



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS FIP

FIP - IT / 94 - 31

INFORME : EVALUACION INDIRECTA DEL STOCK DE
FINAL MACHA EN LAS REGIONES IV Y V

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO,
EJECUTORA DIRECCION ZONAL V, VI, VII, VIII Y IX
REGIONES E ISLAS OCEANICAS

REQUIRENTE:

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP
Presidente del Consejo: JUAN MANUEL CRUZ SANCHEZ

EJECUTOR:

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP
Director Ejecutivo: PABLO ALVAREZ TUZA

JEFE DE PROYECTO:

GABRIEL JEREZ A.

AUTORES:

GABRIEL JEREZ A.
ADOLFO GONZALEZ E.
LUIS ARIZ A..

• Abril de 1997 •

RESUMEN EJECUTIVO

Se realiza una evaluación indirecta del stock de machas de los bancos de Peñuelas (IV Región) y Ritoque (V Región), a partir de la base de datos generada por el proyecto "Monitoreo de la Pesquería del recurso macha en la IV y V Regiones, 1994", el cual se desarrolló entre agosto de 1994 y julio de 1995 y fue financiado por el Fondo de Investigación Pesquera.

La evaluación indirecta del stock se efectuó utilizando dos modelos: Análisis de cohorte para tallas (Jones, 1984) y Éxito de captura (Leslie and Davis, 1936, modificado por Wolff, 1987). Los modelos fueron aplicados a cuatro zonas dentro del banco de Peñuelas y dos zonas dentro del de Ritoque, para lo cual se usó específicamente la información de estructuras de tallas de la captura en el período, las relaciones longitud-peso obtenidas de muestreos poblacionales, los parámetros de crecimiento tomados del trabajo de Ariz et al., 1994 y la estimación de parámetros de mortalidad natural por banco disponibles en la literatura. El resultado del análisis de cohorte se obtuvo para ambos bancos, mientras que el modelo de éxito de captura solo entregó resultados consistentes para el banco de Peñuelas, descartándose los resultados obtenidos con este método para el banco de Ritoque, debido a que no se establecieron períodos regresionales estadísticamente significativos entre la variable captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y la captura acumulada (C). Por su parte, el uso de información de captura y esfuerzo, hizo necesario estandarizar esta última variable (esfuerzo nominal) mediante la metodología descrita por Jerez et al. (1997), para hacer equivalente el poder de pesca de dos buzos respecto al que presenta uno por embarcación. A partir de los resultados del modelo de éxito de captura, consistente en el coeficiente de capturabilidad, el esfuerzo estándar y la captura por unidad de esfuerzo estándar, se

estimaron valores mensuales de biomasa media (Bmi). Estos valores sirvieron para calibrar la aplicación del análisis de cohorte.

Los resultados principales mostraron que el stock de Peñuelas y de Ritoque se encuentran a dos niveles diferentes. La biomasa media del stock en Peñuelas se estimó en 5.740 t, equivalente a 295 millones de ejemplares, mientras que en Ritoque, la biomasa media del stock se calculó en 694 t, equivalente a 29 millones de ejemplares (90 % menor que en Peñuelas en la actualidad). Por su parte, las estimaciones de la mortalidad por pesca actual (F_{act}) indicaron altos niveles de explotación en ambos bancos. En general, en Peñuelas los F_{act} se ubicaron entre los F de referencia ponderados globales $F_{0.1g}$ y F_{max} , mientras que en Ritoque, los F_{act} superaron a los $F_{0.1g}$ y F_{maxg} , corroborando con esto el mayor nivel de explotación de este banco respecto al de Peñuelas. Las tasas de explotación promedio anuales se estimaron en 76% para Peñuelas y 84% para Ritoque, cifras que indican el alto nivel extractivo del recurso en el período. Por su parte, el excedente productivo muestra valores negativos (al incluir el descuento en la biomasa media al inicio del período para ambos bancos (-62% en Peñuelas y -77% en Ritoque).

Lo anterior permite calificar el estado del recurso en Peñuelas cercano a un punto óptimo de explotación, mientras que en Ritoque, la pesquería sería menos eficiente que la de Peñuelas.

INDICE GENERAL

| | Página |
|--|--------------|
| RESUMEN EJECUTIVO | i |
| INDICE GENERAL | ii |
| INDICE DE FIGURAS | v |
| INDICE DE TABLAS | vii |
| INDICE DE ANEXO | viii |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | |
| | |
| 2. OBJETIVOS | 4 |
| 2.1. Objetivo general | 4 |
| 2.2. Objetivos específicos | 4 |
| | |
| 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO | 5 |
| 3.1 Localización del estudio | 5 |
| 3.2 Información disponible | 7 |
| 3.3. Metodología propuesta | 8 |
| 3.3.1 Propuesta para dar respuesta al Objetivo Específico 2.2.1 | 8 |
| 3.3.2. Propuesta para dar respuesta al Objetivo Específico 2.2.2 | 19 |
| 3.3.3. Propuesta para dar respuesta al Objetivo Específico 2.2.3 | 22 |
| 3.3.4. Propuesta para dar respuesta al Objetivo Específico 2.2.4 | 22 |
| 3.3.5. Propuesta para dar respuesta al Objetivo Específico 2.2.5 | 25 |
| | |
| 4. RESULTADOS | 27 |
| 4.1 Descripción y fundamentación de la metodología de evaluación de stock propuesta | 27 |
| 4.2 Estimación de la mortalidad natural (M) | 27 |
| 4.3 Estimación de la biomasa (en peso) y abundancia (en número) de machas | 27 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.4 | Estimación de la mortalidad por pesca (f_{act}) y mortalidad por pesca referenciales ($F_{0.1}$, F_{max} , $F_{0.1g}^6$ y F_{maxg}^6) | 30 |
| 4.5. | Tasa de explotación por banco del período estudiado | 31 |
| 4.6 | Determinación del excedente productivo del stock | 32 |
| 4.7 | Estado de explotación del recurso | 32 |
| 5. | DISCUSIÓN | 34 |
| 6. | BIBLIOGRAFÍA | 37 |

TABLAS

FIGURAS

ANEXO

INDICE DE FIGURAS

- Fig. 1. Desembarque del Recurso Macha en Ritoque (V Región) y Peñuelas (IV Región). Período: 1985 - 1995.
- Fig. 2. Área de estudio: Banco de machas de Peñuelas, IV Región, mostrando las cuatro zonas de extracción al interior de la playa .
- Fig. 3. Área de estudio: Banco de machas de Ritoque, V Región, mostrando las dos zonas de extracción al interior de la playa .
- Fig. 4. Estructuras de talla poblacional de la macha registradas en el proyecto de monitoreo de la pesquería. Período enero 1994. Banco de Peñuelas. IV Región.
- Fig. 5. Estructuras de talla poblacional de la macha registradas en el proyecto de monitoreo de la pesquería. Período enero 1994. Banco de Ritoque. IV Región.
- Fig. 6. Variación de la abundancia en número y peso del stock de machas en el banco de Peñuelas. IV Región. Período agosto 1994 - julio 1995.
- Fig.7. Variación de la abundancia en número y peso del stock de machas en el banco de Ritoque, V Región. Período agosto 1994 - julio 1995.
- Fig.8. Estandarización del poder de pesca (número de buzos por embarcación) por zona, expresado en rendimiento pesquero (Kg/Hora de buceo). Banco de Peñuelas. Período agosto 1994 - julio 1995.
- Fig.9. Estandarización del poder de pesca (número de buzos por embarcación) por zona, expresado en rendimiento pesquero (Kg/Hora de buceo). Banco de Ritoque. Período agosto 1994 - julio 1995.
- Fig.10. Biomasa estimada a partir de las CPUE estándares y los valores de q en peso obtenidos con el procedimiento descrito por Jerez *et al.* (1997). Banco de Peñuelas. Período agosto 1994 - julio 1995.

-
- Fig.11. Biomasa estimada a partir de las CPUE estándares y los valores de q en peso obtenidos con el procedimiento descrito por Jerez et al. (1997). Banco de Ritoque. Período agosto 1994 - julio 1995.
- Fig.12. Curvas de captura de las zonas del banco de Peñuelas. Período agosto 1994 - julio 1995.
- Fig.13. Curvas de captura de las zonas del banco de Ritoque. Período agosto 1994 - julio 1995.
- Fig.14. Curvas de rendimiento por recluta del modelo de Thompson & Bell (1934) para estimar los F de referencia: $F_{0.1}$ y F_{max} por zona en el banco de Peñuelas. Período agosto 1994 - julio 1995.
- Fig.15. Curvas de rendimiento por recluta del modelo de Thompson & Bell (1934) para estimar los F de referencia: $F_{0.1}$ y F_{max} por zona en el banco de Ritoque. Período agosto 1994 - julio 1995.

INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Valores de tasa instantánea de mortalidad natural para los dos bancos de machas estimadas a partir de parámetros de crecimiento obtenidos del trabajo de Ariz et al. (1994) utilizando dos métodos de cálculo.
- Tabla 2. Abundancia del stock de machas en los bancos de Peñuelas (IV Región) y Ritoque (V Región), expresada en peso (t) y estimada por dos métodos de cálculo: Análisis de cohorte y éxito de captura. Período agosto 1994 - julio 1995.
- Tabla 3. Poder de pesca relativo de la flota de buzos que opera en el recurso macha de la IV y V Región, por zona y estratificado por número de buzos. Período agosto 1994 - julio de 1995.
- Tabla 4. Captura por unidad de esfuerzo estandarizado en peso (Kg/H-B estándar), por bancos y zona. Período agosto 1994 - julio de 1995.
- Tabla 5. Estimaciones del coeficiente de capturabilidad (q) y la biomasa global del stock de macha en Peñuelas, obtenidos con el modelo de éxito de captura de Leslie (modificado por Wolff, 1987).
- Tabla 6. Valores de la tasa instantánea de mortalidad por pesca (F_{act}) y mortalidades por pesca referenciales ($F_{0.1}$ y F_{max}) obtenidas con el modelo de Thompson & Bell (1934) de rendimiento por recluta y las mortalidades por pesca referenciales ponderadas por las capturas $F_{0.1g}$ y F_{maxg} .
- Tabla 7. Valores de las tasas de explotación (μ) estimadas a partir de F_{act} y la tasa instantáneas de mortalidad natural (M) por banco y zona estudiada en el período agosto 1994 - julio 1995.
- Tabla 8. Excedentes de productivos promedios (dBt) del stock de machas en los bancos de Peñuelas y Ritoque, a fines de julio de 1995. Toneladas

INDICE DE ANEXO

- ANEXO 1. Método de estandarización del esfuerzo de pesca recurso macha IV-V regiones

1. INTRODUCCION

La pesquería de la macha (**Mesodesma donacium**), históricamente ha sido importante dentro del subsector pesquero artesanal. De acuerdo a las estadísticas oficiales (SERNAP), en los años 80, el desembarque nacional anual aumentó de 2.843 t a 17.122 t en 1989, representando esta última cifra el 16% del total de moluscos desembarcados a nivel nacional. Sin embargo, en los años 90 el desembarque experimentó un descenso, de 9.397 t en 1990 a 6.913 t en 1994, año en que significó una contribución de un 6,1% al desembarque nacional de moluscos.

A nivel nacional, estas fluctuaciones sugieren una intensa explotación comercial sobre este recurso, cuya pesquería estuvo sometida a un régimen de libertad de acceso para su extracción (excepto en lo contenido en el DL 290/1989 MINECOM, que es aplicable a la zona sur de la V Región) hasta diciembre de 1994. A partir de enero de 1995, la pesquería fue declarada en régimen de plena explotación, decretándose el cierre de la inscripción en el registro artesanal correspondiente al recurso. Por su parte, los pescadores artesanales de los bancos de machas estudiados en el proyecto FIP 93-10: "Monitoreo de la pesquería del recurso macha, IV y V Regiones" entre 1994 y 1995 (Peñuelas, Longotoma, Ritoque), preocupados de un eventual colapso de esta pesquería, se autoimpusieron diversas medidas de regulación, orientadas a la conservación del recurso, entre las cuales estuvieron: fijación de cuotas de extracción, límites de los días de operación de la flota y controles del desembarque; todas las cuales han tenido un escaso éxito en el largo plazo al no contar con el respaldo jurídico necesario.

Pesquería de Macha de la IV y V Regiones

La pesquería de la macha en estas regiones ha sido importante en el pasado reciente, tanto por sus niveles de desembarque como por la cantidad de personas involucradas en su extracción. En particular, los bancos de la zona norte de la V Región han mostrado un deterioro en sus abundancias, lo que ha tenido por consecuencia una significativa disminución de los desembarques, desde las 2.300 t en 1992 a las 604 t en 1995. Por su parte, el banco de machas de Peñuelas (IV Región) (que es equivalente a decir el banco de machas de la Bahía de Coquimbo), si bien aún soporta altos niveles de explotación, muestra signos de deterioro de la abundancia del stock en el último tiempo (Ariz et. al, 1994), aunque lo anterior no se refleja en la tendencia del desembarque. La **Fig.1** resume lo indicado en relación a los desembarques registrados por SERNAP entre 1985 y 1995. En la actualidad, la pesquería de machas en la zona norte de la V Región se encuentra deprimida y la fuerza de trabajo ha emigrado a otras regiones o se ha trasladado a otras actividades laborales en la misma región. En la IV Región, la pesquería se mantiene en los niveles de actividad (desembarque y flota) que presentó en 1993.

Existe sólo un antecedente sobre la evaluación del stock de machas de estas regiones y se refiere al estudio desarrollado con fondos de la NORAD (Agencia Noruega para la Cooperación Internacional) (Ariz et al, 1994). En este estudio, se utilizó métodos de evaluación directa basados en transectas y se proyectó la abundancia del stock utilizando el modelo de Kimura & Tagart (1982) de análisis de reducción de stock. Métodos de evaluación indirecta del stock para estos bancos no se han desarrollado ni aplicado anteriormente.

En este contexto, el Consejo del Fondo de Investigación Pesquera ha considerado adecuado efectuar la evaluación indirecta del stock de machas en la IV y V Regiones,

a partir de la base de datos generada por el proyecto Monitoreo de la Pesquería del Recurso Macha en estas mismas regiones, cuyos resultados fueron presentados en el Informe Final respectivo (Jerez y Ariz, 1995). Cabe destacar que dicho proyecto recabó información de la actividad de la flota de botes, recolectando información general de la actividad de los pescadores "orilleros" en cuanto a volumen total desembarcado de machas. Este mismo proyecto no contempló el registro de información sobre la estructura de tallas y pesos de dichos desembarques, lo cual impidió financiar la recopilación de dicha información, a fin de haberla incluido en la evaluación indirecta del stock total de machas de las zonas estudiadas, abordada en este informe.

El actual documento contiene el Informe Final del proyecto "Evaluación Indirecta del Stock de Macha en las Regiones IV y V" (FIP N°94-31) y que ha sido elaborado con la base de información indicada anteriormente, complementado con información registrada por IFOP en estos mismos bancos del recurso en proyectos anteriores. Los resultados que se entregan a continuación incluyen la descripción de la metodología de evaluación indirecta, la estimación de parámetros biológico-pesqueros y la calificación del estado de explotación de la pesquería.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Efectuar una evaluación indirecta del stock de macha (*Mesodesma donacium*) explotado comercialmente por la flota artesanal en el litoral de las Regiones IV y V.

2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1 Proponer un método de evaluación indirecta para el stock de macha, acorde a las características de esta especie y su pesquería.
- 2.2.2 Estimar o revalidar la mortalidad natural de los bancos de machas en estudio.
- 2.2.3 Estimar la biomasa (en peso) y abundancia (número) del stock de macha.
- 2.2.4 Estimar la mortalidad por pesca del período analizado, y las mortalidades por pesca referenciales para el stock explotado.
- 2.2.5 Determinar el estado de explotación del stock de macha.

3. METODOLOGIA DE TRABAJO

3.1 Localización del estudio

El estudio de evaluación indirecta del stock de machas se desarrolla en los bancos de la IV y V región, en particular en el banco de Peñuelas (IV Región) (Fig. 2) y Ritoque (V Región) (Fig. 3). El análisis metodológico de parámetros poblacionales y la evaluación indirecta del stock se efectúa considerando los bancos indicados y zonas al interior de los bancos respectivos. Si bien en el largo plazo, cada banco puede ser equivalente a una unidad de stock, en el corto plazo (período de monitoreo de la pesquería: 1 año) es razonable dividir el banco en zonas de extracción más acotadas, con el objeto de detectar cambios en los rendimientos locales, dado el carácter sedentario del recurso (Caddy, 1987). La capacidad de registro de información pesquera (básicamente, captura y esfuerzo), así como el grado de precisión y exactitud de dicha información proporcionada por los buzos-mariscadores al muestreador impiden recolectarla a una escala espacial más acotada, como podría ser cada sitio de extracción al interior de una zona en un banco dado. La obtención de tal calidad y cantidad de información requeriría que varios muestreadores se embarcaran, lo cual no haría factible desarrollar este proyecto, debido a los montos de financiamiento que se requerirían y que superarían largamente los otorgados. Por esto, y considerando que cualquier medida de manejo que adopte a futuro se hará a una escala espacial que permita su control posterior, se optó por definir el área de estudio en cada región como un banco (stock) con zonas al interior del mismo.

Los bancos a estudiar se ubican entre las siguientes coordenadas geográficas:

RITOQUE: V Región : Límite Norte : 32°50'00"S; 71°31'50"W.
: Límite Sur : 32°53'18"S; 71°30'48"W.
PEÑUELAS: IV Región : Límite Norte : 29°49'15"S; 71°17'15"W.
: Límite Sur : 29°57'10"S; 71°18'15"W.

Al interior de cada banco se reconocieron diferentes zonas de extracción (subzonas del banco). En Ritoque se identificaron 2 zonas (códigos IFOP: 22300 y 22400) y en Peñuelas cuatro (códigos IFOP: 7100,7200,7300 y 7400). Cada una de estas zonas esta delimitada por una característica relevante del relieve o hito, reconocido por los pescadores durante la operación de la flota.

Peñuelas (IV Región):

Zona 7100 : Sector sur del banco, va de Caleta Peñuelas hasta El Faro. (ap.135 Ha).
Zona 7200 : Sector medio sur, desde El Faro hasta el Canal Zanahoria. (ap. 40 Ha).
Zona 7300 : Sector medio norte, del Canal Zanahoria hasta Agua Verde.(ap. 79 Ha).
Zona 7400 : Sector norte del banco, de Agua Verde hasta Punta Teatinos. (ap. 73 Ha)

Ritoque (V Región):

Zona 22300 : Sector sur : de Punta Piedra hasta Mitad de Playa (ap. 51 Ha.).
Zona 22400 : Sector norte : de Mitad de Playa hasta La Conchilla (ap.80 Ha.).

3.2 Información disponible

El presente estudio utilizó fundamentalmente la información biológico-pesquera registrada durante el desarrollo del proyecto : "Monitoreo de la pesquería del recurso macha, IV y V Regiones, 1994". Dicho proyecto se centró en tres bancos principales del recurso de estas dos regiones: Longotoma y Ritoque en la V Región y Peñuelas en la IV Región. Dado que el banco de Longotoma, prácticamente no mostró actividad durante el período de monitoreo a consecuencia del agotamiento del stock de machas, se comprometió realizar la evaluación indirecta del stock sólo en el banco de Ritoque (V Región) y en el de Peñuelas (IV Región). En estos dos bancos, las capturas y el esfuerzo nominal de la flota fue muestreado en forma diaria desde agosto de 1994 a julio de 1995 (12 meses calendario). Los registros de información contemplaron datos de captura y esfuerzo, estructura de talla y peso de la captura y muestreos biológicos.

Los muestreos biológicos consistieron en el registro de las tallas y pesos poblacionales con el fin de obtener posteriormente parámetros de crecimiento, mortalidad natural y de relación longitud-peso, sin embargo, las estructuras de talla poblacional obtenidas mostraron no mas de tres modas concentradas en estrechos rangos de tallas, tanto en Peñuelas como en Ritoque (**Fig. 4** y **Fig. 5**), lo que impidió la aplicación de métodos de ajuste polimodal, tipo MIX (Macdonald & Pitcher, 1979) para obtener parámetros de crecimiento mas recientes. En consecuencia, se utilizó información sobre parámetros de crecimiento obtenidos en estudios anteriores (Ariz et al, 1994) para cada uno de los bancos estudiados, a partir de los cuales se estimó la mortalidad natural. Se consideró apropiado usar esta información, por cuanto se supone una condición relativa de menor explotación de los bancos en estos años, lo que implícitamente sugiere la existencia de parámetros de crecimiento de un stock con estructura de tallas mas estables.

La metodología de análisis de la información del desembarque, su composición de tallas y pesos, así como la aplicación del modelo de evaluación indirecta del stock corresponde a la que se presentó en la propuesta técnica original y que fue aprobada como válida para ser aplicada a este recurso.

3.3 Metodología propuesta

3.3.1 Propuesta Para dar Respuesta Al Objetivo Específico 2.2.1: "Proponer un método de evaluación indirecta para el stock de macha, acorde a las características de esta especie y su pesquería."

A fin de satisfacer los objetivos requeridos por las Bases Especiales del Proyecto N°94-31 la Oferta Técnica propone utilizar un método de evaluación indirecta del stock de macha que permita estimar su biomasa (en peso) y abundancia (en número) en dos bancos principales de su pesquería (Ritoque en la V y Peñuelas en la IV Región, respectivamente). Así como también, estimar su mortalidad natural, mortalidad por pesca, mortalidades por pesca de referencia, el vector de mortalidades por pesca asociado a la talla, calcular la tasa de explotación y el excedente productivo anual, con lo cual finalmente, poder determinar el estado de explotación del stock respectivo.

Si bien las Bases Especiales del Concurso FIP no definen a priori las condiciones del modelo a usar, se indica que se "...deberá considerar en su análisis la composición de tallas del desembarque..." y dado que no se cuenta con una matriz de datos tipo "clave talla-edad" para ese período, la información disponible proporcionada por el proyecto FIP 93-10 "Monitoreo de la pesquería del recurso macha, IV y V Regiones" de 1994, determinó implícitamente el uso de un modelo estructurado en tallas, de tipo analítico de pseudo-cohorte (dado que se cuenta con un vector de captura talla-referenciado correspondiente a la temporada extractiva 1994-1995).

Lo anterior mostró la conveniencia de desarrollar un enfoque de evaluación basado en el análisis de los datos de composición en talla del desembarque. Tradicionalmente, dicho análisis se ha efectuado por medio de la técnica conocida como "análisis de cohorte", la cual se fundamenta en que podemos saber el tamaño del stock de un recurso observando el número de ejemplares capturados durante intervalos sucesivos en sus vidas. Normalmente estos intervalos se han definido en términos anuales, para lo cual, además, se ha supuesto contar con una determinación de edades a gran escala de muestreos del desembarque. Sin embargo, no es necesario considerar este enfoque, tal como lo mostró Jones (1984), ya que contando con coeficientes de crecimiento, el desembarque puede ser estructurado en intervalos de talla, cuya amplitud variará de acuerdo a la función de crecimiento que se use y al valor específico de cada uno de los parámetros que la compongan.

El Análisis de Cohorte en talla (Jones, 1984), denominado aquí como "Análisis de Pseudo-cohorte" por cuanto no se cuenta con una matriz clave talla-edad histórica, supone que la estructura de edad anual representa una cohorte en una condición de equilibrio ("steady-state"). Dicha situación se ajustaría a la situación presente en el banco de Peñuelas, en el cual la flota se ha autoimpuesto una cuota (que ha variado entre años desde los 1000 kg a los 250 kg) desde hace 5 años. Por su parte, en el banco de Ritoque dicha condición resulta mas difícil de sostener, dado que los desembarques han fluctuado notablemente entre 1985 y la actualidad, mostrando dos máximos (en 1986 y 1992) y un nivel mínimo en 1990 y en 1993, respectivamente.

Para aminorar la insuficiencia de las condiciones de aplicabilidad del modelo propuesto, los resultados de las estimaciones de abundancia son comparados con los obtenidos con la aplicación de un modelo de estimación de abundancia de tipo global basado en datos de captura y esfuerzo como lo es el modelo de éxito de captura de Leslie & Davis (1939) modificado por Wolff (1987). Los métodos propuestos poseen

limitaciones en su aplicación a recursos sedentarios como el caso de la macha, las cuales deberán ser disminuidas con investigación futura relativa a la determinación de unidades poblacionales de este tipo de recursos bentónicos. Por ahora, resulta improductivo discutir si los bancos de machas, ubicados en las playas donde se desarrolla su pesquería, son unidades biológicas independientes o subunidades (metapoblaciones) de un stock parental cuya distribución involucra varios bancos y playas al interior de una región. En la actualidad no existe ningún antecedente fundado que indique cuales son las fronteras de influencia de los stocks parentales en los reclutamientos locales de este tipo de recurso, ni cuales son los diferentes grados de dispersión larval. Este punto debiera ser abordado en el esquema de un programa sistemático de investigación a futuro, no solo para este recurso en particular, sino para muchos otros en general (moluscos, crustáceos, algas, etc.).

En base a estos antecedentes y considerando que la Propuesta Técnica fue calificada y aprobada de acuerdo a las condiciones del concurso FIP correspondiente, los modelos propuestos corresponden a: 1) Modelo de pseudo-cohorte para talla de Jones (1984) y 2) Modelo de Éxito de Captura de Leslie & Davis (1939), modificado por Wolff (1987).

A continuación se presenta la simbología base y los algoritmos de cálculo de la abundancia en número y peso a partir de dos modelos: **MODELO 1** : Análisis de Cohorte (Pseudo-cohorte) de Jones (1984) para datos de talla, denominado en el documento como **AC** y, **MODELO 2** : Modelo de éxito de captura de Leslie & Davis (1939) y Wolff, (1987) denominado en el documento como **ML**.

Simbología

- i = índice del grupo de talla i
 t = índice del grupo de edad t o intervalo de tiempo t
 k = índice del último grupo de talla i
 C_i = captura del grupo de talla i
 C_t = captura del intervalo de tiempo t
 K_t = captura acumulada al inicio del intervalo t mas un medio de la captura del intervalo t
 F_i = tasa instantánea de mortalidad por pesca por talla i
 $F_{0.1}$ = tasa instantánea de mortalidad por pesca del 10% de la pendiente original entre el rendimiento por recluta y la mortalidad por pesca actual.
 F_{max} = tasa instantánea de mortalidad por pesca que produce un máximo rendimiento por recluta.
 $F_{0.1g}$ = tasa instantánea de mortalidad por pesca global ponderada por la captura y que equivale al 10% de la pendiente original entre el rendimiento por recluta y la mortalidad por pesca actual.
 F_{maxg} = tasa instantánea de mortalidad por pesca global ponderada por la captura, que produce un máximo rendimiento por recluta.
 Z_i = tasa instantánea de mortalidad total por talla i
 M = tasa instantánea de mortalidad natural
 N_i = número de ejemplares de talla i en el stock
 N_t = número de ejemplares del stock en el intervalo t
 N_0 = número de ejemplares del stock inicial del período analizado
 \bar{N}_i = número promedio de ejemplares de talla i en el stock
 N_{m_i} = número medio anual total de ejemplares de talla i en el stock
 L_{oo} = longitud asintótica del modelo de von Bertalanffy
 k = coeficiente de crecimiento del modelo de von Bertalanffy

- t_0 = edad de talla 0 del modelo de von Bertalanffy
 q = coeficiente de capturabilidad del modelo de Leslie
 f_i = esfuerzo de pesca en el intervalo de tiempo t
 f_i = esfuerzo de pesca en el intervalo de tiempo t
 a = coeficiente intercepto de la función morfométrica
 b = pendiente de la función morfométrica
 w_i = peso medio del grupo de talla i
 l_i = talla media del grupo de talla i

ALGORITMOS DE CALCULO

MODELO 1: Análisis de Cohorte (Pseudo-cohorte) de Jones (1984) para datos de talla (AC):

El modelo AC se origina del algoritmo de Pope (1972) y supone que a partir de estimaciones de M y C_t es posible estimar el número de ejemplares (N_t) que debiera haber en el agua para explicar esa captura:

$$N_t = N_{t+1} * e^M + C_t * e^{M-2} \quad 1$$

Lo anterior se aplica cuando el intervalo de tiempo t corresponde exactamente al mismo para diferentes valores C_t . Al trabajar en intervalos de talla i lo anterior no se cumple y se define un intervalo de t variable (Dt), con lo que se obtiene una expresión generalizada para intervalos de t variable:

$$N_t = N_{t+1} * e^{M \cdot t} + C_t e^{M \cdot t/2} \quad 2$$

Así, la función anterior puede ser adaptada a datos de composición en talla, suponiendo una relación implícita entre talla y edad mediante la función de crecimiento de von Bertalanffy, de tal manera que un ejemplar de talla, por ejemplo, L_1 debería tener una edad media t_1 , luego:

$$t_i = t_0 - \frac{1}{k} * \ln(1 - (L_i / L_\infty)) \quad 3$$

y del mismo modo un ejemplar de talla L_2 tendrá una edad media t_2 , por lo que el tiempo medio requerido para crecer entre L_1 y L_2 debe estar dado por la diferencia entre esas tallas:

$$\Delta t = (t_1 - t_2) = \left(\frac{1}{k}\right) * \ln\left(\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2}\right) \quad 4$$

Nótese que la función anterior se independiza de la constante "to" por diferencia. El subíndice i que representa un grupo de talla equivale en adelante al intervalo de edad Dt .

Luego, N_1 representa el número de ejemplares que alcanzan la talla L_1 durante 1 año y N_2 los que alcanzan la talla L_2 y como se vió ($t(L_2) - t(L_1)$) de la función (4) equivale a Dt . Substituyendo la función (4) en la (2) se obtiene:

$$N_t = N_2 \frac{(L_\infty - L_1)^{M/2k}}{(L_\infty - L_2)^{M/2k}} + C_{1/2} \frac{(L_\infty - L_1)^{M/2k}}{(L_\infty - L_2)^{M/2k}} \quad 5$$

Para efectos de cálculo la función anterior puede resumirse a:

$$N_1 = [N_2 X_L + C_{1/2}] X_L \quad 6$$

donde

$$X_L = \frac{(L_\infty - L_1)^{M/2k}}{(L_\infty - L_2)} \quad 7$$

De esta manera, entonces, es posible estimar el número de ejemplares que en intervalos de talla sucesivos están presentes en el stock en un intervalo de tiempo dado. Resulta conveniente expresar la abundancia en número en términos promedio anual de cada grupo de talla mediante la relación:

$$\bar{N}_i = \frac{(N_1 - N_2)}{Z} \quad 8$$

El valor de Z se obtiene de la siguiente expresión:

$$Z = \frac{-\ln\left(\frac{N_2}{N_1}\right)}{\Delta t} \quad 9$$

donde N_1 y N_2 equivalen a la abundancia en número de los grupos de talla $_1$ y $_2$.

Así, el stock medio anual total en número de cada grupo de talla proporciona un estimador del stock medio anual total de todos los grupos de talla i presentes en el stock mediante:

$$Nm_i = \sum_{i=1}^m \bar{N}_i \quad 10$$

La estimación de abundancia en peso (B_i) esta dado por la conversión de talla media L_i a peso medio w_i con la función gravimétrica:

$$\bar{w}_i = a \bar{L}_i^b \quad 11$$

luego,

$$\bar{B}_i = \bar{N}_i * \bar{w}_i \quad 12$$

Del mismo modo, la biomasa media de todas los grupos de talla i en el período estará dada por:

$$Bm_i = \sum_{i=1}^m \bar{B}_i \quad 13$$

Los supuestos básicos del modelo AC para talla se resumen en los siguientes:

- a) El modelo se aplica a una unidad de stock. Este supuesto, normalmente, en pesquerías, se define en términos operacionales más que desde el punto de vista biológico de la unidad población del recurso. Para efectos del modelo AC se supone un grado importante de aislamiento de los bancos de macha estudiados, ya que se localizan en sectores costeros de substrato blando (playas de arena) delimitados por amplios sectores rocosos, lo que limita las posibilidades de éxito del reclutamiento a gran distancia.
- b) La tasa instantánea de mortalidad natural se mantiene constante para todos los grupos de talla completamente reclutados. No existen antecedentes que permitan confirmar o rechazar este supuesto, sin embargo, es razonable pensar que el

efecto de M varíe entre grupos de talla, fluctuando alrededor de un valor medio. Este valor medio se calculará mediante los métodos propuestos en el punto siguiente.

- c) Los procesos de reclutamiento y mortalidad natural se concentran en épocas del año, dando lugar a una pesquería de tipo 1A según Ricker, 1975 y están balanceados en intervalos de tiempo de un año (condición de equilibrio). Tal vez uno de los supuestos mas difíciles de satisfacer y comprobar sea este, sin embargo, tal situación puede ser bien representada en Peñuelas, no así en Ritoque. A efectos de determinar la validez de este supuesto se requeriría contar con una matriz de datos de captura a la talla o edad para un período superior al tiempo generacional de las cohortes en la pesquería. Tal situación no se posee a la fecha.
- d) El crecimiento de las cohortes es descrito por medio de la función de crecimiento Bertalanffy, para la cual se han estimado sus parámetros previamente (Ariz et al., 1994). Se cuenta con antecedentes sobre otras funciones de crecimiento ajustadas para estos mismos bancos.

MODELO 2 : Modelo de éxito de captura de Leslie & Davis (1939) y Wolff (1987) denominado en el documento como **ML**.

La aplicación de un método alternativo de estimación de abundancia se efectuó como una forma de "calibrar" las estimaciones de abundancia obtenidas con el MODELO 1. El método ML corresponde a un modelo de tipo global, no estructurado para talla o edad, y requiere a diferencia del anterior, de datos de captura y esfuerzo registrados en un período determinado.

El algoritmo básico de cálculo proviene del ajuste la siguiente función lineal de Leslie & Davis (1939), mediante regresión:

$$\frac{C_t}{f_t} = q N_o - q K_t \quad 14$$

Wolff (1987) agregó una modificación útil consistente en incorporar el efecto de la mortalidad natural en el período de interés, con lo cual la función anterior se transforma en:

$$\left(\frac{C_t}{f_t}\right) \left(\frac{1}{e^{-M_t}}\right) = q N_o - q K_t e^{\left(\frac{M_t}{2}\right)} \quad 15$$

El valor de N_o se obtiene, simplemente, de dividir el valor del intercepto (qN_o) por el de la pendiente q .

La aplicación de este modelo requiere datos estandarizados de esfuerzo pesquero, procedimiento que se realiza mediante la aplicación del método propuesto por Jerez et al. (1997), el cual normaliza el esfuerzo medido en horas de buceo generado por uno o dos buzos, por día y por embarcación en cada zona estudiada. El procedimiento de estandarización se presenta en el ANEXO 1.

Este procedimiento de estandarización del esfuerzo, si bien no se incluyó en la propuesta original, se consideró adecuado aplicarlo a fin de mejorar la estimación de abundancia del stock de machas en cada banco. A partir del valor de q del período de interés y del valor del esfuerzo total estandarizado (f_{sj}) para la zona (j) de cada banco y el período considerado se obtiene la estimación final de la abundancia media del stock (N_j) de:

$$\bar{N}_j = \left(\frac{1}{q}\right) * \left(\frac{C_j}{fs_j}\right) \quad 16$$

Una estimación de la abundancia del stock total (N_i) en cada zona de cada banco en todo el período de estudio (12 meses) se obtiene a partir del promedio de todos los valores de N_j calculados con la función anterior.

Del mismo modo, la biomasa media del stock (B_j) de cada zona (j) de cada banco, estará dada por el producto entre el peso medio w_i obtenido con la función gravimétrica y la abundancia media en número indicado anteriormente, luego,

$$\bar{B}_j = \bar{N}_j * \bar{w}_i \quad 17$$

Con lo que la biomasa media total (B_i) del banco se estimará de:

$$\bar{B}_i = \sum_{j=1}^m \bar{B}_j \quad 18$$

Los supuestos básicos del modelo ML se resumen en los siguientes:

- a) Se trabaja con una unidad de stock. Este supuesto se satisface para efectos del modelo ML, ya que los bancos de macha se localizan en sectores costeros de substrato blando (playas de arena) delimitados por amplios sectores rocosos. Aunque no hay antecedentes científicos que avalen este supuesto, es probable que las posibilidades de éxito que masas larvales del recurso colonicen y se asienten a grandes distancias (decenas de kilometros) de sus stock parentales sean bajas, en proporción inversa a la distancia de colonización. Por ahora, esto determinaría el carácter de población cerrada del stock.

- b) La tasa instantánea de mortalidad natural se mantiene constante en el período analizado. No existen antecedentes que permitan confirmar o rechazar este supuesto, sin embargo, es razonable pensar que el efecto de M varíe en el período analizado, fluctuando alrededor de un valor medio. Este valor medio se calculará mediante los métodos propuestos para satisfacer el objetivo específico 2.2.2.

3.3.2 Propuesta para dar Respuesta al Objetivo Específico 2.2.2: "Estimar o revalidar la mortalidad natural de los bancos de machas en estudio".

En general, existen al menos cinco tipos genéricos de métodos para estimar la tasa instantánea de mortalidad natural " M ", los cuales se resumen en los siguientes:

- a) Métodos bioanalógicos
- b) Métodos basados en la curva de captura y composición de tallas.
- c) Métodos basados en la composición de edades de la captura
- d) Experimentos de marcaje y recaptura
- e) Métodos que requieren datos de captura y esfuerzo.

Dada la falta de información para su aplicación se descartan los métodos de las letras "d" y "e", aunque se reconoce la mayor robustez que presentan, en particular los métodos basados en marcaje y recaptura. Sin duda, el estudio de la mortalidad natural requiere del desarrollo de un proyecto en particular que contemple dos o tres métodos alternativos de validación, entre los que el marcaje y recaptura constituye uno de los más utilizados (Phillips & Campbell, 1974; Vetter, 1988; Beinssen & Powell, 1979).

Además, varias técnicas específicas pertenecientes a los otros métodos (del tipo "b" y "c"), que estiman la mortalidad total (Z) podrían ser aplicables para estimar mortalidad natural (M) siempre que la estimación se hiciera sobre stock no explotados, lo cual no es la condición de los stock en estudio. En este grupo de métodos encontramos los modelos de Beverton & Holt (1956), Ssentongo & Larkin (1973), Van Sickle (1977), Powell (1979), Pauly (1983), Jones & Van Zalinge (1982), Jones (1984), Heincke (1913), Chapman & Robson (1960), Robson & Chapman (1961), Fournier & Breen (1983), entre otros.

Lo anterior reduce la estimación de M a algunos métodos bioanalógicos.

Los métodos bioanalógicos se basan en suponer la existencia de una relación entre la mortalidad natural y procesos biológicos básicos como el crecimiento, la reproducción o la longevidad u otros. Algunos de estos métodos han relacionado estimaciones independientes de M y otros parámetros, a través de relaciones funcionales, pero obtenidas para recursos ícticos, no aplicables biológicamente a recursos bentónicos como la macha. Tal es el caso de los modelos de Pauly (1980) y Rikhter & Efanov (1976), los cuales requieren parámetros ambientales o de edad de primera madurez. Métodos como el de Hoenig (1983) o el de Ebert (1981), si bien son bioanalógicos, requieren el supuesto de stock no-explotado para la estimación de M.

En consecuencia, existen al menos, dos modelos posibles de aplicar para estimar M de acuerdo a la información disponible (estructura de talla poblacional y estimaciones previas de parámetros de crecimiento individual y gravimétricos). Estos son:

MÉTODO 1: Taylor (1958)

$$M = \frac{2,996 * k}{2,996 + k * t_o} \quad 19$$

MÉTODO 2: Alverson & Carney (1975)

$$M = \frac{3 * k}{e^{tmb * k} - 1} \quad 20$$

donde, t_{mb} corresponde a la edad crítica (t_c de Ricker, 1975) en que la cohorte se espera maximice su biomasa. El valor del parámetro " t_{mb} " se calcula a partir de una estimación de la edad máxima " t_{max} " que alcanzan las cohortes en el stock. El valor de t_{max} se estimará como la media de las edades máximas relativas calculadas de las tallas máximas de los muestreos poblacionales o de la captura. Así, la edad máxima se estimará de:

$$\hat{t}_{max} = \frac{\sum_{n=1}^N \hat{t}_{max}}{N_{max}} \quad 21$$

donde N es el número de valores de t_{max} estimados.

Con este valor de t_{max} se obtendrá t_{mb} , según los autores, por medio de:

$$tmb = (1/2) * t_{max} \quad 22$$

valor que será usado en la estimación de M.

Finalmente, se utilizará un valor promedio aritmético de M obtenido de las estimaciones de los métodos indicados, el cual será usado en la evaluación indirecta.

3.3.3 Propuesta para dar Respuesta al Objetivo Específico 2.2.3 : "Estimar la biomasa (en peso) y abundancia (en número) del stock de macha."

Se propone alcanzar este objetivo con el procedimiento indicado en el punto 3.3.1, con los algoritmos (10) y (13) del MODELO 1 y (16) y (18) del MODELO 2.

3.3.4 Propuesta para dar Respuesta al Objetivo Específico 2.2.4 : "Estimar la mortalidad por pesca del período analizado, y las mortalidades por pesca referenciales para el stock explotado".

La aplicación del MODELO 1 de evaluación de stock permitirá obtener, además del vector de abundancia por grupo de talla, un vector de mortalidades por pesca total $F\Delta t$ distribuido por grupo de talla i . Las tasas de mortalidad estimadas, son instantáneas y ocurren en un infinitesimal intervalo de tiempo (dt), para un período anual, por lo que su unidad tácitamente se expresa en t^{-1} , con $t=1$.

Alternativamente, la mortalidad por pesca (F) se estimará como una tasa instantánea total a partir de la composición de tallas del desembarque mediante el método propuesto por Pauly (1983):

$$\ln\left[\frac{C_i}{\Delta t}\right] = \alpha - Z(t + \Delta t)$$

donde Dt es el intervalo de tiempo de crecimiento entre L_1 y L_2 .

a = corresponde a valor del intercepto de la función lineal. Así, F se obtendrá de:

$$F_t = Z_t - M \quad 24$$

Este valor de F representa la tasa instantánea de mortalidad a la cual esta sometido el stock en cualquier momento del período de tiempo analizado (1994-1995). A esta tasa se le denominará " F_{act} ". Por su parte, las Mortalidades por Pesca Referenciales (F_{ref}), se estimarán a partir de una función de una relación Rendimiento por Recluta (YPR):

De acuerdo a la información disponible es posible estimar los F de referencia del tipo: F_{max} y $F_{0.1}$. El resto de los tipos de las mortalidades por pesca de referencia requiere contar con una serie de años con información sobre relaciones Stock-Reclutas, la cual es inexistente a la fecha.

A fin de efectuar las estimaciones de F de referencia se propone utilizar el modelo de rendimiento por recluta para estructura de talla, basado en el modelo de Thompson & Bell (1934) (T&B) a diferencia del propuesto originalmente en la propuesta técnica y que se refería al modelo de Beverton & Holt (1957) (B&H) para edad modificado por Sparre *et al*, 1989. La causa principal para esta modificación es que el modelo de T&B resulta más flexible en la incorporación del patrón de reclutamiento a la talla (r_i) en el cálculo del vector de F_i a la talla, mediante la relación:

$$F_i = r_i * F_{ref} \quad 25$$

donde r_i se obtiene del cociente entre el F_i y el $\max\{F_i\}$ y dado que la captura en número depende de:

$$C_i = F_i * N_i$$

luego, si se supone un reclutamiento constante (N_i), variando el nivel de F_i derivado del cambio en el F_{ref} se obtienen diferentes valores de C_i para diferentes valores de F_{ref} de entrada, lo que traducido a peso, genera diferentes niveles de rendimiento (Y_i) del stock según el nivel de mortalidad por pesca referencial que se aplique a partir de:

$$Y_i = w_i * (N_{(L_i)} - N_{(L_{i+1})}) * F_i / Z_i \quad 26$$

donde.

$$N_{(L_{i+1})} = N_{(L_i)} * (((1 / X_i) - F_i / Z_i) / (X_i - F_i / Z_i)) \quad 27$$

$$X_i = ((L_{00} - L_i) / (L_{00} - L_{i+1}))^{(M/2k)} \quad 28$$

El algoritmo 26 genera una curva en la cual es posible interpolar los valores de F de referencia propuestos ($F_{0.1}$ y F_{max}). Dado que el valor de F_{act} es una mortalidad por pesca global de los grupos de talla completamente reclutados, es necesario obtener valores globales de $F_{0.1}$ y F_{max} que puedan ser comparados en el mismo espacio paramétrico con aquel. Por tanto, se obtuvo un $F_{0.1g}$ y un F_{maxg} global ponderado por la captura, a partir del valor de $F_{0.1}$ y F_{max} obtenido del modelo de rendimiento por recluta usado, a través de la relación:

$$\bar{F}_{0.1g} = \frac{\sum_{i=L^*}^k F_{0.1j} * C_i}{\sum_{i=L^*} C_i} \quad 29$$

Igual relación se utiliza para estimar el F_{max} , reemplazándolo en la relación anterior en lugar de $F_{0.1}$. El valor de $F_{0.1,j}$ corresponde al producto del $F_{0.1}$ y el patrón de reclutamiento (r_j).

El excedente productivo anual, que equivale a la diferencia entre la biomasa del stock explotable disponible al inicio y final del periodo luego de ocurrido los procesos de incremento de la biomasa del stock (R_t = reclutamiento en número y G = crecimiento en peso (somático)) y decremento de la misma (M = mortalidad natural), considerando la biomasa captura como parte de la biomasa inicial disponible (Ricker, 1975). El algoritmo básico corresponde a :

$$dB_t = B_{t+1} - B_t \quad 30$$

donde

$$B_{t+1} = B_t + R_{t+1} + GB_{t+1} - MB_{t+1} \quad 31$$

En nuestro caso, B_t proviene de la estimación de la biomasa del stock a partir del modelo de éxito de captura (MODELO 2), el cual proporciona el nivel diferencial de abundancia del stock al inicio y al final del período considerado. Las fluctuaciones de la biomasa del stock en el período corresponden a eventos de incremento y disminución del stock, a las cuales debe incluirse el efecto de la captura en peso (Y_t = producción).

$$dB_t = B_{t+1} - B_t + Y_t \quad 32$$

3.3.5 Propuesta para dar Respuesta al Objetivo Específico 2.2.5 : "Determinar el estado de explotación del stock de macha".

En primer lugar , se efectuará una estimación de la tasa de explotación global a partir de la estimación de la tasa instantánea de mortalidad por pesca total (F_t) y la tasa de mortalidad total (Z_t) ocurrida en un período t .Esta estimación supone que todos los ejemplares pertenecientes al último grupo de talla y superiores son capturados, con lo que Δt para ese grupo de talla es ∞ , así que $\exp -Z_t \Delta t$ es 0, luego:

$$\mu = \frac{F_i}{Z_i} \quad 33$$

Por su parte, el MODELO 1 de evaluación indirecta permite estimar el vector de tasa de explotación (m) (Sparre & Venema, 1995), equivalente a la fracción de las muertes causadas por la pesca, calculada para cada grupo de talla i a través de:

$$\mu_i = \frac{F_i}{Z_i} = \frac{C(L_1, L_2)}{N(L_1) - N(L_2)} \quad 34$$

En segundo lugar, de acuerdo a la información con que se cuenta y utilizando los F de referencia en comparación del F_{act} que presentan los stocks estudiados, es posible analizar el estado de explotación desde la perspectiva del análisis de rendimiento por recluta. Dicho análisis permite solamente indicar si el stock esta siendo explotado de manera mas o menos eficiente en cuanto a aprovechar la producción en biomasa. El concepto subyacente esta relacionado con determinar si el stock esta siendo sobre-explotado por crecimiento o no. A fin de establecer si el stock esta siendo sobre-explotado por reclutamiento requiere, invariablemente, contar con un conjunto de puntos en un diagrama Stock-Recluta.

En términos del comportamiento de la abundancia del stock se efectuará un análisis comparativo con los resultados obtenidos por Ariz et al., 1994.

4. RESULTADOS

4.1 Descripción y fundamentación de la metodología de evaluación de stock propuesta.

La metodología de evaluación indirecta del stock propuesta en este estudio se basó en la aplicación de dos modelos de estimación de abundancia del stock, tal como se describe en detalle en el capítulo 3.

4.2 Estimación de la mortalidad natural (M)

La mortalidad natural, expresada como tasa instantánea de mortalidad natural se estimó a partir de dos tipos de métodos bioanalógicos. Los valores resultantes del parámetro M resultante se muestran en la **Tabla 1**. Para el banco de Peñuelas se obtuvo un valor mas alto que el estimado para el banco de Ritoque, debido probablemente a la mayor abundancia del stock de machas en el primero, via el efecto denso-dependiente de un stock mas denso. Los valores de M, equivalentes en tasas absolutas de mortalidad natural del stock y expresadas en porcentaje ($M\% = 1 - e^{-M}$), fueron: 24% para Peñuelas y 21% para Ritoque, respectivamente. Estos valores se suponen constantes para todo el banco y para todos los grupos de talla completamente reclutados a la pesquería.

4.3 Estimación de la biomasa (en peso) y abundancia (en numero) de machas.

La aplicación de los dos modelos de estimación indirecta de la abundancia del stock permitieron obtener un valor de abundancia en peso y número del stock total de macha en cada zona definida de cada banco estudiado. Este valor de stock incluye la

fracción explotada por la flota de botes y buzos. Si bien, los pescadores orilleros, que el caso de Peñuelas se demostró, podían dar cuenta de más de un 25 % de la captura total y en Ritoque llegaban al 6 %, no se incluyeron en la estimación del stock, dado que no se contó con datos de tallas y talla-peso de machas provenientes de esta fracción de la pesquería. Lo anterior se debió a que ni el Término Básico de Referencia ni la Propuesta Técnica de IFOP del proyecto "Monitoreo de la pesquería del recurso macha, IV y V regiones, 1994" consideró el registro de dicha información. En total se calculó la abundancia en seis zonas (4 para el banco de Peñuelas y 2 para el banco de Ritoque). Los valores correspondientes se muestran en la **Tabla 2**. La biomasa del stock en Peñuelas se estimó en 5.737 t y en Ritoque en 694 t usando análisis de cohorte. Lo anterior expresado en abundancia en número fue equivalente a un total de 295,8 millones de machas en Peñuelas y 29,8 millones en Ritoque. Por su parte, en la **Fig. 6** y **Fig. 7** se muestra la estructura de tallas del stock en peso y número para los bancos y zonas señaladas. Las curvas de abundancia en número y peso por rango de talla siguen un comportamiento similar en los dos bancos estudiados. En general, en Peñuelas el peso máximo del stock se concentra en los rangos de tallas 59 - 63 mm; mientras que en Ritoque el rango de talla sube a 64 - 68 mm. Lo anterior demuestra que la estructura de talla en este último banco presenta ejemplares más grandes, y más viejos, que en Peñuelas.

La aplicación del modelo de éxito de captura de Leslie, modificado por Wolff (1987) para incorporar el efecto de la mortalidad natural M , permitió estimar la abundancia en peso (biomasa) del stock de manera global, no estructurada en talla (Tabla 2). Como se indicó en el capítulo de metodología, el esfuerzo nominal medido en horas de buceo ejercido por dos buzos se normalizó al ejercido por un buzo, mediante el producto del esfuerzo nominal de dos buzos por el poder de pesca relativo obtenido con el procedimiento de Jerez et al. (1997).

En la **Fig. 8** y **Fig. 9** se presentan los valores de rendimiento (captura por unidad de esfuerzo medida en Kg/hora de buceo = CPUE) para las zonas definidas al interior de los bancos estudiados. En cada figura se muestran los valores de CPUE para 1 y 2 buzos, y la CPUE estandarizada (para 2 buzos). Se aprecia, en todos los casos que la CPUE no estandarizada para 2 buzos siempre fluctuó por debajo de la CPUE para 1 buzo. Este efecto se explica en la existencia de interferencia en la faena de 2 buzos, los cuales dependen de la operatividad de los tripulantes de un sólo bote, lo que produce una ineficiencia en la labor de extracción y acumulación dentro de la embarcación. El efecto de la estandarización produjo un aumento sistemático de la CPUE de 2 buzos, dado que el poder de pesca relativo fue menor a 1, lo cual determinó valores de esfuerzo menores para una captura dada y consecuentemente CPUE mayores. En la **Tabla 3** se indican los valores de los coeficientes de poder de pesca de 2 buzos respecto a 1 buzo. Se aprecia que en Peñuelas, los poderes de pesca fueron menores a los que se estimaron para Ritoque, lo que indica que el grado de interferencia entre los buzos es mayor en un banco de machas mas abundante que en uno relativamente agotado como Ritoque.

Luego, una vez que se estandarizó el esfuerzo se procedió a calcular la CPUE estándar por zona y banco (**Tabla 4**). Posteriormente, se aplicó a esta información el modelo de éxito de captura global ya señalado. El resultado de la aplicación de este modelo proporcionó estimaciones de coeficiente de capturabilidad (q) expresadas en unidades de peso (**Tabla 5**), las cuales permitieron calcular una valor alternativo de abundancia del stock calculado por medio del análisis de pseudo-cohorte (ver **Tabla 2**). Sólo los valores de q obtenidos de los datos de CPUE estándar del banco de Peñuelas fueron consistentes y permitieron estimar una biomasa global del stock de 5637 t, valor del mismo orden de magnitud del estimado por análisis de cohorte. En Ritoque, en cambio, la información de CPUE estándar no mostró rangos regresionales de aplicación para el modelo de éxito de captura, descartándose este método

como alternativo al método de análisis de cohorte. En la Tabla 5 se proporciona, además, los valores de los coeficientes de regresión y los correspondientes intervalos de confianza de los parámetros de la regresión (intercepto y pendiente). Puede apreciarse que sólo la Zona 7100 se obtuvo un bajo nivel de coeficiente de regresión, equivalente a un coeficiente de correlación de 0,54, significativo a un 90% de confianza. El resto de los coeficientes fueron significativos estadísticamente a un $\alpha = 0.05$ (95% de confianza).

Las estimaciones de stock obtenidas con el método de análisis de cohorte y los valores de las fluctuaciones mensuales de la CPUE estandarizada permitieron calcular la abundancia media mensual del stock por banco y zona en toneladas. El resultado de este cálculo se muestra en las Fig.10 y Fig.11. para Peñuelas y Ritoque, respectivamente. En Peñuelas, en general, se aprecia una leve declinación del stock durante el período analizado en las cuatro zonas del banco, alcanzando un máximo en el período septiembre-diciembre (mes 2 al 5 en la figura). Por su parte, en Ritoque, la biomasa mostró una tendencia creciente hacia el final del período analizado.

4.4 Estimación de la mortalidad por pesca (F_{act}) y mortalidad por pesca referenciales ($F_{0.1}$, F_{max} , $F_{0.1g'}$ y $F_{maxg'}$).

Las mortalidades por pesca actuales (F_{act}) de cada una de las zonas definidas anteriormente de cada banco se obtuvieron de las respectivas curvas de captura que se muestran en las Fig.12 y Fig.13, para Peñuelas y Ritoque, respectivamente. En la Tabla 6 se resumen los valores de F_{act} y las estimaciones de los F referenciales: $F_{0.1}$ y F_{max} , $F_{0.1g'}$ y $F_{maxg'}$ obtenidos de la aplicación del modelo de rendimiento por recluta de Thompson & Bell (1934) y del proceso de ponderación descrito por el algoritmo 29. Se consideró una talla de entrada a la pesquería en un rango de 64 mm a 68

mm. Si bien, los parámetros de crecimiento y mortalidad natural se supusieron constantes al interior de cada banco, el vector de mortalidades por pesca (F_i) proveniente del análisis de cohorte usado en el modelo de rendimiento por recluta varió de zona en zona. Esto determinó diferentes valores de F de referencia por zona (**Fig. 14** para Peñuelas y **Fig. 15** para Ritoque). En términos promedio, F_{act} en Peñuelas fue menor en un 42% respecto al valor medio obtenido para Ritoque. Esta diferencia baja a 30% al comparar los F de referencia $F_{0.1}$ y sólo en el F_{max} , Peñuelas supera a Ritoque en 17%. Para el caso de los F de referencia ponderados globales, la diferencia en el $F_{0.1g}$ de Peñuelas es un 40% menor que en Ritoque y por el contrario, Peñuelas presenta un F_{maxg} , 11,5% superior a Ritoque.

Por otra parte, en el caso de Peñuelas, valor medio de la F_{act} se ubicó entre la estimación de $F_{0.1g}$ y F_{maxg} . En el caso de Ritoque, el valor de F_{act} se ubicó por sobre los valores de $F_{0.1g}$ y F_{maxg} . Lo anterior es una indicación que el banco de Peñuelas esta siendo más eficientemente explotado que el de Ritoque.

4.5 Tasa de explotación por banco del periodo estudiado

En la **Tabla 7** se resumen los valores de las tasas de explotación global del período analizado. En ambos bancos las tasas superaron el 70 %, lo que señala una alta presión de pesca sobre el stock, mayor en Ritoque y mas leve en Peñuelas. Lo anterior indica que las cohortes de machas que ingresan a la pesquería son extraídas en una proporción mayor al 70% desde los bancos del recurso, lo que sin duda, pone en riesgo a la pesquería dada la posibilidad de falla en el proceso de reclutamiento, el cual para hacer sustentable la actividad debe proveer biomasa en la misma proporción.

4.6 Determinación del excedente productivo del stock

En la **Tabla 8** se muestran los valores de la estimación de los excedentes productivos del stock de los bancos estudiados. El valor del excedente no contempla el descuento producido por la captura durante el período, dado que se considera parte de esos mismos excedentes, los cuales debieran ser mayores a los reales de no mediar esta causa. En general, las diferencias en las abundancias entre el inicio y fin del período estudiado, mostraron un tendencia negativa, sobre todo en Peñuelas donde los rendimientos decaen gradualmente en el tiempo. Sin embargo, 12 meses es un tiempo breve para detectar grandes fluctuaciones o ciclos de abundancia del stock, así como también para identificar la fuerza del reclutamiento. En Peñuelas el mayor excedente se generó en la zona 7200, zona particularmente mas protegida por los pescadores organizados de la caleta, dado que se ubica prácticamente al medio del lugar donde operan las embarcaciones. No obstante, en este banco se observó una reducción de la biomasa media del stock de 15 % en 12 meses, incluyendo la pérdida del excedente por efecto de la captura. Por su parte, en Ritoque se verificó un incremento neto de la biomasa media del stock en 88%, incluido el efecto de la captura, lo anterior se explica por el aporte en peso de las cohortes de machas de tallas grandes remanentes en este banco, tal como lo indicaron los muestreos poblacionales en el trabajo de Ariz *et al.*, 1994.

4.7 Estado de explotación del recurso

Los resultados obtenidos con la aplicación de los modelos de evaluación indirecta indican que existen dos niveles diferentes de abundancia del stock entre Peñuelas y Ritoque. El stock de Peñuelas, si bien generó excedentes negativos de biomasa, se mantuvo al nivel de las 5 mil t, mientras que en Ritoque el stock no superó las 700 t. La estructura de tallas del stock y la captura también varió entre estos bancos;

mientras en Peñuelas las tallas del stock y la captura tendieron a hacia los grupos de tallas medios (65 a 68 mm), en Ritoque el rango fue mayor, centrándose en las tallas de 63 a 70 mm.

Por su parte, la comparación entre las tasas de mortalidad por pesca actuales (F_{act}) y las de referencia ponderados globales ($F_{0.1g}$ y F_{maxg}) señalan diferencias en los niveles de eficiencia en la explotación del stock que muestran ambos bancos estudiados. En Peñuelas, las estimaciones de F_{act} se ubican entre los valores de $F_{0.1g}$ y F_{maxg} , lo que da entender que este stock se encuentra en fase de plena explotación. Por el contrario, en Ritoque se evidencian signos de agotamiento del stock y bajos niveles de abundancia (no superiores a las 700 t). Debe recordarse que en 1983, en este último banco, se extrajeron mas de 3.000 t. Además, la estructura de tallas en este banco esta compuesta, principalmente, en ejemplares grandes (y viejos) y no se observan ingresos importantes de reclutas durante el período de estudio. En particular, en este banco, la F_{act} presentó valores por sobre el $F_{0.1g}$ y F_{maxg} , lo que, según Gulland & Boerema (1973) representa una ineficiencia del punto de vista económico. El estado de explotación de este banco se califica como sobre-explotado por crecimiento, aunque aparecieron en la pesquería algunos grupos de machas remanentes de tallas grandes (mayores a 80 mm), los que, paulatinamente, fueron disminuyendo por explotación a través del período en que se monitoreo a la pesquería (agosto de 1994 a junio de 1995).

5. DISCUSIÓN

El modelo de análisis de cohorte ha sido utilizado en otros invertebrados, tales como en la langosta noruega (*Nephrops norvegicus*) (Cardador, 1993; Jones, 1979). Un modelo de similar estructura matemática y que supone, también, a la composición en tallas del stock (pseudo-cohorte) representativa de una cohorte en tallas fue desarrollado por Zuleta & Moreno (1993) para el recurso loco (*Concholepas concholepas*). Recientemente, Jerez et al. (1997) aplicaron un análisis de cohorte en talla para la evaluación indirecta del recurso almeja (*Venus antiqua*) de la bahía de Ancud.

Por su parte, el modelo de éxito de captura, si bien tuvo sus limitantes para ser aplicado a ambos bancos estudiados, permitió obtener para el banco de Peñuelas una estimación global del stock, cuya magnitud se aproximó al valor de la abundancia obtenida con el AC. En Ritoque, en cambio, no fue posible aplicar este último modelo dado que no se registraron decaimientos en las estimaciones de CPUE mensuales en el período, y por tanto no se tuvo períodos en los cuales podía ser aplicada la regresión de CPUE versus la captura acumulada que requiere el modelo. Este tipo de modelo ha sido usado por Dickie (1955) en el ostión "giant scallop" (*Placopecten magellanicus*) de la Bahía de Fundy; por Rhodes et al (1976) en la estimación de abundancia de una almeja "hard clam" (*Mercenaria mercenaria*) del sur de California y por Wolff (1987) en la pesquería del ostión del norte (*Argopecten purpuratus*).

En general, el análisis de los resultados señala la existencia de comportamientos diferentes del stock de Peñuelas respecto al de Ritoque. Esta diferencia se refleja en el nivel de la abundancia del stock entre estos dos bancos. El stock de Ritoque representa sólo un 16 % de la abundancia del stock de Peñuelas. Esta diferencia

también se presentó en el estudio de Ariz et al, 1994, donde el nivel de abundancia de machas de Ritoque alcanzaba a un 4 % del nivel de Peñuelas (7.706 t en 1993).

Lo anterior, probablemente, se debe al alto nivel de explotación al que ha sido sometido el banco de Ritoque desde mediados de la década del ochenta y lo que observamos hoy es la explotación de las escasas biomásas remanentes de dicho banco.

En relación al parámetro de mortalidad natural, si bien los métodos bioanalógicos presentan dificultades en su aplicación, por cuanto requieren contar con estimaciones de parámetros de crecimiento, proporcionan valores razonables para este tipo de recursos. La revisión de algunos trabajos en recursos similares o afines proporcionan valores de M en el rango de los utilizados en este trabajo. En general, dichos valores fluctúan entre 0,1 y 0,55 para especies de moluscos bivalvos de los géneros: *Mesodesma* (Tarifeño et al., 1984; Defeo et al., 1988; Ariz et al., 1994; Taboada, 1995; González, 1995; Perez, 1996), *Ostrea* (Allen, 1979), *Pecten* (Mason y Nicholson, 1979), *Placopecten* (Caddy, 1979; Posgay, 1979), *Spisula* (Caddy y Billard, 1976; Hughes y Bourne, 1981), *Tapes* (Hall, 1983) y *Venus* (Bustos et. al., 1981; Berthou, 1983; Diop, 1988; Jerez, 1991; Jerez et al. 1997) dependiendo de la especie y lugar analizado. Alternativamente, resulta ideal estimar la mortalidad natural en bancos del recurso que se encuentren no explotados. Tal situación puede, eventualmente, darse en bancos que hayan sido abandonados por más de cinco o seis años, de tal forma obtener estructuras de tallas restablecidas a una condición con mortalidad por pesca nula ($F = 0$). Ningún banco en estas regiones presenta, aún, estas condiciones, por lo que explorar esta alternativa resulta innecesaria.

En el estudio de Ariz et al.(1994), se calculó un valor de mortalidad por pesca actual (F_{act}) superior en ambos casos (Peñuelas y Ritoque) al estimado en este trabajo. Ariz

et. al (op.cit.) determinó para Peñuelas un F_{act} de 1,095, mientras que en Ritoque dicho parámetro alcanzó a 2,500. Por su parte, el $F_{0.1}$ de referencia estimado fue de magnitud similar en Peñuelas, mientras que en Ritoque se determinó un $F_{0.1}$ mucho mas conservativo que el estimado en este estudio (en 1993 se estimó un $F_{0.1} = 0,6$ y ahora se calculó un $F_{0.1}$ medio de 1,063).

Por otra parte, la comparación de los valores de F_{act} con los valores de $F_{0.1g}$ y F_{maxg} , indica que el nivel de explotación en Peñuelas se encuentra cercano a un óptimo pesquero (plena explotación), mientras que en Ritoque, el nivel de explotación señala la existencia de ineficiencia biológica (y tal vez económica) en la actividad pesquera extractiva.

A futuro se visualiza como relevante incluir la fracción de la flota de "orilleros", aunque su impacto en la pesquería debería ser menor que el que produce la flota de buzos. Así también, sería conveniente mantener un sistema de información que permita seguir efectuando diagnósticos y evaluaciones del stock en base anual y de esta manera contribuir en tiempo real a la toma de decisiones por parte de la administración pesquera.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R. 1979. A yield model for the foveaux strait oyster (*Ostrea lutaria*) fishery. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. 175: 70-79.
- Alverson, D. & M. Carney. 1975. A graphic review of growths and decay of populations cohorts. J. cons. Int. Explor. Mer. 36 : 133 -143.
- Ariz, L.; Jerez, G.; Pérez, E. & Ch. Potocnjak. 1994. Informe Final Proyecto: "Bases para la Ordenación y el Desarrollo de las Pesquerías Artesanales del Recurso Macha (*Mesodesma donacium*) en Chile Central". Instituto de Fomento Pesquero-AGCCI. Septiembre de 1994. 61 pp.
- Beinssen, K, & D. Powell. 1979. Measurement of Natural Mortality in a Population of Bicklip Abalone, *Notohaliotis ruber*. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer. 175: 23-26
- Berthou, P. 1983. Contribution a l' etude du stock de praires (*Venus verrucosa* L.) du Golfe Normano-Breton. These. U. Bretagne Occidentale. 162 p.
- Beverton, R. & S. Holt. 1956. A Review of Methods for Estimating Mortality Rates in Fish Populations, with Special Reference to Source of Bias in Catch Sampling. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer. 140: 67-83.
- Beverton, R. & S. Holt. 1957. On the Dinamics of Exploited Fish Populations. U.K. Min. Agr. Fish. Invest. (Ser. 2) 19: 533 pp.

- Bustos, E.; Guarda, M.; Osorio, C.; Lozada, E.; Solis, I.; Diaz, M. y E. Valenzuela.** 1981. Estudio biológico-pesquero del recurso almeja en la Bahía de Ancud. II. Investigaciones específicas. Informe Final. IFOP-SERPLAC X Región. 149 p.
- Caddy, J.F.** 1979. Long-term trends and evidence for production cycles in the Bay of Fundy scallop fishery. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. 175: 97-108.
- Caddy, J.F.** 1987. Recent developments in research and management for wild stocks of bivalves and gastropods. Reviews and Special Topics. 665- 699. FAO.
- Caddy, J.F. & A.R. Billard.** 1976. A first estimate of production from an unexploited population of the Bar Clam *Spisula solidissima*. Fish. Mar. Serv. Res. Dev. Tech. Rep. 648. 13 p.
- Cardador, F.** 1993. Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) from the southwest and south of Portugal - Estimation of the effects of changing trawl mesh size and fishing effort by length cohort analysis. Fisheries Research. 17 : 259-271.
- Chapman, D.G. & D.S. Robson.** 1960. The Analysis of a Catch Curve. Biometrics, 16: 354-368.
- Defeo, O.; Rey, M. y J. Cascudo.** 1988. Estimaciones de stock del recurso almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) en base al análisis de cohortes (Pope, 1972). Publ. Com. Tec. Mix. Fr. Mar. 4 (41): 41-54.
- Dickie, L.M.** 1955. Fluctuations in abundance of the Giant Scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin), in the Digby Area of the Bay of Fundy. J. Fish. Res. Bd. Can. 12(6): 797 - 853.

- Diop, M.** 1988. Ecologie et dynamique des populations de praires (*Venus rosalina*) a l'ouest du Banc D'Arguin (Mauritanie). These. U. de Bretagne Occidentale. 191 p.
- Ebert, T.** 1981. Estimating mortality from growth parameters and a size distribution when recruitment is periodic. *Limnol. Oceanogr.* 25 (4) : 764 -769.
- Fournier, D. & P. Breen.** 1983. Estimation of Abalone Mortality rates with growth analysis. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 112: 403 - 411.
- González, J.** 1995. Investigación y manejo de recursos bentónicos en Areas de Manejo de Pescadores Artesanales de la III Región. Capítulo 6. Areas de Manejo de recurso objetivo Macha.. Informe Final. Proyecto IFOP - Gob. Regional de Atacama. pags. 43-65.
- Gulland, J. & L. Boerema.** 1973. Scientific Advice on Catch Levels. *Fishery Bulletin.* 71 (2) : 325 - 335.
- Heincke, F.** 1913. Investigations on the Plaice. General Report. 1. The Plaice Fishery and Protective Measures. Preliminary Brief Summary of the most Important Points of the Report. *Rapp. P-V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 16: 67 pp.
- Hoening, J.** 1983. Empirical Use of Longevity Data to Estimate Mortality Rates. *Fish. Bull. U.S.* 82: 898-903.
- Hughes, S.E. & N. Bourne.** 1981. Stock assessment and life history of a newly discover Alaska surf clam (*Spisula polynyma*) resource in the southeastern Baring Sea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 1173-1181.

- Jerez, G.** 1991. Inves Evaluación de stock recurso almeja. Bahía Ancud. Informe Final. Proyecto IFOP - Subsecretaría de Pesca. 49 p.
- Jerez, G. & L. Ariz.** 1994. Primer Informe Avance Proyecto: "Monitoreo de la Pesquería del Recurso Macha en la IV y V Regiones, 1994". Instituto de Fomento Pesquero-FIP. Octubre de 1994. 27 pp.
- Jerez, G.; N. Ehrhardt; A. Reyes y A. González.** 1997. Evaluación Indirecta del stock de almeja (*Venus antiqua*) en la X Región. Pre-Informe Final. (en aprobación). Proyecto FIP 94-30. 28 p.
- Jones, R.** 1979. An analysis of a *Nephrops* stock using length composition data. Rapp.P.-V.Reun. CIEM. 175 : 259-269.
- Jones, R.** 1984. Assessing the Effects of in Exploitation Pattern Using Length Composition Data (with notes on VPA and Cohort analysis). FAO Fish. Tech. Pap., (256): 118 pp.
- Jones, R. & N.P. van Zalinge.** 1981. Estimates of Mortality Rate and Population Size for Shrimp in Kuwait Waters. Kuwait Bull. of Mar. Sci., (2): 273-288.
- Kimura, D. & J. Tagart.** 1982. Stock reduction analysis, another solution to the catch equations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 1467 - 1472.
- Leslie, P.H. & D.H.S. Davis.** 1939. An Attempt to Determine the Absolute Number of Rats on a Given Area. J. Anim. Ecol. 8: 94-113.

- Macdonald, P.D. & T.J Pitcher.** 1979. Age-Groups from Size-Frequency Data: A Versatile and Efficient Method of Analysing Distribution Mixtures. J.Fish. Res. Board Can. 36: 987-1001.
- Mason, J.; Nicholson, M. & M. Shanks.** 1979. A comparison of exploited populations of the scallop *Pecten maximus* (L.). Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. 175: 114-120.
- Pauly, D.** 1983. Length Converted Catch Curves: A Powerful tool for Fisheries Research in the Tropics. Fishbyte 1(2): 9-13.
- Perez, E.** 1996. Análisis de la pesquería de *Mesodesma donacium* en el Banco de Peñuelas (Chile, IV Región), bajo condiciones de riesgo e incertidumbre. Tesis de Grado Msc. Biología Marina. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Yucatán. México. 82 p.
- Phillips B.F. & A. Campbell.** 1974. Mortality and Longevity in the Whelk *Dicathais orbita* (Gmelin). J. Mar. Freshwat. Res., 25: 25-33.
- Pope, J.G.** 1972. An Investigation of the Accuracy of Virtual Population Analysis Using Cohort Analysis. Res. Bull. ICNAF, (9): 65-74.
- Posgay, J.A.** 1979. Population assessment of the Georges Bank Sea scallop stock. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. 175: 109-113.
- Powell, D.G.** 1979. Estimation of Growth and Mortality Parameters from the Length Frequency of a Catch. Rapp. P-V. Reun. Cons. Int. Perm. Explor. Mer. 175: 167-169.

- Ricker, W.E.** 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bulletin N° 191, Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 382pp.
- Rickhter, V.A. & V.N. Efanov.** 1976. On the Approaches to Estimation of Natural Mortality of Fish Population. ICNAF Res. Doc. 76/VI/8: 12 pp.
- Robson, D.S.** 1966. Estimation of relative fishing power of individual ships. Res.Bull. ICNAF. (3): 5-14.
- Robson, D.S. & D.G. Chapman.** 1961. Catch Curves and Mortality Rates. Trans. Am. Fish. Soc. 90: 181-189.
- Rhodes, R.; Keith, W.; Eldridge, P. & V. Burrell.** 1976. An empirical evaluation of the Leslie-DeLury method applied to estimating Hard Clam , *Mercenaria mercenaria*, abundance in the Santee River Estuary, South Carolina. Contribution N° 68. South Carolina Marine Resources Center. p.44 - 52.
- SERVICIO NACIONAL DE PESCA (SERNAP).** Anuarios Estadísticos de Pesca. Período: de 1985 a 1995
- Sparre, P.; E. Ursin & S. Venema.** 1989. Introduction to tropical fish stock assessment . Part 1. Manual. FAO Fish. Tec. Paper. 306.1., 337 p.
- Sparre, P. & S. Venema.** 1995. Introducción a la evaluación de recursos tropicales. Parte 1. Manual. FAO Fish. Tec. Paper. 306.1. Rev.1, 420 p.

- Ssentongo, G.W. & P.A. Larkin.** 1973. Some Simple Methods of Estimating Mortality Rates of Exploited Fish Populations. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30: 695-698.
- Taboada, G.** 1995. Estimaciones de mortalidad del recurso macha (*Mesodesma donacium*) en la zona de Playa Ritoque, V Región. Tesis para optar al título de Ingeniero Pesquero. Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Católica de Valparaíso. 69 p.
- Tarifeño, E.; Ohme, U. y Y. Andrade.** 1984. Manejo y evaluación de la Macha (*Mesodesma donacium*) en la provincia de Arauco, VIII Región. Documento de Difusión. Proyecto Pontificia Universidad Católica de Chile Sede Regional Talcahuano - SERPLAC VIII Región. 43 p.
- Taylor, C.** 1958. Cod Growth and Temperature. *J. CIEM* 23(3): 366-370.
- Thompson, W. & F. Bell.** 1934. Biological statistics of the Pacific Halibut fishery. 2. Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. *Rep. Int. Fish. (Pacific Halibut) Comm.* 8 : 49 p.
- Van Sickle, J.** 1977. Mortality Rates from Size Distributions. *Oecologia (Berl.)* 27: 311-318.
- Vetter, E.F.** 1988. Estimation of Natural Mortality in Fish Stocks: A Review. *Fish. Bull. U.S.* 86 (1): 25-43.
- Wolff, M.** 1987. A Modification of Leslie's Method for Population Size Estimates, to Include the Effects of Natural Mortality. In: J. Munro (ed.). *ICLARM Fishbyte* 5 (2): 16-18.

Zuleta, A. & C. Moreno. 1993. Investigación modelo de manejo pesquería recurso loco (Fase II). Informe final. Proyecto BIP 20 052 259. Subsecretaría de Pesca - Universidad Austral de Chile.

FIGURAS

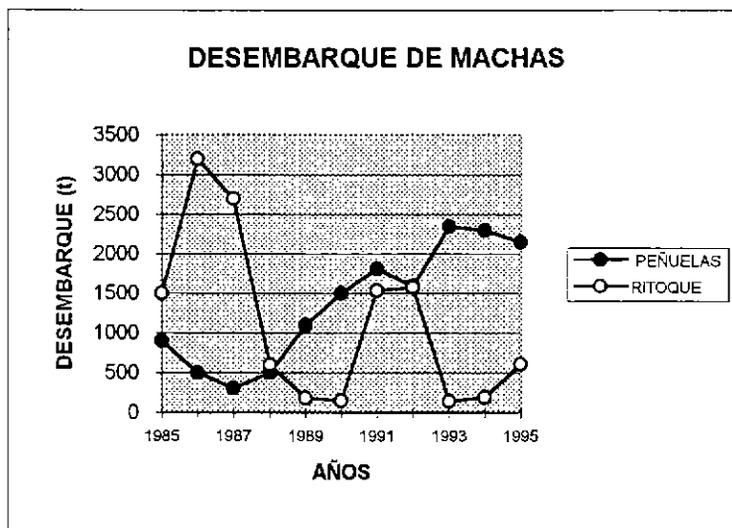


FIG.1. Desembarque del recurso macha en Ritoque (V región) y Peñuelas (IV región).

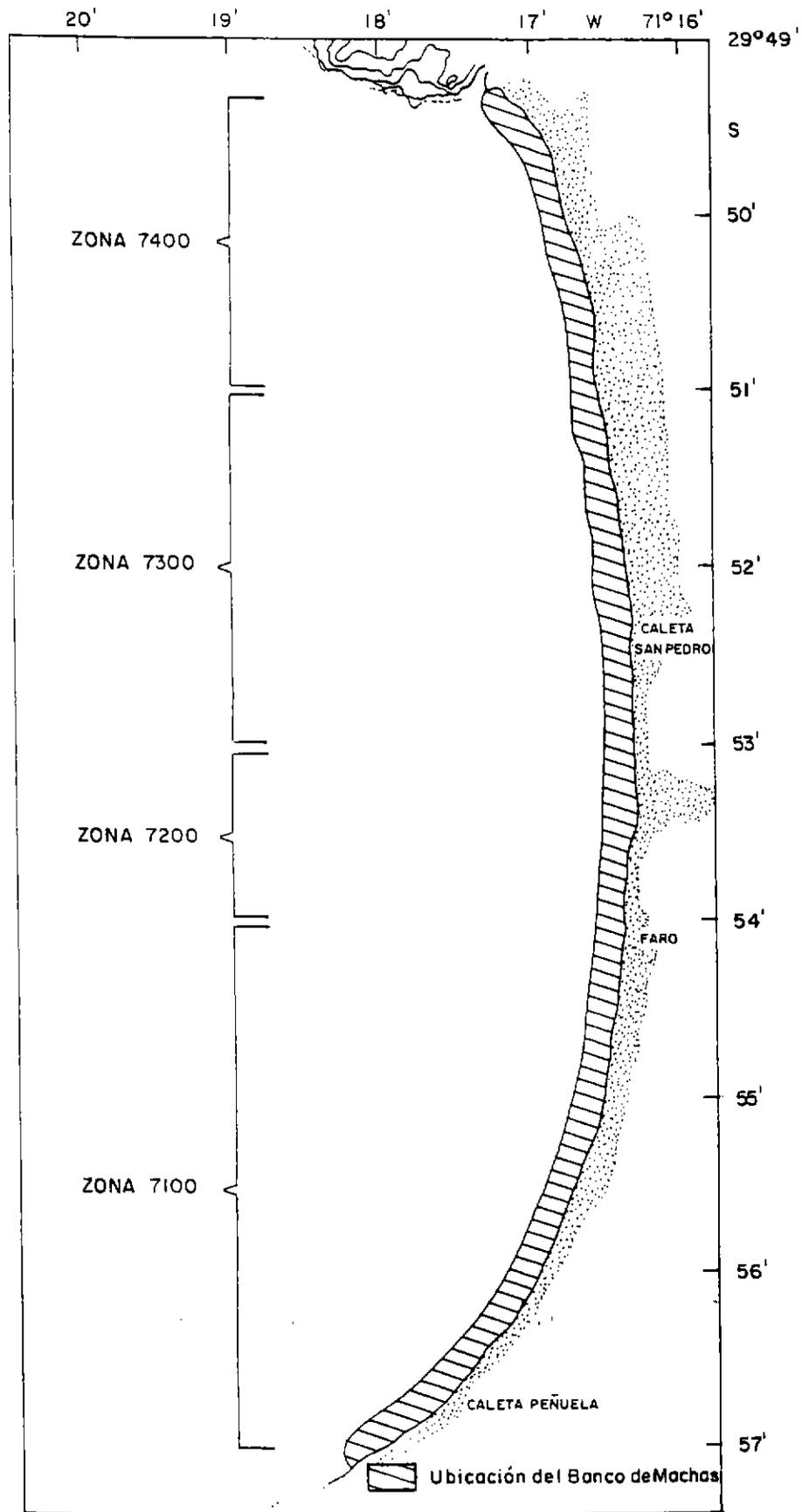


Fig. 2. Area de estudio: Banco de machas de Peñuelas, IV Región, mostrando las cuatro zonas de extracción al interior de la playa.

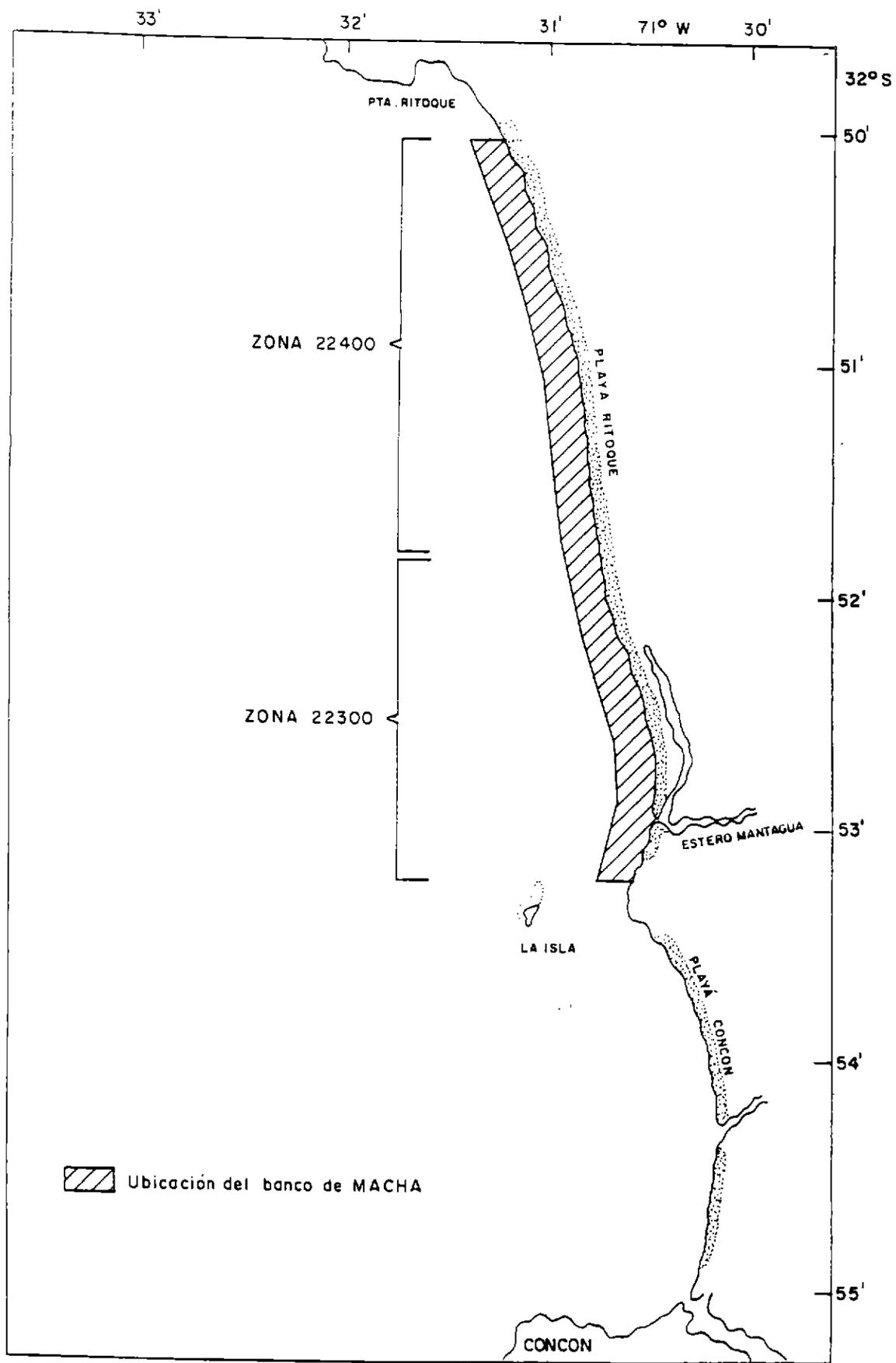


Fig. 3. Area de estudio: Banco de machas de Ritoque, V Región, mostrando las dos zonas de extracción al interior de la playa.

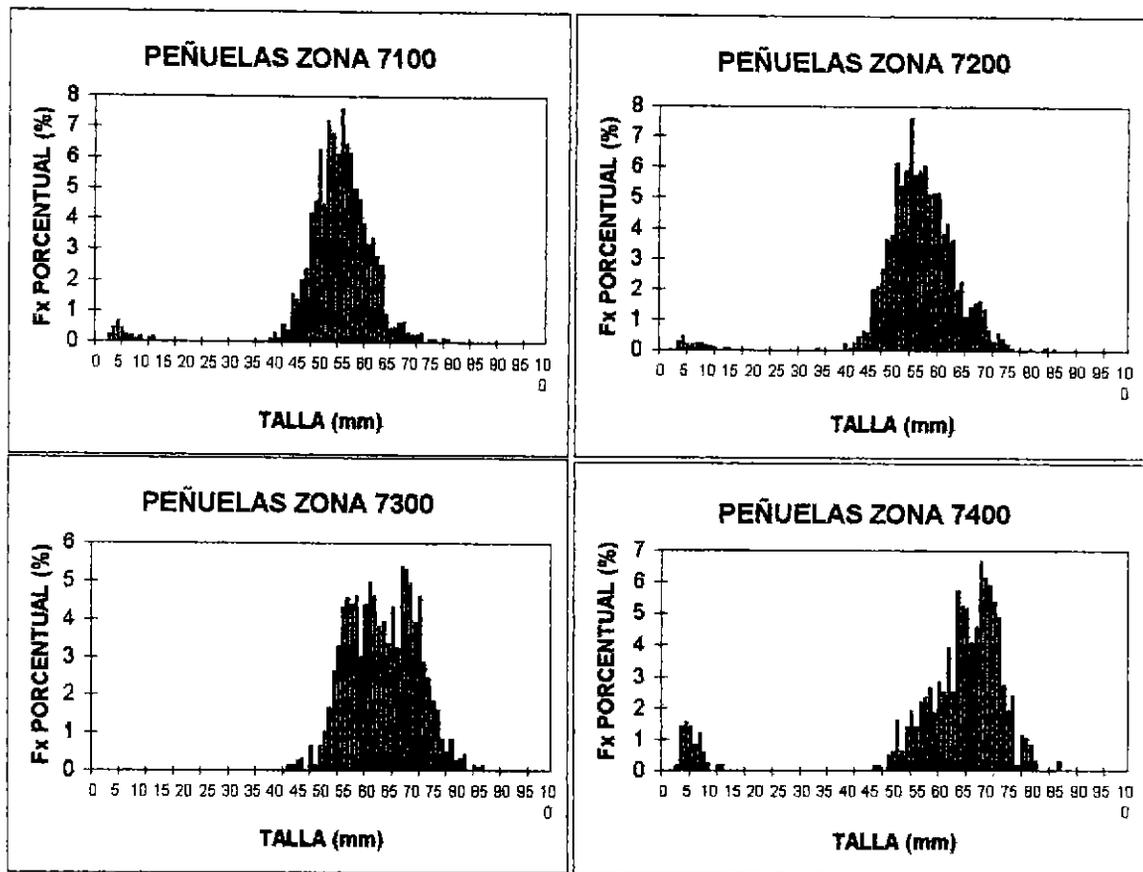


Fig.4. Estructuras de talla poblacional de la macha registradas en el proyecto de monitoreo de la pesquería. Período enero 1994. Banco de Peñuelas, IV Región

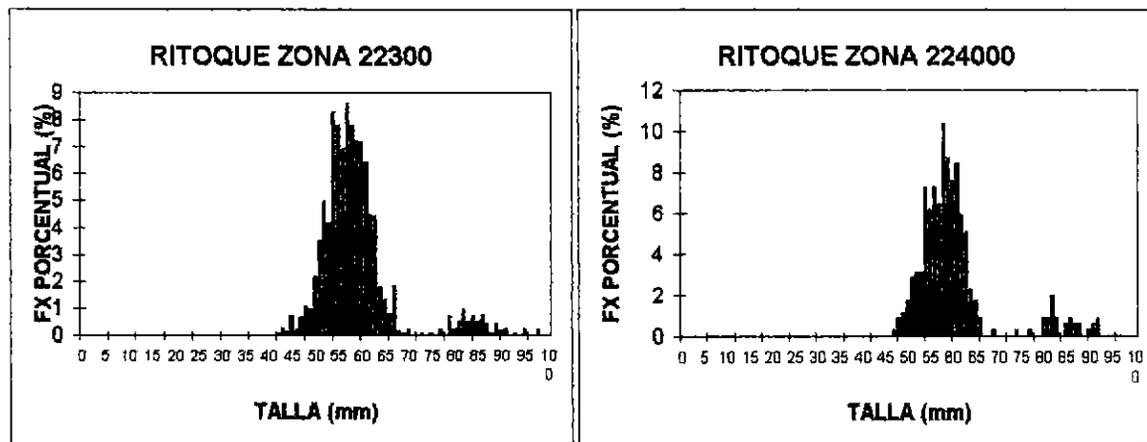


Fig.5. Estructuras de talla poblacional de la macha registradas en el proyecto de monitoreo de la pesquería. Período enero 1994. Banco de Ritoque, V Región

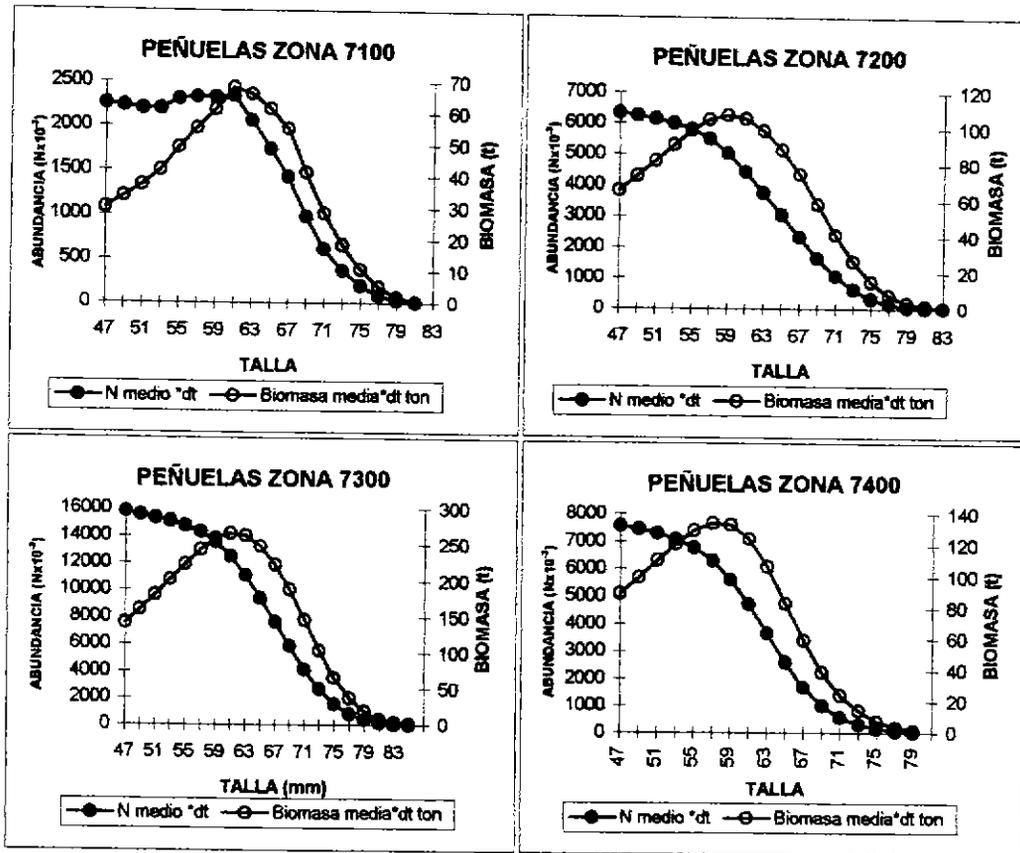


Fig.6 Variación de la abundancia en número y peso del stock de machas en el banco de Peñuelas, IV Región. Periodo agosto 1994 - julio 1995.

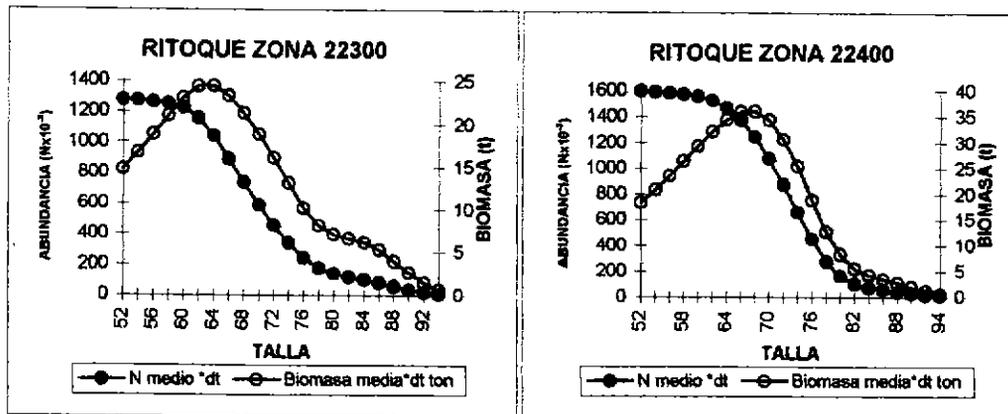


Fig.7 Variación de la abundancia en número y peso del stock de machas en el banco de Ritoque, V Región. Periodo agosto 1994 - julio 1995.

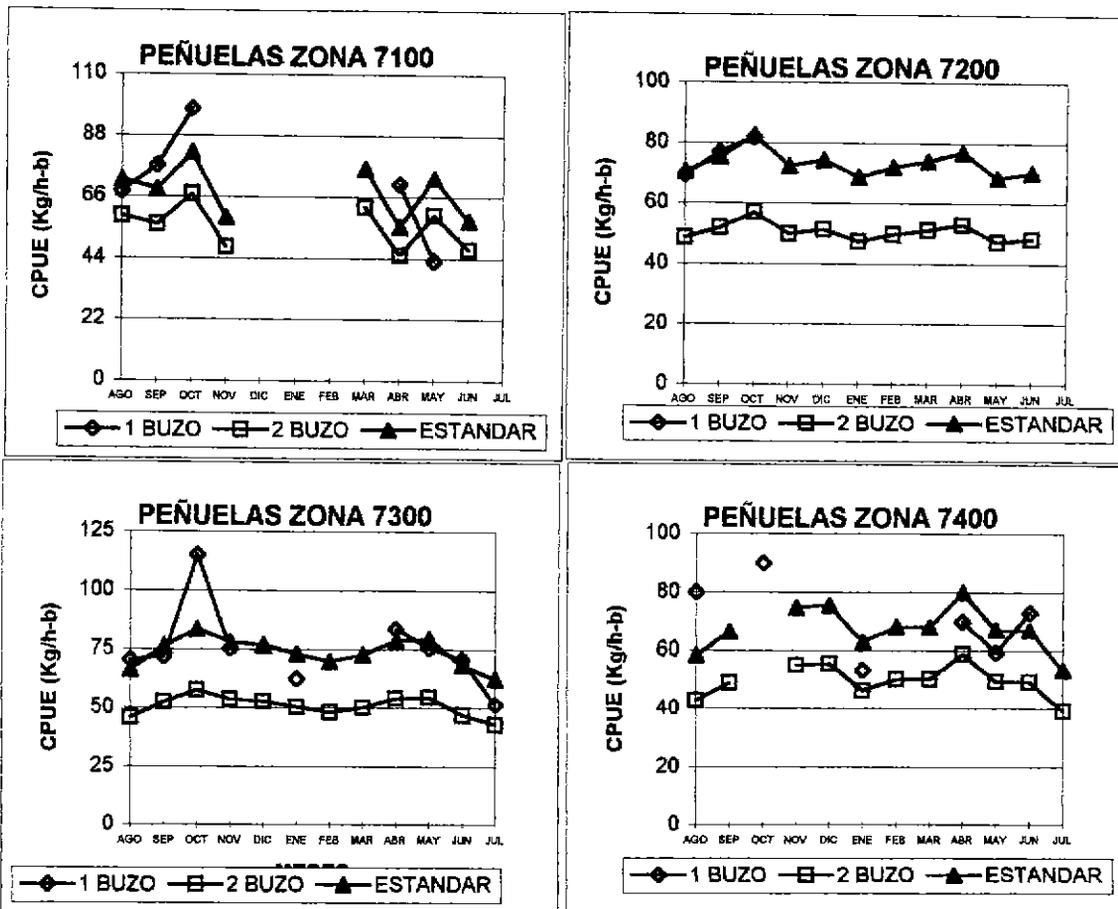


Fig. 8. Estandarización del poder de pesca (número de buzos por bote) por zona expresado en rendimiento pesquero (Kg/Hora de buceo). Banco de Peñuelas. Período: agosto 1994 - julio 1995.

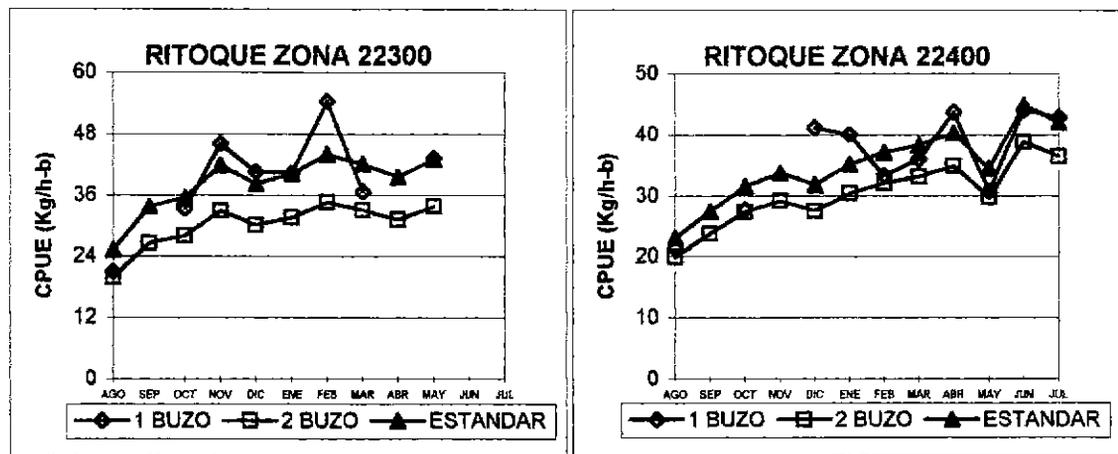


Fig. 9. Estandarización del poder de pesca (número de buzos por bote) por zona expresado en rendimiento pesquero (Kg/Hora de buceo). Banco de Ritoque. Período: agosto 1994 - julio 1995.

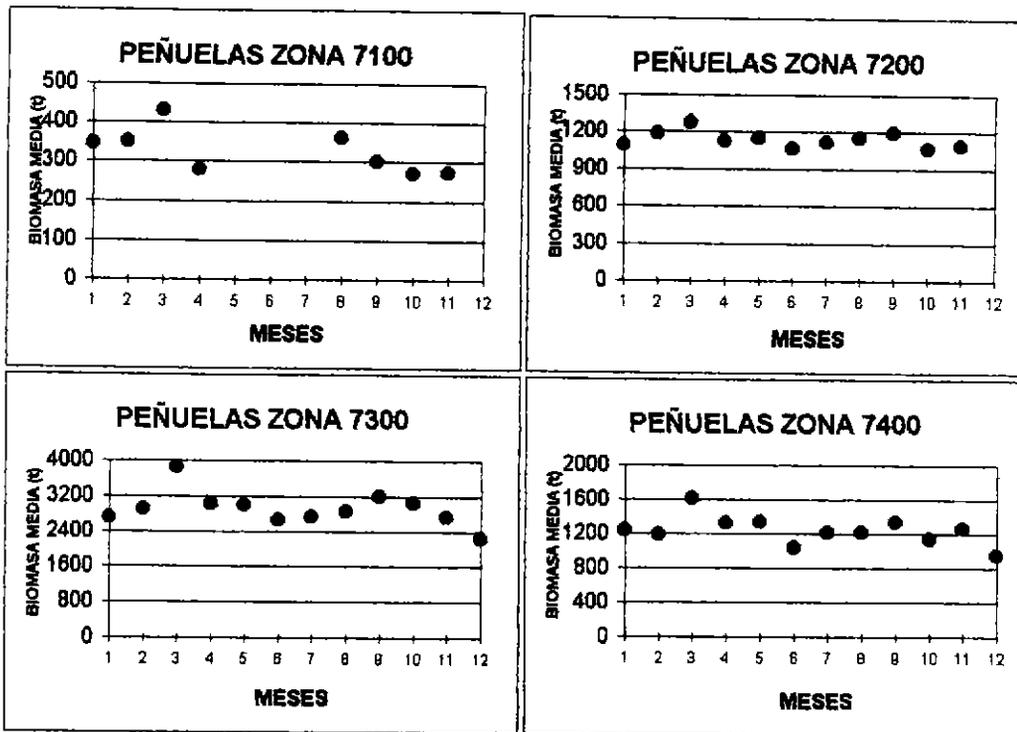


Fig.10. Biomasa estimada a partir de las CPUE estandares y los valores de q en peso obtenidos con el procedimiento descrito por Jerez et al., 1997.

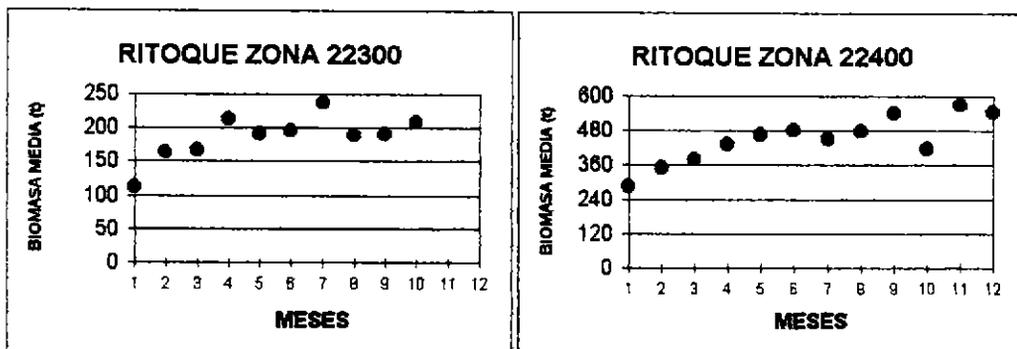


Fig.11. Biomasa estimada a partir de las CPUE estandares y los valores de q en peso obtenidos con el procedimiento descrito por Jerez et al., 1997.

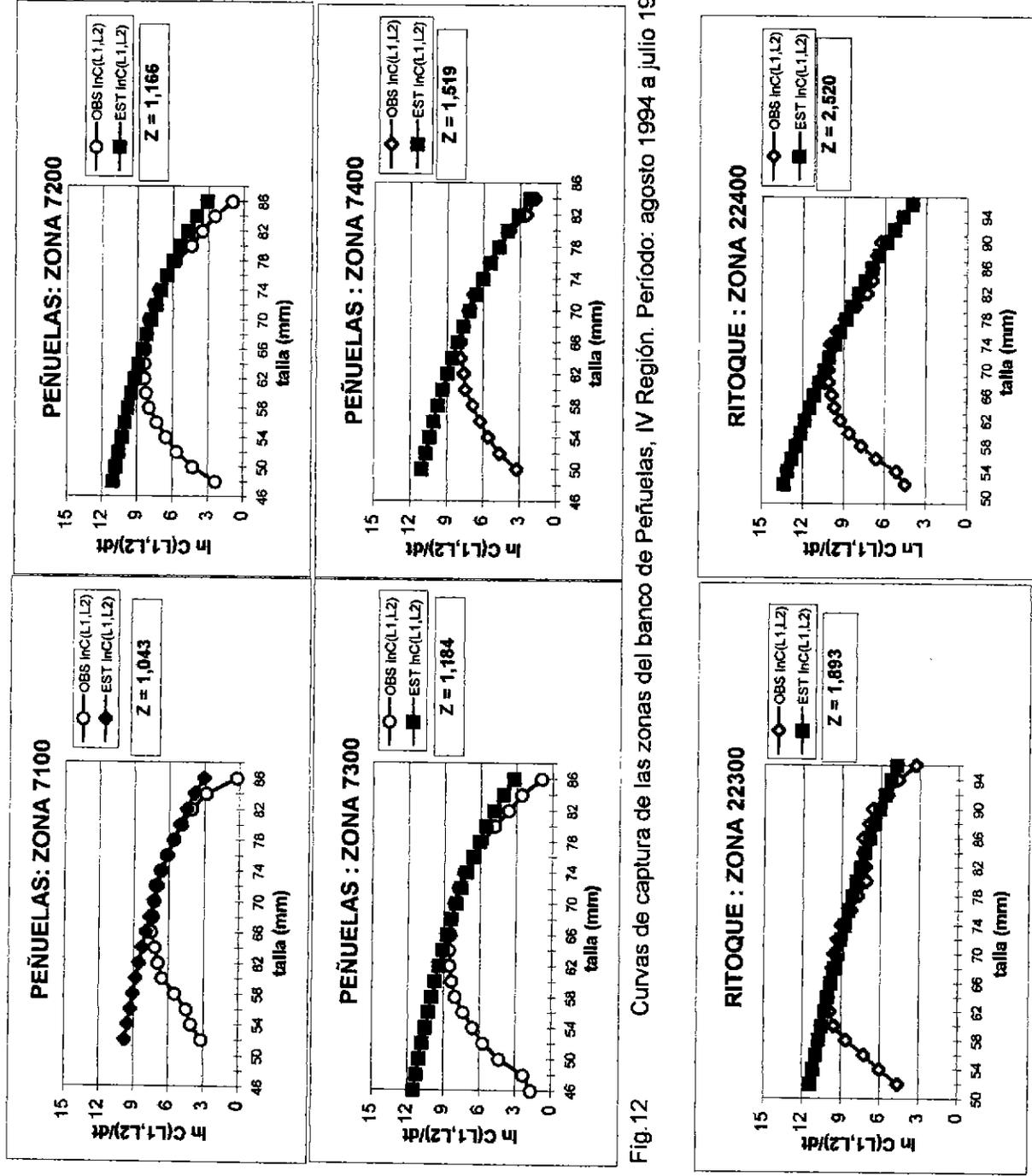


Fig.12 Curvas de captura de las zonas del banco de Peñuelas, IV Región. Período: agosto 1994 a julio 1995.

Fig.13 Curvas de captura de las zonas del banco de Ritoque, V Región. Período: agosto 1994 a julio 1995.

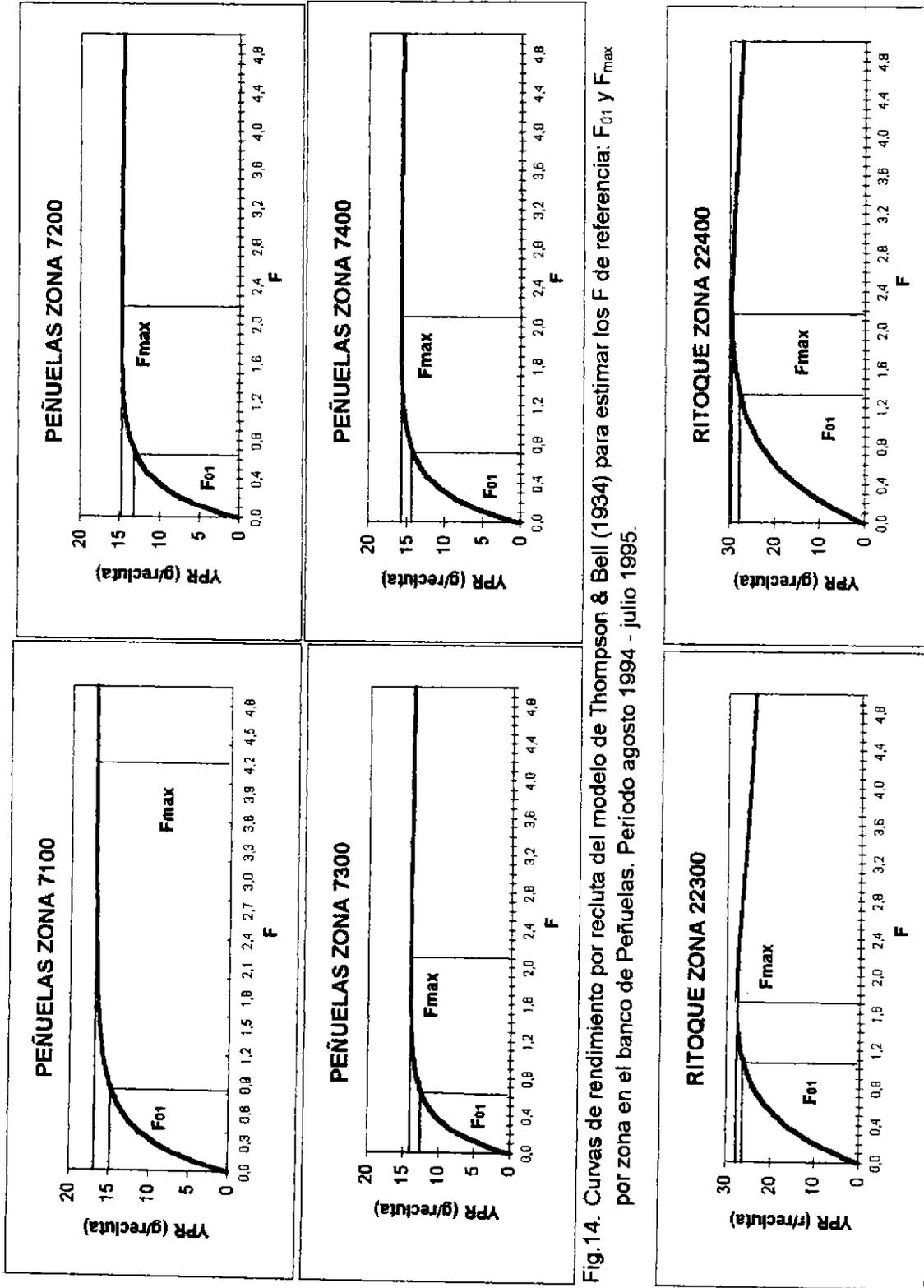


Fig. 14. Curvas de rendimiento por recluta del modelo de Thompson & Bell (1934) para estimar los F de referencia: F_{01} y F_{max} por zona en el banco de Peñuelas. Período agosto 1994 - julio 1995.

Fig. 15. Curvas de rendimiento por recluta del modelo de Thompson & Bell (1934) para estimar los F de referencia: F_{01} y F_{max} por zona en el banco de Ritoque. Período agosto 1994 - julio 1995.

T A B L A S

Tabla 1. Valores de tasa instantánea de mortalidad natural para dos bancos de machas estimadas a partir de parámetros de crecimiento obtenidos del trabajo de Ariz et al. (1994) utilizando dos métodos de cálculo.

| BANCO | METODO | PARAMETRO DE MORTALIDAD NATURAL M |
|----------|-------------------------|--------------------------------------|
| PENUELAS | TAYLOR, 1958 | 0,230 |
| | ALVERSON & CARNEY, 1975 | 0,339 |
| | M PROMEDIO | 0,285 |
| RITOQUE | TAYLOR, 1958 | 0,241 |
| | ALVERSON & CARNEY, 1975 | 0,242 |
| | M PROMEDIO | 0,242 |

Tabla 2. Abundancia del stock de machas en los bancos de Peñuelas (IV Región) y Ritoque (V Región), expresada en peso (t) y estimada por dos métodos de estimación: Análisis de cohorte y Exito de captura. Período agosto 94 - julio 95.

| BANCO | ZONA | STOCK DE MACHAS | | |
|----------|-------|-------------------------|-----------------|----------------------------|
| | | METODO ANAL. COHORTE | | METODO EXITO DE CAPTURA |
| | | Biomasa (t) | Abundancia (N°) | Biomasa (t) |
| Peñuelas | 7100 | 326,8 | 13.867.681 | 415,7 |
| | 7200 | 1144,1 | 58.498.722 | 1260,5 |
| | 7300 | 2986,0 | 160.675.694 | 2381,7 |
| | 7400 | 1280,0 | 62.824.461 | 1579,6 |
| | Total | 5736,9 | 295.866.558 | 5637,5 |
| Ritoque | 22300 | 287,9 | 12.491.109 | indeterminado |
| | 22400 | 406,2 | 17.294.024 | indeterminado |
| | Total | 694,1 | 29.785.133 | |

Tabla 3. Poder de pesca relativo de la flota de buzos que opera en el recurso macha de la IV y V Región, por zona y estratificado por número de buzos. Período agosto 1994 - julio 1995.

| BANCO | ZONA | PODER DE PESCA | |
|----------|-------|----------------|---------|
| | | 1 BUZO | 2 BUZOS |
| PEÑUELAS | 7100 | 1 | 0,818 |
| | 7200 | 1 | 0,690 |
| | 7300 | 1 | 0,688 |
| | 7400 | 1 | 0,735 |
| RITOQUE | 22300 | 1 | 0,786 |
| | 22400 | 1 | 0,865 |

Tabla 4. Captura por unidad de esfuerzo estandarizada en peso (Kg/H-B estandar), por banco y zona Período agosto 1994 - julio 1995.

| MES | BANCO DE PEÑUELAS | | | | | | BANCO DE RITOQUE | | |
|--------|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------------|------|--|
| | ZONA 7100 | ZONA 7200 | ZONA 7300 | ZONA 7400 | ZONA 22300 | ZONA 22400 | | | |
| | cpue | cpue | cpue | cpue | cpue | cpue | cpue | cpue | |
| AGO,94 | 69,98 | 70,65 | 66,53 | 58,31 | 25,26 | 23,01 | | | |
| SEP,94 | 69,63 | 75,40 | 76,31 | 66,49 | 33,76 | 27,45 | | | |
| OCT,94 | 82,87 | 82,72 | 83,66 | | 35,62 | 31,56 | | | |
| NOV,94 | 58,75 | 72,52 | 77,96 | 74,80 | 41,94 | 33,74 | | | |
| DIC,94 | | 74,50 | 76,77 | 75,49 | 38,24 | 31,82 | | | |
| ENE,95 | | 68,88 | 73,21 | 63,06 | 40,21 | 35,14 | | | |
| FEB,95 | | 72,15 | 69,94 | 68,30 | 44,03 | 37,12 | | | |
| MAR,95 | 76,41 | 74,18 | 72,92 | 68,17 | 42,07 | 38,30 | | | |
| ABR,95 | 57,10 | 76,99 | 78,66 | 80,07 | 39,58 | 40,34 | | | |
| MAY,95 | 69,34 | 68,58 | 79,47 | 67,23 | 43,03 | 34,49 | | | |
| JUN,95 | 57,71 | 70,24 | 68,30 | 67,12 | | 44,90 | | | |
| JUL,95 | | | 62,48 | 53,32 | | 42,11 | | | |

Nota: La celda en blanco significa que no hubo actividad extractiva de machas en esa zona.

Tabla 5. Estimaciones del coeficiente de capturabilidad (q), del error estandar de q al nivel de intervalo de confianza del 95% (EE IC95%), del coeficiente de regresión (r^2), del nivel de probabilidad de significancia de r , del rendimiento pesquero (CPUE) y la biomasa total del stock (B), para cuatro zonas del banco de Peñuelas, IV Región, usando el MODELO 1.

| Zona | q | \pm EE IC 95% de q | r^2 | p | CPUE est. (Kg/H-B) | B total (t) |
|----------|----------|---------------------------|--------|------------|-----------------------|----------------|
| 7100 | 1,73E-04 | 8,36E-04 | 0,29 | $p < 0,10$ | 64,6 | 373,2 |
| 7200 | 5,93E-05 | 7,10E-05 | 0,87 * | $p < 0,05$ | 74,7 | 1260,5 |
| 7300 | 3,03E-05 | 1,60E-05 | 0,92 * | $p < 0,05$ | 72,2 | 2381,7 |
| 7400 | 4,32E-05 | 6,79E-05 | 0,79 * | $p < 0,05$ | 68,3 | 1579,6 |
| Promedio | 7,65E-05 | 2,48E-04 | 0,72 | | 69,9 | 1398,7 |
| Total | | | | | | 5595,0 |

Tabla 6. Valores de las tasa instantáneas de mortalidad por pesca (F_{act}) y mortalidades por pesca referenciales (F_{01} y F_{max}) obtenidas con el modelo de Thompson & Bell (1934) de rendimiento por recluta y las mortalidades por pesca referenciales ponderadas (F_{01}' y F_{max}').

| BANCO | ZONA | F_{act} | Mortalidades por Pesca Referenciales del modelo Thompson & Bell, 1934 | | Mortalidades por Pesca Referenciales ponderadas por la Captura | |
|------------|----------|-----------|---|-----------|--|------------|
| | | | F_{01} | F_{max} | F_{01}' | F_{max}' |
| Peñeluelas | 7100 | 0,758 | 0,850 | 4,250 | 0,357 | 1,787 |
| | 7200 | 0,881 | 0,700 | 2,250 | 0,403 | 1,427 |
| | 7300 | 0,899 | 0,650 | 2,150 | 0,395 | 1,439 |
| | 7400 | 1,234 | 0,750 | 2,150 | 0,519 | 1,618 |
| | Promedio | 0,943 | 0,738 | 2,700 | 0,419 | 1,568 |
| Ritoque | 22300 | 1,651 | 1,100 | 1,750 | 0,725 | 1,156 |
| | 22400 | 2,278 | 1,350 | 2,250 | 0,976 | 1,493 |
| | Promedio | 1,624 | 1,063 | 2,233 | 0,707 | 1,406 |

Tabla 7. Valores de las tasas de explotación (u) y en porcentaje ($u\%$) estimados a partir de tasa instantánea de mortalidad por pesca actual (Fact) y la tasa instantánea de mortalidad total (Z_t) por banco y zona en el periodo agosto 1994 - julio 1995.

| BANCO | ZONA | Fact | Z_t | u | $u\%$ |
|------------|----------|-------|-------|-------|-------|
| Peñeluelas | 7100 | 0,758 | 1,043 | 0,727 | 72,7% |
| | 7200 | 0,881 | 1,166 | 0,756 | 75,6% |
| | 7300 | 0,899 | 1,184 | 0,759 | 75,9% |
| | 7400 | 1,234 | 1,519 | 0,812 | 81,2% |
| | Promedio | 0,943 | 1,228 | 0,763 | 76,3% |
| Ritoque | 22300 | 1,651 | 1,893 | 0,872 | 87,2% |
| | 22400 | 2,278 | 2,520 | 0,904 | 90,4% |
| | Promedio | 1,624 | 1,880 | 0,847 | 84,7% |

Tabla 8. Excedentes productivos promedios (dBt) del stock de machas en los bancos de Peñuelas y Ritoque a fines de julio 1995. TONELADAS.

| BANCO | ZONA | STOCK MEDIO | | CAPTURA C _T (t) | EXCEDENTE dB _T (t) | EXCEDENTE dB _T % % |
|----------|-------|-----------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | B _T (t) | B _{T+1} (t) | | | |
| PENUELAS | 7100 | 346,3 | 272,9 | 130,8 | -73,4 | -21,2% |
| | 7200 | 1088,1 | 1089,2 | 512,4 | 1,1 | 0,1% |
| | 7300 | 2710,2 | 2233,2 | 1259,8 | -477,0 | -17,6% |
| | 7400 | 1239,1 | 949,2 | 624,6 | -290,0 | -23,4% |
| | Total | 5383,8 | 4544,5 | 2527,6 | -839,3 | -15,5% |
| RITOQUE | 22300 | 112,3 | 209,1 | 284,8 | 96,8 | 86,2% |
| | 22400 | 285,7 | 544,8 | 379,2 | 259,1 | 90,7% |
| | Total | 398,0 | 753,9 | 664,0 | 355,9 | 88,5% |

ANEXO 1

METODO DE ESTANDARIZACION DEL ESFUERZO DE PESCA RECURSO MACHA, IV-V REGIONES

ESTANDARIZACIÓN DEL ESFUERZO DE PESCA

La eficiencia relativa de diferentes composiciones de número de buzos por tripulación de embarcaciones que operan en el recurso macha en los diferentes meses del año fueron estimadas mediante un modelo de análisis de varianza multiplicativo similar a aquel desarrollado por Robson (1966). Para este propósito, una ecuación relativa de pesca fue desarrollada como:

$$CPUE_{ij} = (q_o D_o) \cdot \frac{q_i}{q_o} \cdot \frac{D_j}{D_o} \cdot \epsilon_{ij}$$

donde:

y = categoría de embarcación según número de buzos en un viaje de pesca,

j = mes

q_i = coeficiente de captura de la categoría "i" de embarcaciones,

q_o = coeficiente de captura de la categoría seleccionada como estandar,

D_j = abundancia relativa del stock en el mes j ,

D_o = abundancia del stock en el mes adoptado como estandar, y

ϵ_{ij} = error.

Si la ecuación anterior se linealiza mediante una transformación logarítmica, los términos de la misma serán:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \eta_{ij}$$

donde $X = \log CPUE$.

μ = gran promedio de la abundancia relativa del stock ($\log q_o D_o$).

α = efecto debido a la eficiencia relativa de pesca ($\log q_i/q_o$) en la categoría "i".

β = efecto debido a la abundancia relativa del stock ($\log D_j/D_o$) en el mes "j", y

η = error lognormal.

Una vez que los efectos α_i y β_j fueron determinados mediante el análisis de varianza, el poder relativo de pesca (r) de cada categoría de embarcación y la abundancia relativa del stock (AR) en cada mes se calculó mediante la corrección por sesgo de transformación antilogarítmica dada por:

$$\rho_i = 10^{\alpha_i} - 10^{\alpha_i} \cdot \frac{\sigma^2_{\alpha_i}}{2}$$

$$AR_j = 10^{\beta_j} - 10^{\beta_j} \cdot \frac{\sigma^2_{\beta_j}}{2}$$

Los poderes de pesca y las abundancias relativas mensuales fueron calculadas independientemente para cada uno de los bancos de macha estudiados. De esta manera, para cada banco natural se procedió a calcular el esfuerzo estándar total ($f_{total.est}$) en cada mes según:

$$f_{total.est} = \sum_{i=1}^2 f_i * \rho_i$$

donde "i", la categoría de embarcación toma el valor de 1 o 2 según el número de buzos en su respectiva tripulación.

En los casos en que se constató la existencia de flotas con diferente lugar de desembarque que operaran en un banco natural determinado, el esfuerzo fue acumulado teniendo en cuenta el origen físico (lugar de desembarque) del esfuerzo de acuerdo a:

$$f_{total.est} = \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^1 f_{ik} * \rho_i$$

donde k es el número de lugares de desembarque para las flotas que operaron en un banco natural dado, que en este caso corresponde a k=1.