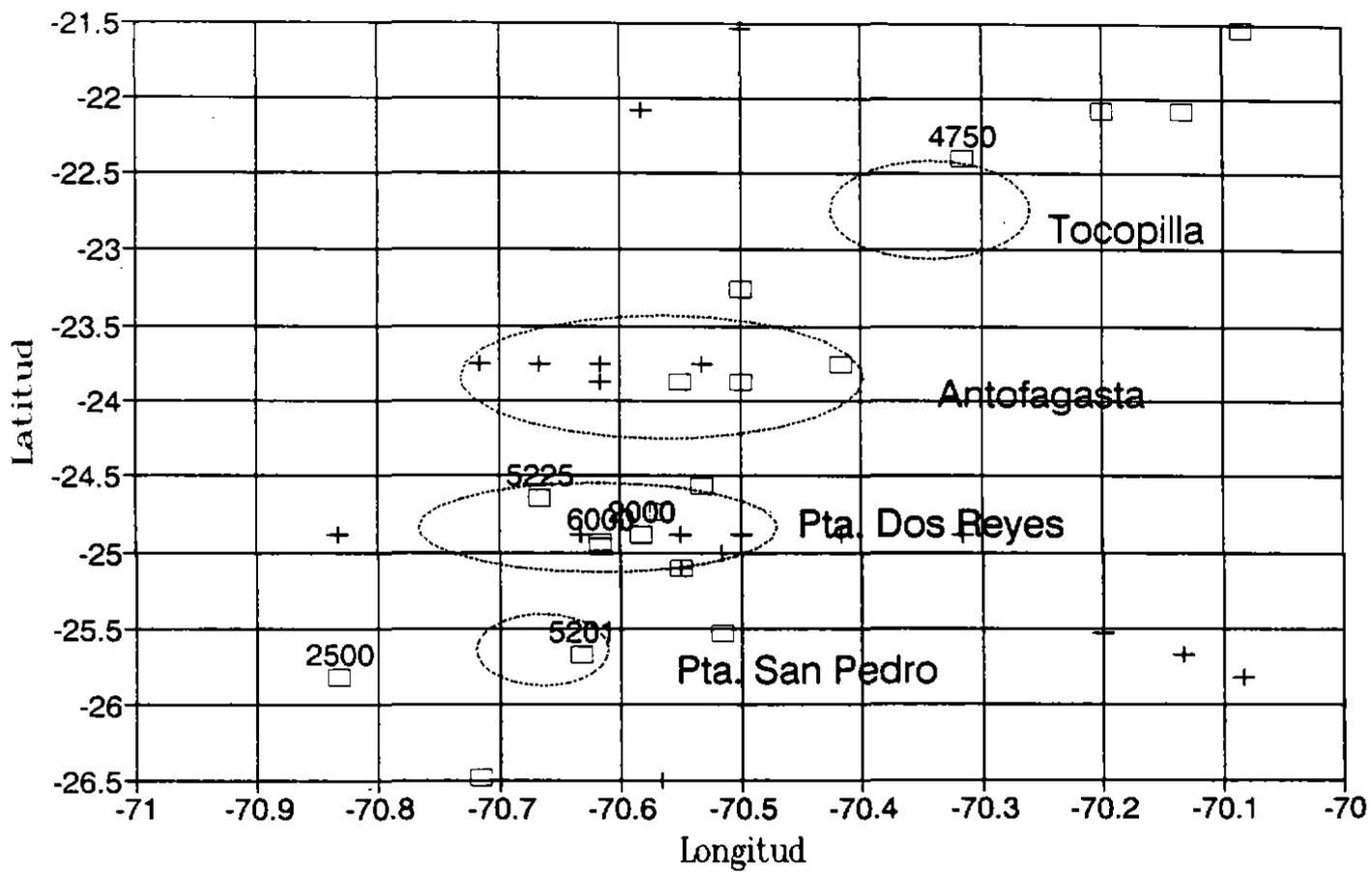
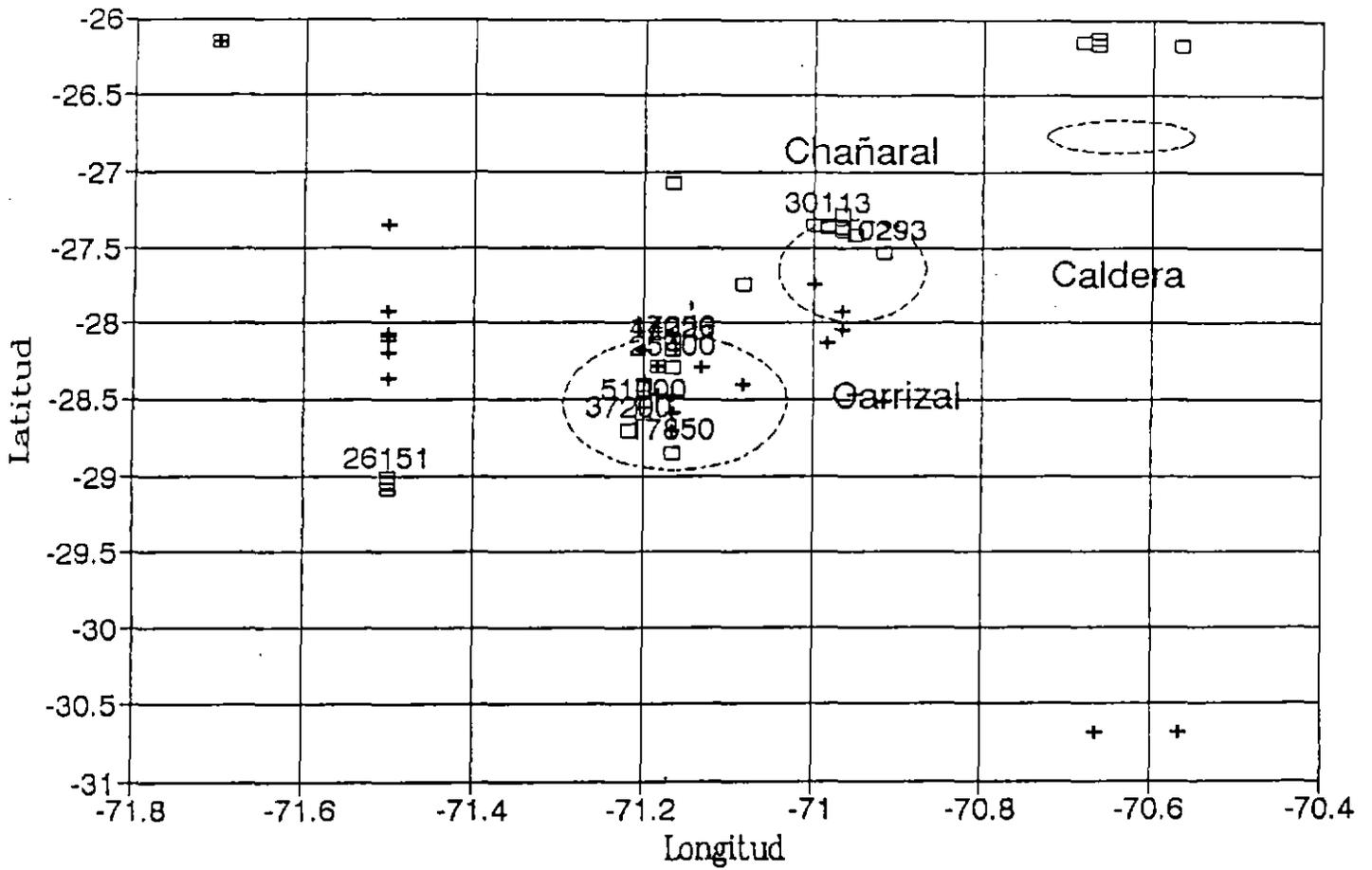


Figura 16 . Variación de procedencias, capturas y número de pescadores por regiones, entre las temporadas de verano e invierno de 1993



+ 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

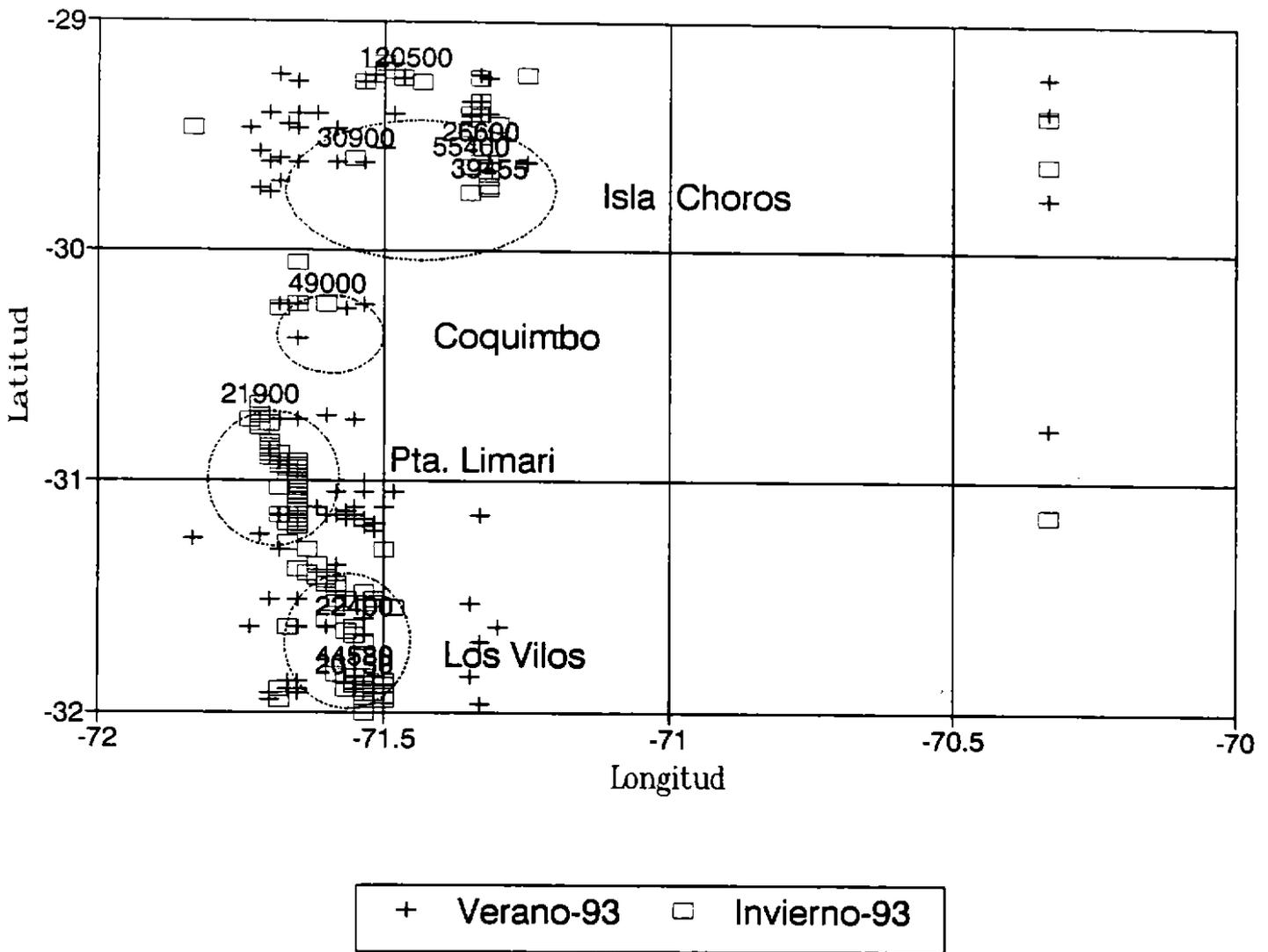


Figura 19. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la IV Región

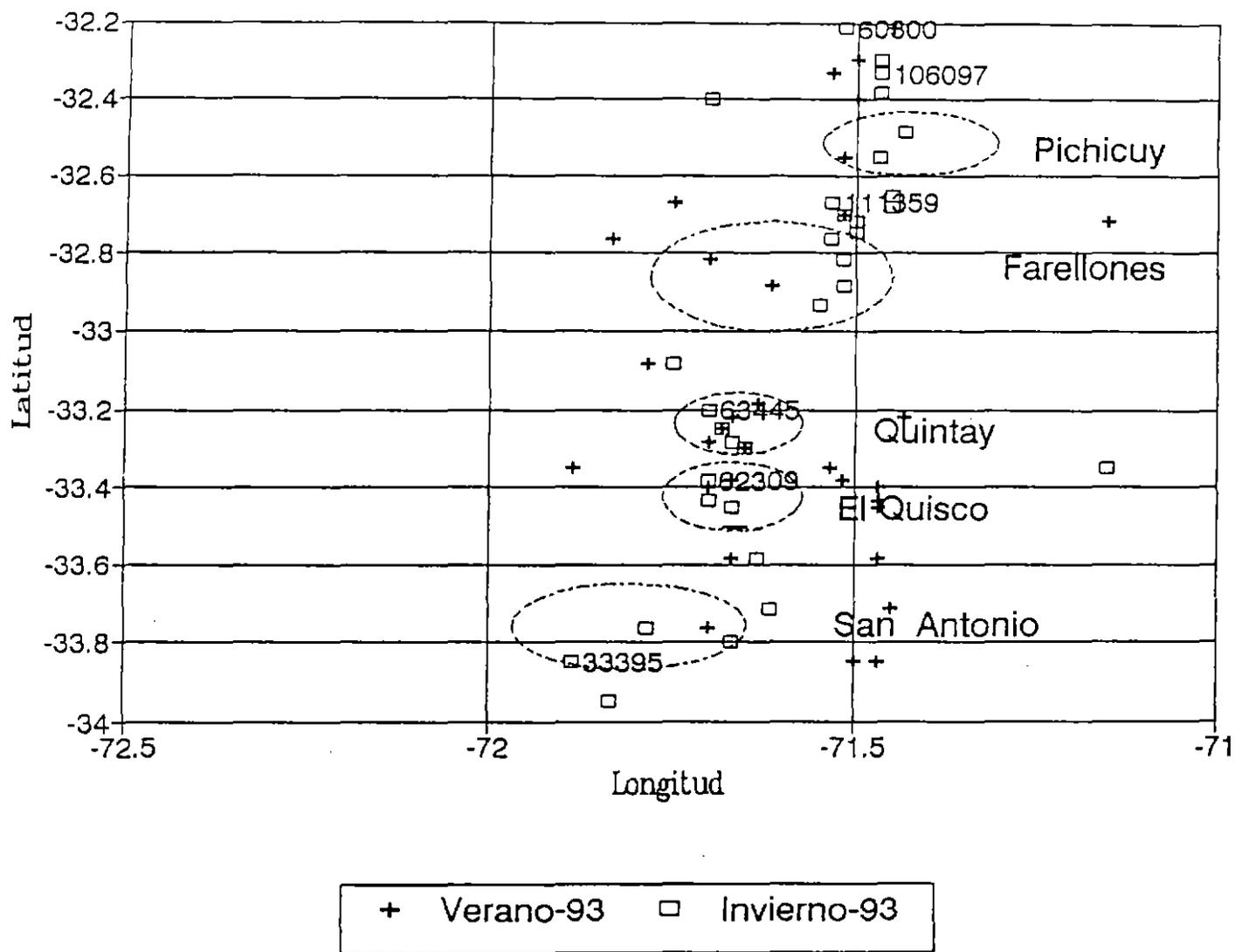
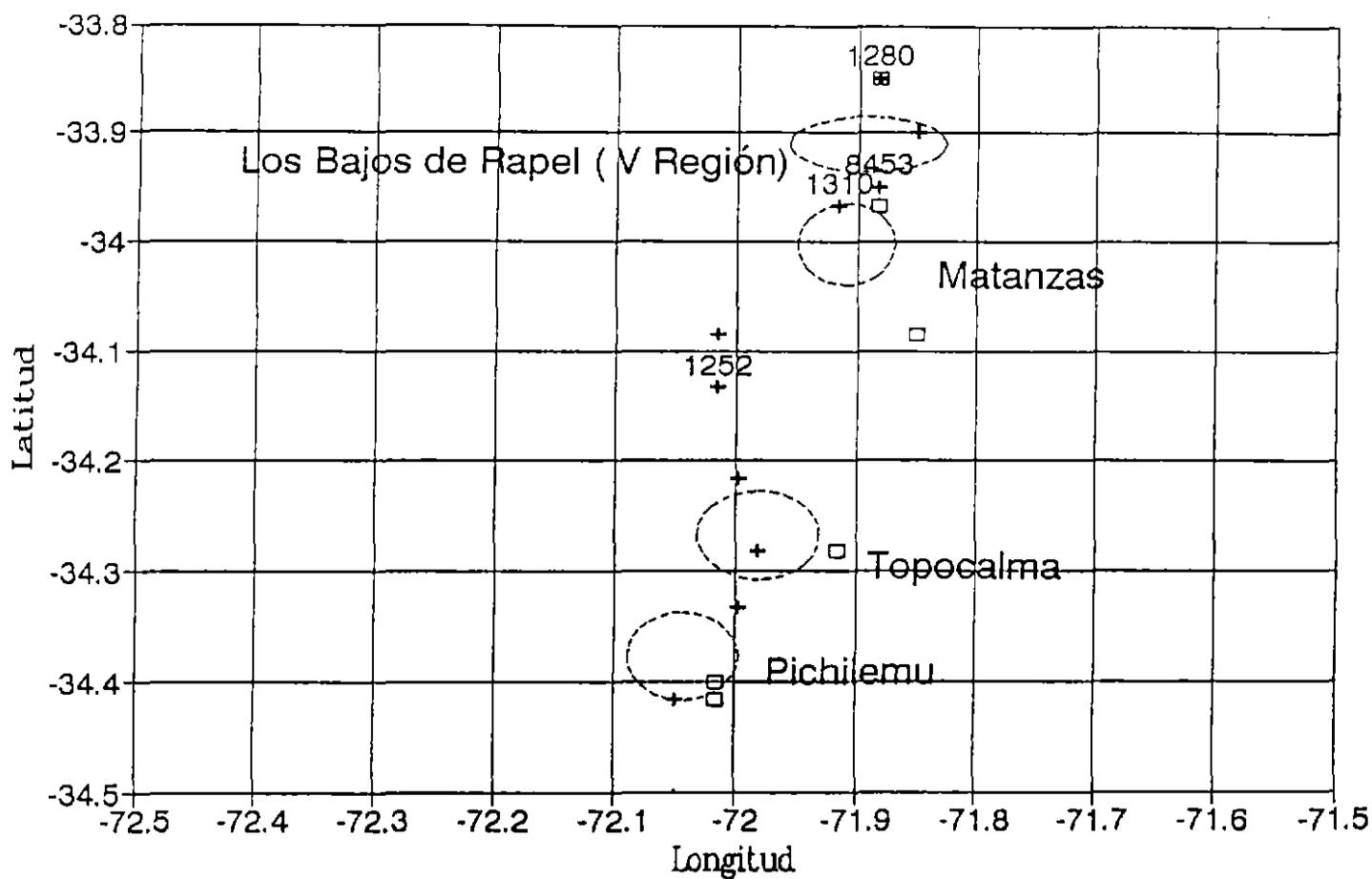
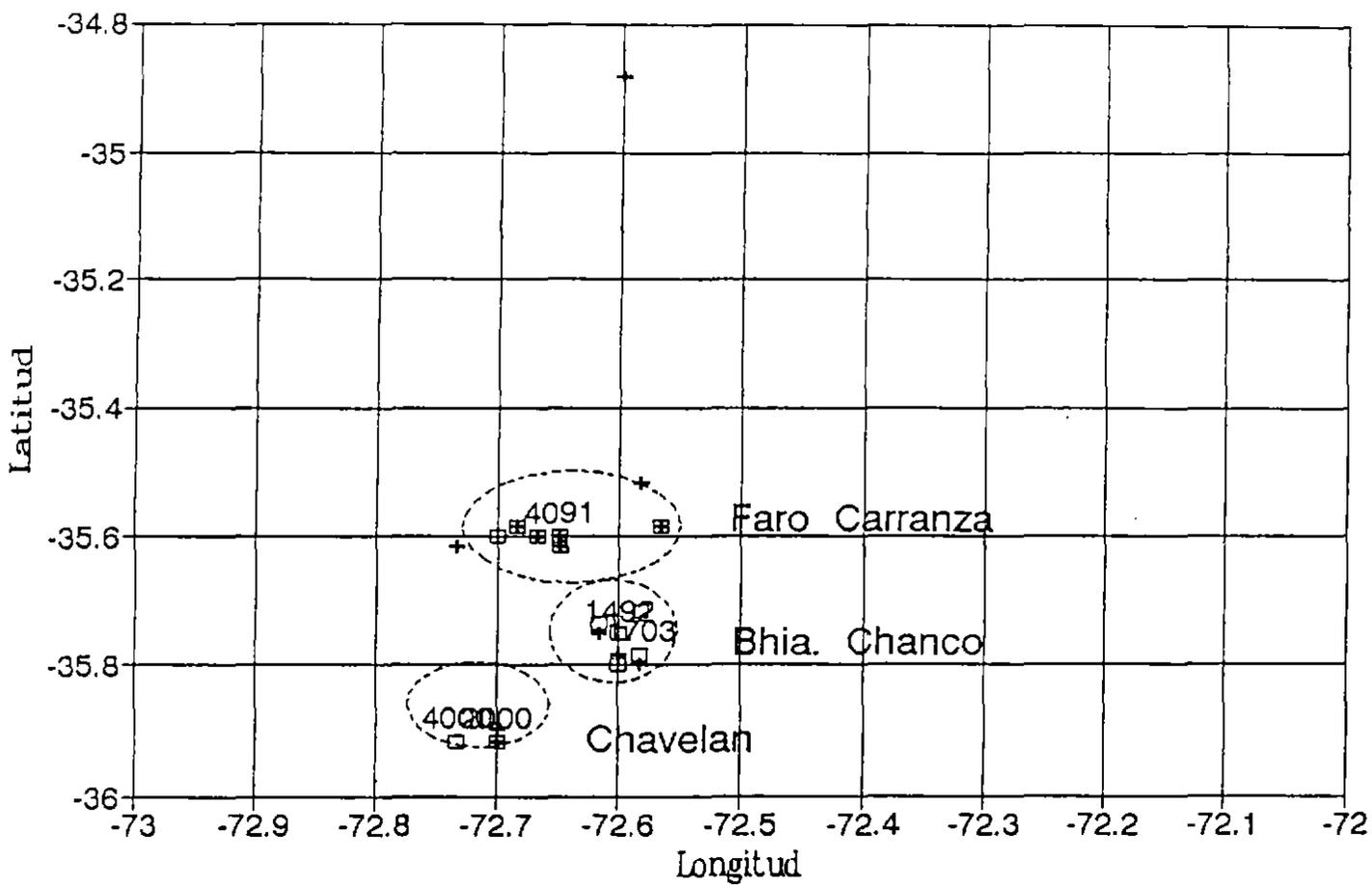


Figura 20. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la V Región



+ Verano-93 □ Invierno-93

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



+ Verano-93 □ Invierno-93

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

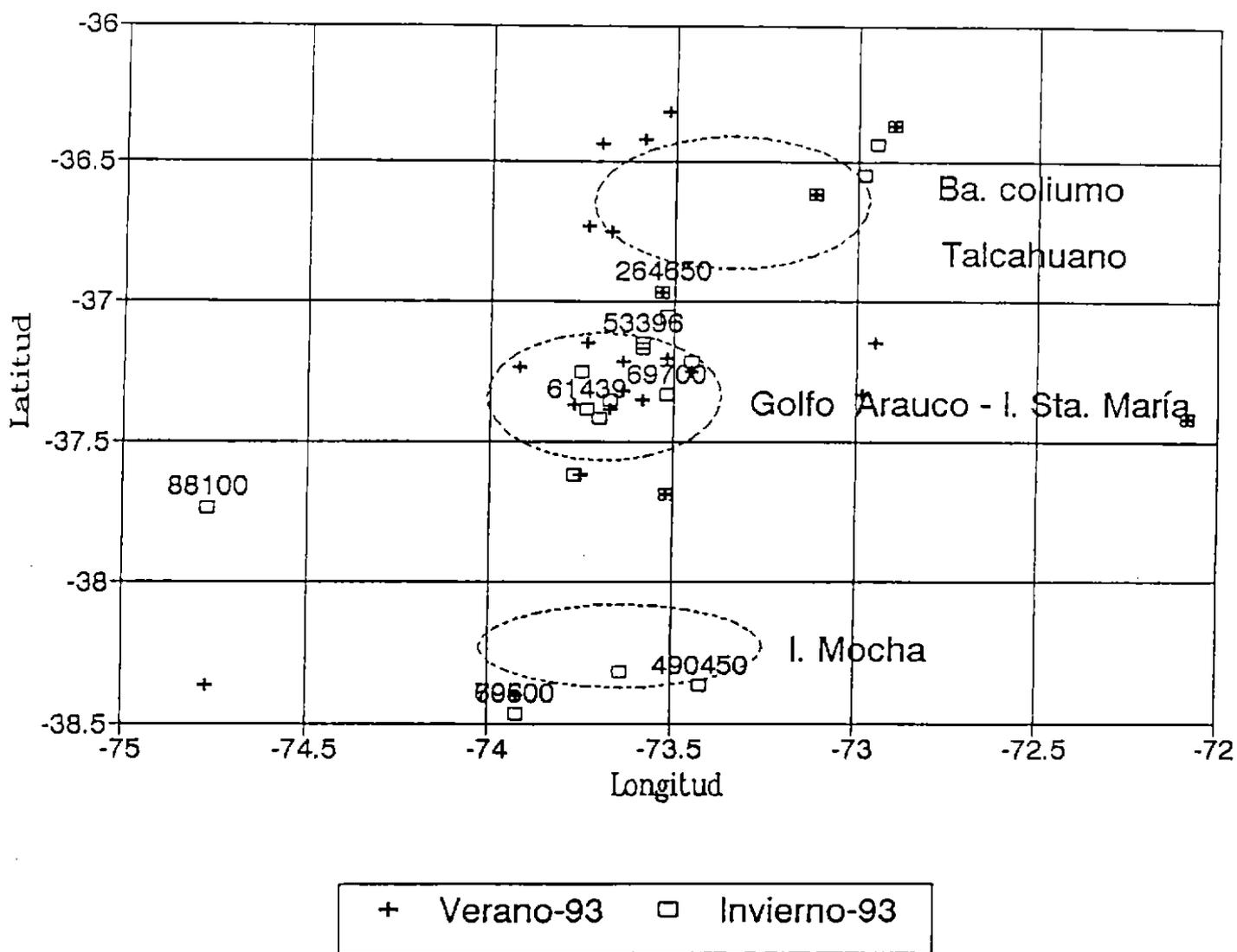


Figura 23. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la VIII Región

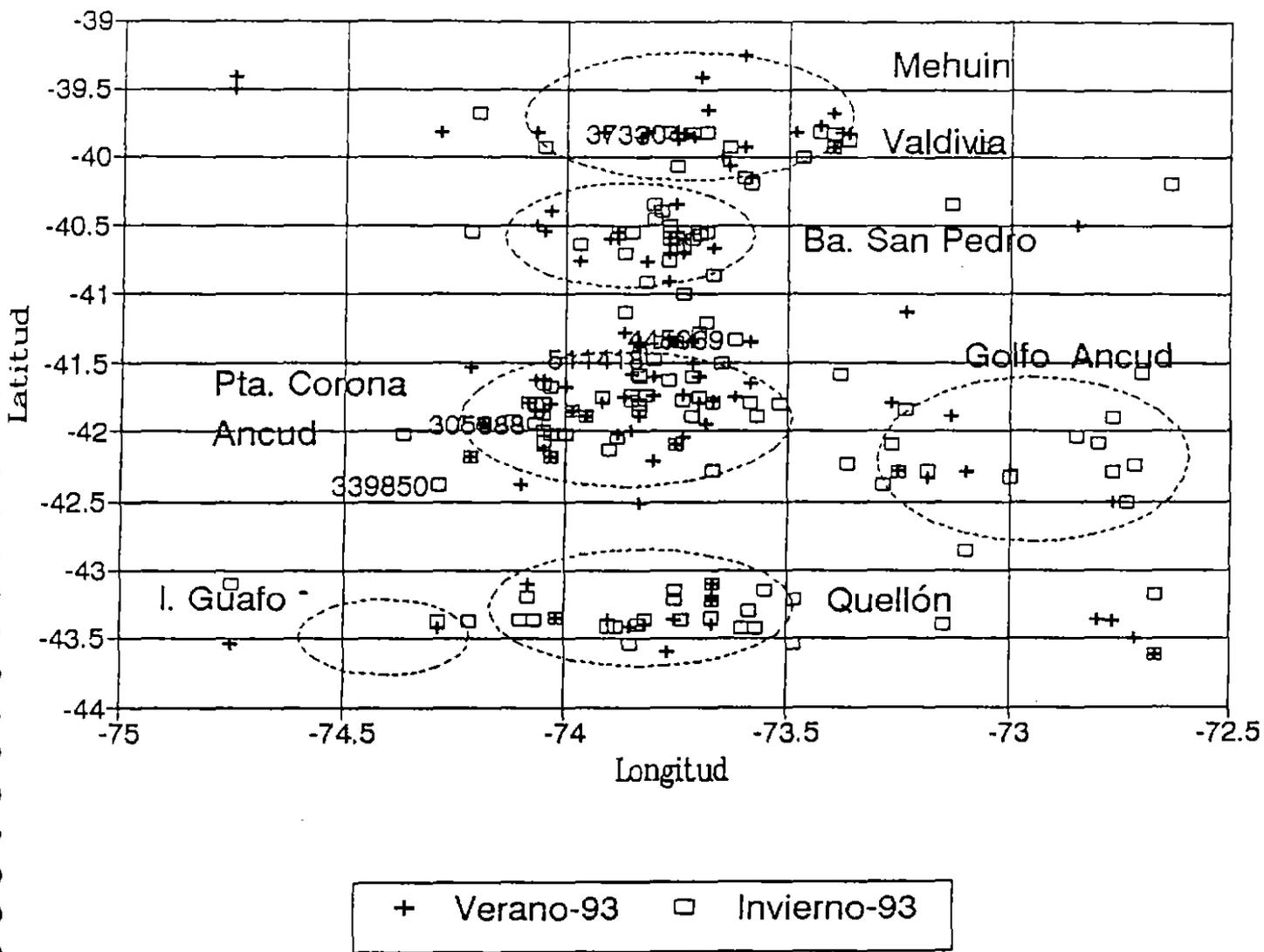
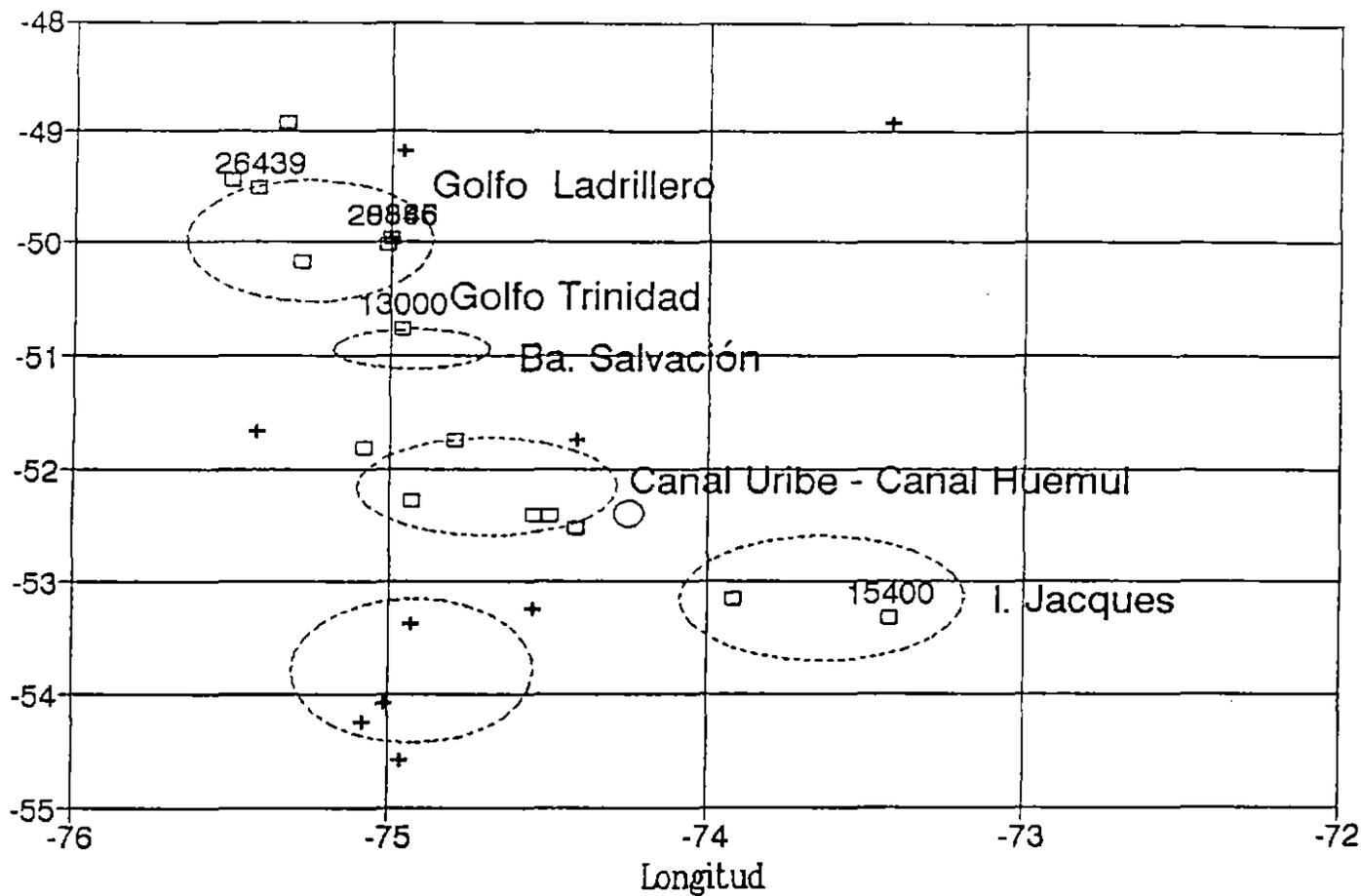


Figura 24. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la X Región



+ 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

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

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

1.3 Ecuación de la captura "C_{it'}" generalizada

$$C_{it'} = [1 - \exp[-r_i F_t \delta_{t'}]] R \left(\frac{r_i F_0 + M}{r_1 F_0 + M} \right) L_{i^*,1} \dots$$

$$\prod_{j=1}^{i^*-1} (L_{j+1,j})^{\left(\frac{r_1 F_0 + M}{k} - 1\right)} \left[\frac{1 - (L_{i^*+1,i^*})^{\frac{r_i F_0 + M}{k}}}{1 - (L_{2,1})^{\frac{r_1 F_0 + M}{k}}} \right] \nabla_{i'}^\beta \lambda$$

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_{it'}" 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 Θ 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

$$\dot{A}'_2(b) = \dot{A}'_2(c) = \dot{A}'_2(F_0) = \dot{A}'_2(F_2) = \dot{A}'(M) = 0$$

$$\dot{A}'_2(a) = -F_1 \delta_1 \exp(-r_1 F_1 \delta_1) \gamma_1$$

$$\dot{A}'_2(b) = -(I_1 - \bar{I}_1)^c \dot{A}'_2(a)$$

$$\dot{A}'_2(c) = b \ln(I_1 - \bar{I}_1) \dot{A}'_2(b)$$

$$\dot{A}'_2(F_1) = r_1 \delta_1 \exp(-r_1 F_1 \delta_1)$$

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 B₄

$$B'_4(a) = B'_4(b) = B'_4(c) = B'_4(F_0) = B'_4(F_1) = B'_4(F_2) = B'_4(R) = 0$$

$$B'_4(M) = -(\Delta t - \delta_1) \exp(-M(\Delta t - \delta_1))$$

$$B'_5(\theta) = D_3(\theta) = 0 \quad \forall \theta$$

Para D₃

$$D'_3(R) = D'_3(F_2) = 0$$

$$D'_3(a) = F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-3} \gamma_j + \frac{1}{2} \gamma_{n-2} - \frac{1}{2} \gamma_1 \right\} \exp(-v_{n-2} \Delta t)$$

$$D'_3(b) = -F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-3} \gamma_j (I_j - I_1)^c + \frac{1}{2} \gamma_{n-2} (I_{n-2} - I_1)^c \right\} \exp(-v_{n-2} \Delta t)$$

$$D'_3(c) = -F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-3} \gamma_j (I_j - I_1)^c b \ln(I_j - I_1) + \dots \right.$$

$$\left. \frac{1}{2} \gamma_{n-2} (I_{n-2} - I_1)^c b \ln(I_{n-2} - I_1) \right\} \exp(-v_{n-2} \Delta t)$$

$$D'_3(F_0) = -\left(\sum_{j=1}^{i-3} I_j + \frac{I_{n-2}}{2} + \frac{I_1}{2}\right) \Delta t \exp(-v_{n-2} \Delta t)$$

$$D'_3(M) = -\Delta t(i-3) \exp(-v_{n-2} \Delta t)$$

Para D₆

$$D'_6(R) = D'_6(F_2) = 0$$

$$D'_6(a) = F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-2} \gamma_j + \frac{1}{2} \gamma_{n-1} - \frac{1}{2} \gamma_1 \right\} \exp(-v_{n-1} \Delta t)$$

$$D'_6(b) = -F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-2} \gamma_j (I_j - I_1)^c + \frac{1}{2} \gamma_{n-1} (I_{n-1} - I_1)^c \right\} \exp(-v_{n-1} \Delta t)$$

$$D'_6(c) = -F_0 \Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-2} \gamma_j (I_j - I_1)^c b \ln(I_j - I_1) + \dots \right.$$

$$\left. \frac{1}{2} \gamma_{n-1} (I_{n-1} - I_1)^c b \ln(I_{n-1} - I_1) \right\} \exp(-v_{n-1} \Delta t)$$

$$D'_6(F_0) = -\Delta t \left\{ \sum_{j=1}^{i-2} I_j + \frac{I_{n-1}}{2} - \frac{I_1}{2} \right\} \exp(-v_{n-1} \Delta t)$$

$$D'_6(M) = -\Delta t(i-2) \exp(-v_{n-1} \Delta t)$$

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];

```

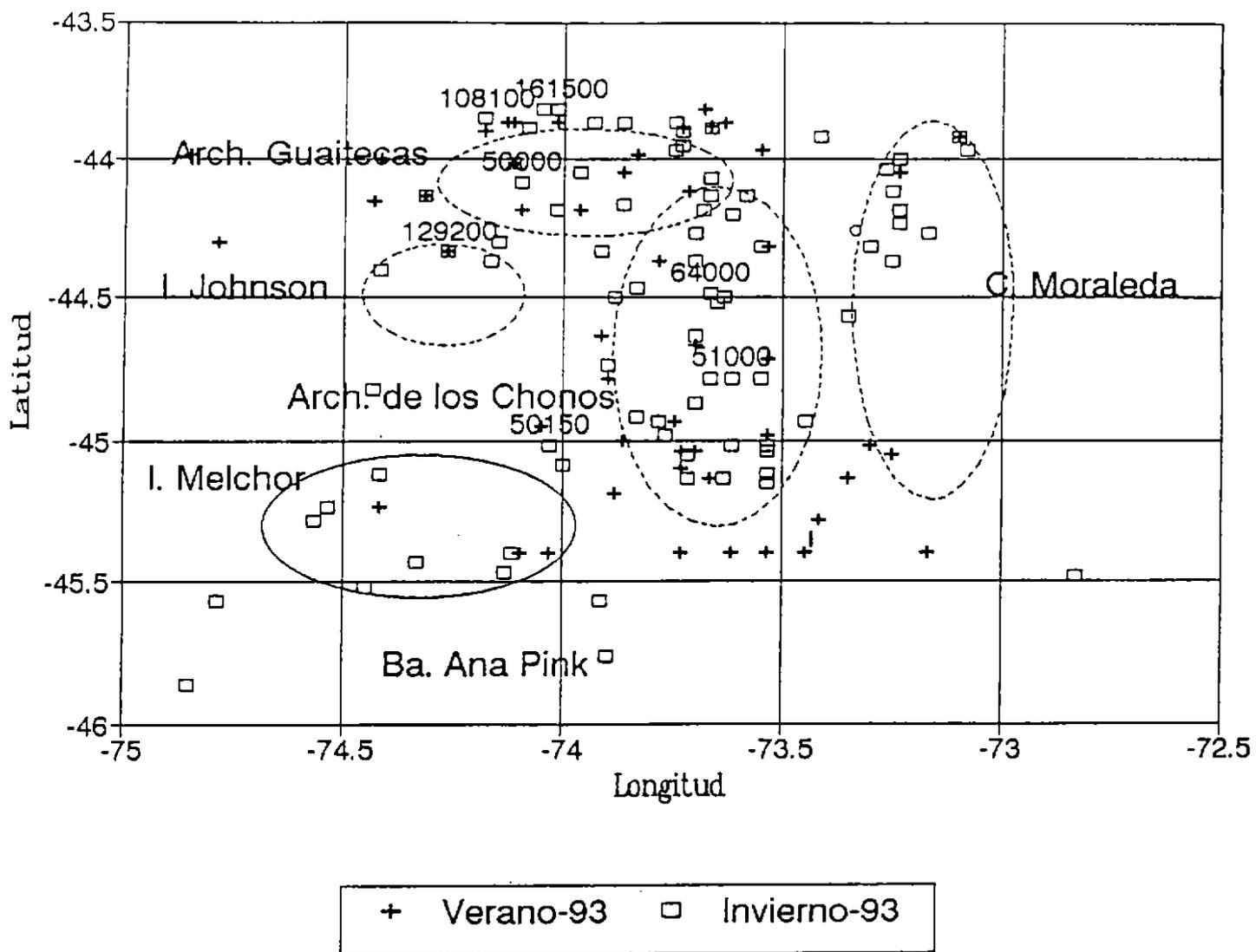


Figura 25. Localización de procedencias y máximas capturas reportadas en la pesquería del loco durante 1993 para la XI Región