FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 93 - 09

INFORME FINAL : EVALUACION INDIRECTA DEL STOCK DE MERLUZA DE COLA EN VIII REGION

UNIDAD EJECUTORA : INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA VIII REGION S.A.

INFORME FINAL

PROYECTO

Evaluación indirecta del stock de merluza de cola en la VIII Región

PROYECTO FIP 020-93

U N I D A D E J E C U T O R A

Instituto de Investigación Pesquera
Octava Región S.A.

TALCAHUANO, DICIEMBRE DE 1994

TITULO DEL PROYECTO : "Evaluación indirecta del stock de merluza de cola en la VIII Región".

REQUIRENTE : Fondo de Investigación Pesquera (FIP)

Convenio aprobado por Decreto Nº 334, del 25 de junio de 1994, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

EJECUTOR : Instituto de Investigación Pesquera Octava Región S.A. Departamento de Evaluación y Estadística Pesquera.

INVESTIGADOR RESPONSABLE:

Dr. Hugo Arancibia F.

EQUIPO DE INVESTIGACION:

Rubén Alarcón M.
Luis Cubillos S.
Sergio Núñez E.
Isidro Toledo G.
Lidia Vilugrón A.
Carlos Veloso F.
Héctor Peña A.

EQUIPO TECNICO:

Germán Vásquez V.
Aldo Hernández R.
Luis Velásquez A.
Carmen Barrueto S.

Distribución de ejemplares

10 Fondo de Investigación Pesquera
1 Dirección Instituto de Investigación Pesquera
1 Investigador Responsable

TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO	pág.
Tabla de Contenidos	i
Listado de Documentos	vi
Resumen Ejecutivo	viii
Leyendas de las Tablas	xi
Leyendas de las Figuras	xiv
1. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivos específicos	3
2. METODOLOGIA	3
2.1. Area y época de estudio	3
2.2. Caracterización biológico-pesquera del stock y de la pesquería de *M. magellanicus*	4
2.2.1. Esfuerzo de pesca	4
2.2.2. Captura por unidad de esfuerzo	7
2.2.2.1. Captura por unidad de esfuerzo total	7
2.2.2.2. Captura por unidad de esfuerzo promedio	7
2.2.3. Estructura de tamaños	8
2.2.4. Estructura de edades	9
2.2.5. Mortalidad natural	10
2.2.5.1. Método de Pauly (1980)	10

2.2.5.2. Método de Rikhter y Efanov (1976) ... 11

2.2.5.3. Método de la Curva de Captura (Ricker, 1975) 11

2.2.5.4. Método de Robson y Chapman (1961) ... 13

2.2.6. Estimación de varianzas de la mortalidad natural 14

2.3. Evaluación indirecta del stock de merluza de cola, estimación de la abundancia, estado de situación del stock, tasa de explotación actual y determinación de los excedentes productivos 18

2.3.1. Análisis de la Pseudo-Cohorte 18

2.3.2. Método del comportamiento temporal de las capturas 20

2.3.2.1. Método del comportamiento temporal de las capturas propiamente tal 21

2.3.2.2. Método del comportamiento temporal de la captura por unidad de esfuerzo ... 23

2.3.3. Método SHOT-1 25

2.3.4. Análisis de población virtual 28

2.3.5. Tasa de explotación 31

2.3.5.1. Diagnóstico del recurso 32

2.3.5.2. Excedentes productivos anuales 32

2.3.5.2.1. Método SHOT-1 32

2.3.4.2.2. Método de la respuesta ciega (=blind response) 33

3. RESULTADOS 34

3.1. Caracterización biológico-pesquera del stock de *M. magellanicus* y de su pesquería 34

3.1.1. Desembarques 34

3.1.2. Estructura de tamaños en los desembarques (Período: 1989 a 1993) 34

3.1.3. Relación longitud-peso 35

3.1.4. Talla de primera madurez sexual (Método del índice gonadosomático relativo, modificado) . 38

3.1.5. Capturas anuales por estratos de embarcaciones 39

3.1.6. Capacidad de bodega movilizada 40

3.1.7. Rendimiento de pesca anual 41

3.1.8. Poder de pesca relativo anual 42

3.1.9. Esfuerzo de pesca estándar anual 42

3.1.10. Captura por unidad de esfuerzo estándar 43

3.1.11. Mortalidad natural 44

3.1.11.1. Método de Pauly (1980) 44

3.1.11.2. Método de Rikhter y Efanov (1976) ... 45

3.1.11.3. Método de la curva de captura (Ricker, 1975) 45

3.1.11.4. Método de Robson y Chapman (1961) ... 46

3.2. Evaluación indirecta del stock 50

3.2.1. Análisis estructurales 50

3.2.1.1. Peso promedio en la captura, por edad y año 50

3.2.1.2. Capturas en número por edad y año móvil 50

3.2.1.3. Desembarques 51

3.2.1.4. Análisis de Pseudo-cohorte 51

3.2.1.4.1. Abundancia del stock 52

3.2.1.4.2. Biomasa del stock 54

3.2.1.4.3. Mortalidad por pesca 55

3.2.1.4.4. Reclutamiento 56

3.2.1.5. Análisis de población virtual 56

3.2.1.5.1. Abundancia del stock 56

3.2.1.5.2. Biomasa del stock 58

3.2.1.5.3. Mortalidad por pesca 58

3.2.2. Análisis globales 59

3.2.2.1. Comportamiento temporal de las capturas 59

3.2.2.2. Comportamiento temporal de la captura por unidad de esfuerzo 63

3.2.2.3. Método SHOT-1 66

3.2.3. Tasa de explotación 67

3.2.4. Excedentes productivos 68

3.2.4.1. Derivados del método SHOT-1 68

3.2.4.2. Derivados del método de la respuesta ciega (=blind response) 69

4. DISCUSION 70

4.1. Generalidades 70

4.2. Antecedentes biológicos 70

4.2.1. Distribución de tamaños y distribución geográfica 70

4.2.2. Mortalidad natural 72

4.3. Capturas, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo 73

4.4. Evaluación indirecta del stock 75

4.4.1. Abundancia, biomasa y análisis estructurales 75

4.4.2. Situación del stock y excedentes productivos 77

5. CONCLUSIONES 78

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 80

7. ANEXOS 84

8. FIGURAS 91

LISTADO DE DOCUMENTOS

1. INFORME FINAL

Proyecto Evaluación indirecta del stock de merluza de cola en la VIII Región. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 3, Núm. 8(a), 115 p.

2. BASE DE DATOS

Proyecto Evaluación indirecta del stock de merluza de cola en la VIII Región. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 3, Núm. 8(a), 115 p. Registros magnéticos.

MC-01 Captura industrial de merluza de cola (ton) por estrato de bodega (CB) de las embarcaciones de cerco de la Octava Región, por mes y año.

MC-02 Capacidad de bodega movilizada (m^3) de la flota industrial de cerco de la Octava Región, por mes y año.

MC-03 Rendimiento mensual industrial de merluza de cola (%) por estrato de capacidad de bodega (CB, m^3) de las embarcaciones de cerco de la Octava Región, por mes y año.

MC-04 Esfuerzo estándar (número de embarcaciones estándar) por estrato de capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones de cerco de la Octava Región, por mes y año.

MC-05 Esfuerzo nominal (número de embarcaciones) por estrato de capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones de cerco de la Octava Región, por mes y año.

MC-06 Captura por unidad de esfuerzo (ton/embarcación estándar) por estrato de capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones de cerco de la Octava Región, por mes y año.

MC-07 Poder de pesca relativo (PPR) por estrato de capacidad de bodega (CB) de la flota industrial de cerco de la Octava Región, por mes y año.

MC-08 Desembarque nacional y regional (ton) de merluza de cola por año, desde 1978 hasta 1993.

MC-09 Frecuencia de longitud total (cm) de merluza de cola, por mes y total en 1989.

MC-10 Frecuencia de longitud total (cm) de merluza de cola, por mes y total en 1990.

MC-11 Frecuencia de longitud total (cm) de merluza de cola, por mes y total en 1991.

MC-12 Frecuencia de longitud total (cm) de merluza de cola, por mes y total en 1992.

MC-13 Frecuencia de longitud total (cm) de merluza de cola, por mes y total en 1993.

MC-14 Longitud total de las hembras (LT, cm) e IGS (%) en octubre de 1991, utilizadas para la estimación de la talla de primera madurez sexual en merluza de cola según el criterio del IGS relativo. Para detalles ver texto, sección 3.1.4.

MC-15 Longitud total (LT, cm) y peso total (PT, g) para machos y hembras, utilizados para el cálculo de la relación longitud-peso por sexo y conjuntamente, en octubre y noviembre de 1991.

MC-16 Desembarque mensual (miles de toneladas) de merluza de cola en los puertos de la Octava Región desde, 1987 hasta 1993.

MC-17 Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) mensual (toneladas/embarcación estándar) observada (Obs.) y estimada (Est.) en merluza de cola, desde enero de 1990 hasta diciembre de 1994. Los meses se indican con su letra inicial. Para detalles ver texto, sección 3.2.2.

MC-18 Captura mensual (miles de toneladas) en merluza de cola, observada (Obs.) y estimada (Est.) desde enero de 1990 hasta diciembre de 1994. Los meses se indican con su letra inicial. Para detalles ver texto, sección 3.2.2.

INFORME FINAL

RESUMEN EJECUTIVO

Se analiza la pesquería de *M. magellanicus*, específicamente la flota de cerco industrial de la Octava Región y también con antecedentes biológicos (frecuencia de tamaños en las capturas, índice gonadosomático). Se evalúa la abundancia y biomasa del stock de *M. magellanicus*, cubriendo desde 1989 hasta 1993, inclusive, mediante el análisis de la información con años móviles, debido a que el principal período de desembarque es en primavera/verano. Se analiza el estado de situación del stock y la tasa de explotación, y se determina los excedentes productivos anuales.

La estructura anual de tamaños de *M. magellanicus* es muy variable, con modas distintas en cada año, desde 41 - 42 cm de longitud total (LT) en 1993, hasta 62 - 64 cm de LT en 1991. La talla de primera madurez, determinada con el método del incremento relativo del índice gonadosomático, es de 55,4 cm de LT en las hembras.

Los desembarques anuales han sido muy variables, entre 72 mil ton en 1993, y 192 mil ton, en 1992. El estrato de embarcaciones industriales de cerco que contribuye mayormente a los desembarques es el que corresponde a las embarcaciones superiores a 800 m^3 de capacidad de bodega, con alrededor de 40% del total.

Al considerar sólo las capturas de *M. magellanicus*, el rendimiento anual de pesca es muy bajo, con alrededor de 1%, debido a que en otoño e invierno prácticamente no ocurren capturas de esta especie, ya que la flota se concentra exclusivamente en el jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*).

Sin embargo, en algunos casos, el rendimiento mensual de pesca puede alcanzar a 10% en algunos estratos de embarcaciones, como en octubre de 1992. Los valores mensuales más frecuentes del rendimiento de pesca son de 3 a 5%. El esfuerzo de pesca estándar se incrementó desde 102 embarcaciones estándar en 1990, hasta 146 en 1992, y 143 en 1993, por lo que la CPUE mostró una tendencia decreciente desde 1.013 ton/embarcación estándar en 1990, hasta 485 ton/embarcación estándar en 1993, con la excepción de 1992, que fue de 1.256 ton/embarcación estándar.

Se estimó una tasa de mortalidad natural de 0,447 $año^{-1}$ en *M. magellanicus*, utilizando un promedio ponderado por el inverso de la varianza de estimados de M tanto por métodos bioanalógicos como los que consideran la parte descendente de la curva de captura.

Las capturas anuales de *M. magellanicus* han sido sostenidas principalmente por peces de 2 a 4 años de edad, aunque en cada año predomina sólo un grupo de edad. Las capturas en número de la fracción de stock 3+ fue descendente desde 1989/90 (236 millones de individuos) hasta 1991/92 (127 millones de individuos). Sin embargo, la biomasa 3+ estuvo en alrededor de 200 a 300 mil ton desde 1989/90 hasta 1991/92, incrementándose en casi un 50% en 1992/93 (589 mil ton).

La mortalidad por pesca anual supera largamente a la mortalidad natural, siendo alta a partir de la edad 3. Las tasas de explotación anuales son relativamente estables (0,42 en 1989/90 y 0,56 en 1991/92). Sin embargo, los excedentes productivos anuales (EPA) del stock, en relación a la biomasa, son entre 1/3 y 2/3 de ésta, alcanzando el EPA en 1992/93 a 262 mil ton; en aquel año móvil se desembarcaron 195.136 ton. En consecuencia, se puede considerar al stock de *M.*

magellanicus en situación de explotación plena, sin signos de sobreexplotación debido a la pesca.

LEYENDAS DE LAS TABLAS

Tabla 1. Estratificación de la flota industrial de cerco de la Octava Región, en función de la capacidad de bodega (CB, m^3).

Tabla 2. Valores de los parámetros de crecimiento en longitud ($L\infty$, K y to), error estándar y coeficiente de variación, según el ajuste del modelo de von Bertalanffy con FISHPARM a los datos de longitud-edad en *M. magellanicus* comunicados por Aguayo y Gili (1984).

Tabla 3a. Frecuencia numérica (miles), por longitud, de *M. magellanicus* en los desembarques anuales. Período: 1989-1993.

Tabla 3b. Frecuencia numérica (miles), por longitud, de *M. magellanicus* en los desembarques por año móvil. Período: 1989/90-1992/93.

Tabla 4. Desembarques anuales (ton) de *M. magellanicus* por estratos de embarcaciones industriales de la Octava Región, desde 1990 hasta 1993.

Tabla 5. Capacidad de bodega anual movilizada (m^3, en miles), por estratos de embarcaciones industriales, entre 1990 y 1993.

Tabla 6. Rendimiento de pesca anual entre 1990 y 1993. (i): indeterminado o cercano a cero. (Nota: se considera sólo los desembarques de *M. magellanicus*).

Tabla 7. Poder de pesca relativo anual entre 1990 y 1993. (i): indeterminado o cercano a cero, en caso de no haber existido capturas o fueron muy bajas.

Tabla 8. Esfuerzo de pesca estándar anual, (f; número de embarcaciones estándar) de la flota industrial de cerco de la Octava Región.

Tabla 9. Captura por unidad de esfuerzo estándar (U; ton/embarcación estándar) de la flota industrial de cerco de la Octava Región.

Tabla 10. Distribución de frecuencias numéricas en *M. magellanicus*, por edad, derivada de las Figs. 7a-c.

Tabla 11. Distribución de frecuencias numéricas en *M. magellanicus*, por edad, y codificación para la estimación de la mortalidad natural por el Método de Robson y Chapman (1961); para detalles, ver el texto); nc: no considerado, por ser grupo "plus".

Tabla 12. Mortalidad natural (M) calculada para *M. magellanicus*, según cuatro métodos (ver texto para detalles).

Tabla 13. Resumen estadístico del bootstrap paramétrico (Rmax = 1000) utilizado para estimar la varianza de la mortalidad natural de *M. magellanicus*, según el método de Pauly (1980) y de Rikhter y Efanov (1976).

Tabla 14. Estimación de la tasa de mortalidad natural (M) en *M. magellanicus*. Nomenclatura: Var(M) = varianza de M; DE(M) = desviación estándar de M; CV(M) = coeficiente de variación; w_i = inverso de la varianza.

Tabla 15. Matriz de pesos promedio (kg) de *M. magellanicus* en la captura, por edad y año móvil.

Tabla 16. Desembarques de *M. magellanicus*, por edad y año móvil.

Tabla 17. Resultados del Análisis de Pseudo-cohorte aplicado a *M. magellanicus* para el año móvil 1989/90.

Tabla 18. Resultados del Análisis de Pseudo-cohorte aplicado a *M. magellanicus* para el año móvil 1990/91.

Tabla 19. Resultados del Análisis de Pseudo-cohorte aplicado a *M. magellanicus* para el año móvil 1991/92.

Tabla 20. Resultados del Análisis de Pseudo-cohorte aplicado a *M. magellanicus* para el año móvil 1992/93.

Tabla 21. Tabla resumen de la abundancia y biomasa de *M. magellanicus*, por edad y año móvil. Análisis de Pseudo-cohorte.

Tabla 22. Resumen de la mortalidad por pesca (F) en *M. magellanicus*, por edad y año. Análisis de Pseudo-cohorte.

Tabla 23. Resumen de la abundancia y biomasa de *M. magellanicus*, por edad y año móvil. Análisis de Población Virtual con procesos de sintonización.

Tabla 24. Resumen de la mortalidad por pesca (F) en *M. magellanicus*, por edad y año. Análisis de Población Virtual.

Tabla 25. Capturas mensuales (ton) de *M. magellanicus*, desde enero de 1987 hasta diciembre de 1993. Fuente: Anuarios Estadísticos de Pesca del SERNAP, excepto para el año 1993, las que provienen del Instituto de Investigación Pesquera.

Tabla 26. Capturas mensuales estimadas (ton) de *M. magellanicus* para 1994 (intervalos de confianza: 20%).

Tabla 27. Captura por unidad de esfuerzo mensual (ton/ embarcación estándar), desde enero de 1990 hasta diciembre de 1993.

Tabla 28. CPUE mensual estimada para el año 1994 (ton/embarcación estándar). Intervalos de confianza: 20%.

Tabla 29. Resumen de resultados del método SHOT-1 aplicado al stock de *M. magellanicus* (Indice reclutamiento "nulo" = 1; Valor de entrada de G-M=0).

Tabla 30. Mortalidad natural (M), por pesca promedio 3+ (F) y total (Z) de la misma fracción de stock, y tasa de explotación (E), por año móvil. Nota: la mortalidad por pesca edad-específica fue obtenida de la Tabla 24.

Tabla 31. Capturas (C), excedentes productivos anuales (EPA), biomasa (B) y razón EPA/B. Método SHOT-1.

Tabla 32. Excedentes productivos anuales (EPA) y razón EPA/B. Método de la "respuesta ciega".

LEYENDAS DE LAS FIGURAS

Figura 1. Estructura de una pseudo-cohorte y concepto de equilibrio.

Figura 2. Desembarques anuales de *M. magellanicus* a nivel nacional (barras blancas) y de la Octava Región (barras negras). (*) valor aproximado definido de los registros de INPESCA; el resto definido de Anuarios Estadísticos del SERNAP.

Figura 3. Desembarques mensuales de *M. magellanicus* entre enero de 1987 y diciembre de 1993.

Figura 4a. Distribución de frecuencias de tamaño de *M. magellanicus* (porcentaje) en el desembarque anual desde 1989 a 1993.

Figura 4b. Distribución de frecuencias de tamaño de *M. magellanicus* (porcentaje) en el desembarque por año móvil.

Figura 5a. Relación longitud/peso para machos de *M. magellanicus* (r^2 = 0,787; n = 138).

Figura 5b. Relación longitud/peso para hembras de *M. magellanicus* (r^2 = 0,857; n = 122).

Figura 5c. Relación longitud/peso para ambos sexos (combinados) de *M. magellanicus* (r^2 = 0,827; n = 260).

Figura 6. Relación entre el Indice Gonadosomático relativo (IGS relativo) y la longitud total en hembras de *M. magellanicus* en octubre de 1991.

Figura 7a. Distribución de frecuencias de tamaño de *M. magellanicus* (porcentaje) entre Corral y Coronados, obtenida de Pantoja *et al.* 1973, *fide* Avilés *et al.* 1979.

Figura 7b. Distribución de frecuencias de tamaño de *M. magellanicus* (porcentaje) entre Isla Guafo e Isla Guamblín, obtenida de Pantoja *et al.* 1973, *fide* Avilés *et al.* 1979.

Figura 7c. Distribución de frecuencias de tamaño de *M. magellanicus* (porcentaje) al exterior de Chiloé, obtenida de Pantoja *et al.* 1973, *fide* Avilés *et al.* 1979.

Figura 8. Distribución de frecuencias por edad de *M. magellanicus* (en número), integrando la información de las figuras 7a-7c.

Figura 9. Abundancia (número) de las fracciones de stock 1+ y 3+ de *M. magellanicus*, por año móvil. Resultados del análisis de pseudocohortes.

Figura 10. Biomasa (ton) de las fracciones de stock 1+ y 3+ de *M. magellanicus*, por año móvil. Resultados del análisis de pseudocohortes.

Figura 11. Reclutamiento anual en *M. magellanicus* (peces de edad 1), por año móvil. Resultados del análisis de pseudocohortes.

Figura 12. Captura promedio (puntos) de *M. magellanicus*, considerando los valores mensuales en el período estival (época de capturas). El ajuste (línea continua) equivale a τ en el modelo de la Ecuación 31.

Figura 13. Capturas mensuales observadas (línea continua) y esperadas (línea punteada) de *M. magellanicus* entre enero de 1987 y diciembre de 1993, incluyendo una proyección para 1994, según Ecuación 31.

Figura 14. Análisis de los residuos entre los valores observados y esperados de las capturas mensuales de *M. magellanicus*, entre enero de 1987 y diciembre de 1993.

Figura 15. Captura por unidad de esfuerzo promedio (CPUE, puntos) de *M. magellanicus*, considerando los valores mensuales en el período estival (época de capturas). El ajuste (línea continua) equivale a τ en el modelo de la Ecuación 88.

Figura 16. Capturas por unidad de esfuerzo mensuales observadas (línea continua) y esperadas (línea punteada) de *M. magellanicus* entre enero de 1990 y diciembre de 1993, incluyendo una proyección para 1994, según Ecuación 88.

Figura 17. Análisis de los residuos entre los valores observados y esperados de las capturas por unidad de esfuerzo mensuales de *M. magellanicus*, entre enero de 1990 y diciembre de 1993.

Figura 18. Excedentes productivos anuales (barras negras) obtenidos por el Método SHOT-1 (Shepherd, 1981) y capturas de *M. magellanicus* (barras achuradas), por año móvil.

Figura 19. Excedentes productivos anuales (barras negras) obtenidos por el Método de la Respuesta Ciega (Chapman *et al.*, 1962) y capturas de *M. magellanicus* (barras achuradas), por año móvil.

1. INTRODUCCION

Avilés *et al.* (1979) informan que la merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg, 1907; Gadidae: Gadiformes) se distribuye por el Océano Atlántico Sur desde el centro de Argentina hasta el extremo austral, y por el Océano Pacífico Sur, desde la zona central de Chile hasta el extremo austral. Avilés (manuscrito, citado en Avilés *et al.*, *op. cit.*), informa que *M. magellanicus* fue capturada al sur de 40°S, entre 20 y 700 m de profundidad. Recientemente, Arancibia (1993) informa a esta especie como fauna acompañante en prospecciones de arrastre de merluza común (*Merluccius gayi gayi*) en Chile centro-sur, apareciendo entre 32º06' S y 41º12' S, y desde 120 hasta 384 m de profundidad.

M. magellanicus aparece como fauna acompañante en la pesquería austral de merluza del sur (*Merluccius australis*). En la zona centro-sur de Chile, *M. magellanicus* es un recurso alternativo al jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en la pesquería de cerco, en el período estival, cuando los desembarques de este último disminuyen significativamente debido a fuertes cambios en su disponibilidad por sus procesos reproductivos (Arancibia y Cubillos, 1993).

Los desembarques anuales totales de *M. magellanicus* se mantuvieron por debajo de las 50 mil ton hasta 1986; posteriormente, estos se incrementaron, sobrepasando las 230 mil ton en 1989. En la Octava Región han ocurrido los principales desembarques de *M. magellanicus*, los que registran su máximo en 1989, con 209833 ton; en 1993 estos alcanzaron a 71899 ton.

Los antecedentes biológicos y pesqueros del recurso *M. magellanicus* son escasos. Aguayo y Gili (1984) parecen haber resuelto satisfactoriamente el problema de la determinación de

la edad, definiendo los parámetros de crecimiento en longitud y peso de la Ecuación General de Crecimiento de von Bertalanffy, mejorando largamente lo informado previamente sobre el mismo tópico por Aguayo (1976). Previamente, Avilés *et al.* (1979) informaron sucintamente aspectos biológicos y de explotación, considerando principalmente a este recurso de la región sur-austral.

Bahamonde (1953) fue el primero en informar sobre la alimentación de *M. magellanicus* en el Seno de Reloncaví (*i.e.* calianásidos y teleósteos), lo que amplió Avilés (manuscrito; citado en Avilés *et al.*, 1979), comunicando a los eufáusidos como presas principales, y secundariamente camarón, mictófidos y calamares, sin identificar las especies.

Desde 1987, *M. magellanicus* es un recurso alternativo en la pesquería de cerco industrial de la Octava Región, debido a que permite una prolongación de la actividad en el período estival, cuando ésta reemplaza a *T. s. murphyi* en los lugares de pesca al sur de la Isla Mocha. De ahí la necesidad de desarrollar un estudio de evaluación indirecta de la fracción de stock de *M. magellanicus* desembarcada en esta Región, con la información disponible, e incorporando antecedentes tales como abundancia, tasa de explotación y excedentes de producción.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Efectuar una evaluación indirecta del stock de *Macruronus magellanicus* en la Octava Región.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.2.1. Caracterizar esta pesquería en base a la información biológico-pesquera que se reúna del stock y de la pesquería en el área sujeta a estudio.

1.2.2. Desarrollar un método de evaluación indirecta para el stock de *M. magellanicus*, acorde a las características de esta especie y su pesquería.

1.2.3. Estimar la abundancia del stock de *M. magellanicus* en la Octava Región.

1.2.4. Caracterizar el estado de situación del stock de *M. magellanicus*, su tasa de explotación actual y la determinación de los excedentes productivos actuales.

2. METODOLOGIA

2.1. AREA Y EPOCA DE ESTUDIO

El área de estudio se centra donde ocurren las principales capturas de *M. magellanicus* por la flota industrial de cerco con puertos base en la Octava Región, abarcando principalmente entre el Golfo de Arauco, por el norte, y el puerto de Corral, por el sur, lo que corresponde a la parte norte de distribución del recurso.

La información disponible cubre los meses en que ocurrieron desembarques de *M. magellanicus* en la Octava Región, lo que incluye antecedentes del desembarque total, desde 1978 hasta 1993. La información de frecuencias de tamaños en los

desembarques cubre noviembre y diciembre de 1989; enero, noviembre y diciembre de 1990; enero, marzo, octubre, noviembre y diciembre de 1991; de septiembre a diciembre de 1992; y de septiembre a diciembre de 1993.

Un supuesto fundamental, en el presente trabajo, es que las distribuciones mensuales acumuladas de tamaños de *M. magellanicus*, con las que se cuenta, son representativas del año que se analiza. Además, las distribuciones de frecuencias de tamaños de *M. magellanicus* en las capturas se estimaron para años móviles (desde julio del año "j" hasta junio del año "j+1"). Con esto se pretendió cubrir por completo e independientemente cada uno de los períodos estivales. Los años móviles son los siguientes: 1989/90, 1990/91, 1991/92 y 1992/93.

La información biológica, además de la longitud total (cm), consiste en datos de peso total (g) y del índice gonadosomático por tallas en las hembras, en muestras de octubre y noviembre de 1991, lo que permitió estimar de manera general la longitud de primera madurez (Toledo, 1991) a través del método del incremento relativo del índice gonadosomático por intervalos de longitud total, siguiendo a Grimes (1976, *fide* Finucane y Collins, 1984), modificado.

2.2. CARACTERIZACION BIOLOGICO-PESQUERA DEL STOCK Y DE LA PESQUERIA DE *M. magellanicus*.

2.2.1. ESFUERZO DE PESCA

La información del esfuerzo de pesca de la flota industrial de cerco regional abarca desde 1990 hasta 1993. Los registros provienen de las bases de datos de operación diaria de la flota que mantiene el Instituto de Investigación Pesquera.

Para los propósitos del presente proyecto, se define "embarcación industrial" a los barcos pesqueros de alta mar (PAM) que utilizan arte de cerco y con capacidad de bodega igual o superior a 100 m^3. Con propósitos prácticos, las embarcaciones han sido estratificadas en función del tamaño de la bodega (Tabla 1), de acuerdo a Arancibia y Cubillos (1993).

Tabla 1. Estratificación de la flota industrial de cerco de la Octava Región, en función de la capacidad de bodega (CB, m^3).

Estrato	Rango CB (m^3)
1	100 - 160
2	161 - 250
3	251 - 300
4	301 - 400
5	401 - 500
6	501 - 600
7	601 - 700
8	701 - 800
9	mayor 800

El supuesto fundamental para analizar el esfuerzo de pesca es que la flota de cerco industrial, o una fracción claramente individualizada de ella, centra su operación sobre *M. magellanicus*, transformándose ésta en especie objetivo.

El esfuerzo mensual de pesca (f_{ij}) se analiza desde 1990 hasta 1993, y se define como

$$f_{ij} = PPR_{ij} * n_{ij} \qquad (1)$$

donde i representa el estrato de embarcaciones; j representa el mes; PPR_{ij} es el poder de pesca relativo; n_{ij} es el número de embarcaciones en el estrato i en el mes j.

El esfuerzo total de la flota en cada año, $f(t)$, se define como

$$f(t) = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{m} f_{ij} \qquad (2)$$

donde los subíndices i, j; y f_{ij} han sido definidos anteriormente.

El poder de pesca relativo (PPR) se define como la razón entre los rendimientos de cada embarcación y los rendimientos de la embarcación patrón, con lo que

$$PPR_{ij} = \frac{R_{ij}}{R_{sj}} \qquad (3)$$

donde los subíndices i, j han sido definidos anteriormente; R_{ij} es el rendimiento de cada embarcación; R_{sj} es el rendimiento de la embarcación patrón (estándar), y que se refiere a las embarcaciones de capacidad de bodega entre 401 y 500 m^3 (Arancibia y Cubillos, 1993).

A su vez, el rendimiento de pesca (R) se define como la razón entre las capturas (Y, ton) y el acarreo (A, m^3), según

$$R_{ij} = \frac{Y_{ij}}{A_{ij}} \qquad (4)$$

donde los subíndices i, j han sido definidos anteriormente.

El acarreo (A, m^3) se define como el producto entre la capacidad de bodega (CB, m^3) y los días fuera de puerto ($DFPTO$), según la expresión

$$A_{ij} = CB_{ij} * DFPTO_{ij} \quad (5)$$

donde los subíndices i, j han sido definidos anteriormente.

2.2.2. CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO

2.2.2.1. CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO TOTAL

La captura por unidad de esfuerzo (U) se define como un índice de abundancia relativa, y se expresa mediante

$$U_t = \frac{C_t}{f_t} \quad (6)$$

donde C_t es la captura total; f_t es el esfuerzo total estandarizado, en el período t.

2.2.2.2. CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO PROMEDIO

La captura por unidad de esfuerzo promedio (U_{prom}) es

$$U_{prom} = \frac{(\Sigma C_i)}{(\Sigma f_i)} * n^{-1} \quad (7)$$

donde ($\Sigma\ C_i$) es la captura total de la embarcación i; (Σf_i) es el esfuerzo total estándar de la embarcación i; n es el número de embarcaciones.

2.2.3. ESTRUCTURA DE TAMAÑOS

Se cuenta con información de la frecuencia de tamaños en los meses en que *M. magellanicus* fue la especie objetivo o contribuyó de manera importante a los desembarques. Los tamaños muestreales son los siguientes:

AÑO	MES	n(*)
1989	noviembre	658
	diciembre	577
1990	enero	149
	noviembre	272
	diciembre	143
1991	enero	325
	marzo	39
	octubre	76
	noviembre	3033
	diciembre	1378
1992	septiembre	1178
	octubre	2872
	noviembre	1899
	diciembre	1906
1993	septiembre	305
	octubre	1553
	noviembre	758
	diciembre	635

(*) número de observaciones

Para evitar sesgo en la sumatoria de las frecuencias de tamaños, la frecuencia de tallas de las muestras se ponderan utilizando el siguiente factor

$$FP_b = \frac{C_b}{Wn_b} \qquad (8)$$

donde FP_b es el factor ponderador para el barco b; C_b es la captura del barco b; Wn_b es el peso del número de unidades muestreales obtenidas del barco b.

La composición por tallas en el desembarque del mes respectivo se obtiene de

$$CN_{LT} = f_{LT}\left(\frac{CP_i}{\sum_{LT=1}^{K} f_{LT}W_{LT}}\right) \qquad (9)$$

donde CN_{LT} es el número de ejemplares de longitud LT en el desembarque del mes i, f_{LT} es el número de individuos de la talla LT (ponderado) provenientes de las muestras realizadas en el mes i; CP_i es el desembarque en peso total en el mes i; W_{LT} es el peso de los individuos de talla LT; K es el número total de tallas LT, de tal manera que el desembarque total en número viene dado por la suma de CN_{LT} desde LT = 1 hasta K.

2.2.4. ESTRUCTURA DE EDADES

A partir de las estructuras mensuales de tamaños en el desembarque se obtiene la estructura de edades, utilizando una expresión reordenada de la Ecuación General de Crecimiento en Longitud de von Bertalanffy, según

$$t = t_o - \left[\frac{\ln\left(1-\left(\frac{l_t}{L_\infty}\right)\right)}{K}\right] \qquad (10)$$

donde t es la edad (años); t_o es el parámetro "edad a longitud cero" (años); l_t es la longitud total (cm) a la edad t; L_∞ es la longitud asintótica (cm); K es la tasa instantánea de crecimiento (año^{-1}).

En consecuencia, la transformación de longitud a edad se ha realizado "punto a punto" y no utilizando claves talla-edad, debido a que no se ha contado con ellas.

Los parámetros de crecimiento en longitud de *M. magellanicus* utilizados en el presente trabajo son los informados por Aguayo y Gili (1984), y que corresponden a: L_∞ = 103,2 cm; K = 0,2171 año^{-1}; t_o = 0,2189 años.

2.2.5. MORTALIDAD NATURAL (M, por año)

La mortalidad natural de *M. magellanicus* ha sido determinada a través de cuatro métodos independientes, los que se basan en: (i) los parámetros de crecimiento en longitud y la temperatura del ambiente (Pauly, 1980); (ii) la edad de maduración masiva (Rikhter y Efanov, 1976); (iii) la curva de captura (Ricker, 1975), cuando el stock se encontraba en situación de no-explotación; y (iv) la determinación de la sobrevivencia (Robson y Chapman, 1961), cuando el stock se encontraba en situación de no-explotación.

2.2.5.1. METODO DE PAULY (1980)

Pauly (*op. cit.*) realizó un análisis de regresión de M sobre K, L_∞ y T (temperatura anual promedio del habitat, en grados Celcius), basado en datos de 175 stocks de peces, arribando a la siguiente relación empírica para peces de latitudes medias:

$$\ln(M) = -0,0152 - 0,279\ln(L_\infty) + 0,6543\ln(K) + 0,463\ln(T) \qquad (11)$$

2.2.5.2. METODO DE RIKHTER Y EFANOV (1976)

Rikhter y Efanov (*op. cit.*), estudiando comparativamente stocks de latitudes altas, encontraron una estrecha asociación entre la mortalidad natural (M) y la edad de maduración masiva (Tm_{50}). La expresión es

$$M = \frac{1,521}{(Tm_{50}^{0,720})} - 0,155 \qquad (12)$$

2.2.5.3. METODO DE LA CURVA DE CAPTURA (Ricker, 1975)

Una curva de captura es una representación gráfica del número de sobrevivientes versus la edad. Aunque este método se utiliza en stocks explotados para estimar la mortalidad total, Z (año^{-1}), parece posible aproximarse a una estimación de la mortalidad natural, M, cuando una especie no está sometida a explotación, o a comienzos de ésta, y se cuenta con información histórica de cruceros de prospección. Tal es el caso en *M. magellanicus*, por lo que se ha agrupado las tres distribuciones de tallas informadas por Pantoja *et al.* (1973; *fide* Avilés *et al.*, 1979), para tres subáreas de la zona sur-austral de Chile, con muestras de enero de 1972. La estructura integrada de tamaños de las tres subzonas ha sido descompuesta en estructura de edades, utilizando los parámetros de crecimiento de *M. magellanicus* informados por Aguayo y Gili (1984).

En el caso especial que una población no está sometida a explotación, la mortalidad total (Z) es igual a la mortalidad natural (M). Dado que

$$N(t) = N(Tr)\, e^{[-Z(t-Tr)]} \qquad (13)$$

donde $N(t)$ es el número de individuos en el tiempo t; $N(Tr)$ es el número de individuos a la edad de reclutamiento; Tr es la edad de reclutamiento (Beverton y Holt, 1957).

De la Ecuación de Captura de Baranov se tiene que

$$C(t_1, t_2) = N(t_1)\, F/Z(1-e^{[-Z(t_2-t_1)]}) \qquad (14)$$

Si t_2-t_1 = 1 año, y reemplazando (13) en (14), entonces

$$C(t_1, t_2) = N(Tr)\, e^{[-Z(t_1-Tr)]} F/Z(1-e^{[-Z(t_2-t_1)]}) \qquad (15)$$

transformando a logaritmos neperianos, se tiene que

$$\ln C(t_1, t_2) = \ln(N(Tr)\, F/Z) + ZTr - Zt_1 + \ln(1-e^{[-Z)\, t_2-t_1)]}) \qquad (16)$$

El término "$ln\ (N(Tr)F/Z)+ZTr$" es una constante (d), cuando se asume que también lo son $N(Tr)$, Tr y Z. Entonces la Ecuación 16 se resume en

$$\ln C(t_1, t_2) = d - Zt_1 + \ln(1-e^{[-Z(t_2-t_1)]}) \qquad (17)$$

Si t_2-t_1 permanece constante y se define

$$g = d + \ln(1-e^{[-Z(t_2-t_1)]}) \qquad (18)$$

entonces en (17) se tiene

$$\ln C(t_1, t_2) = g - Zt \qquad (19)$$

Para el caso de *M. magellanicus*, con datos de enero de 1972 (Pantoja *et al.*, 1973; *fide* Avilés *et al.*, 1979), bajo el supuesto que la población se encontraba en estado estacionario y que el muestreo es representativo, entonces en ausencia de explotación se tiene que

$$\ln C(t_1, t_2) = g - Mt \qquad (20)$$

Como C representa a las capturas (= desembarque), en ausencia de éstas, podemos definir que c, esto es, las capturas durante el crucero se equivalen con C; y que $t_2-t_1 = 1$, entonces, se tiene que

$$\ln c = g - Mt \qquad (21)$$

que es la "ecuación linearizada de la curva de captura", con intervalo de tiempo constante.

2.2.5.4. METODO DE ROBSON Y CHAPMAN (1961)

Dado que en ausencia de pesca suponemos que la mortalidad total (Z) es igual a la mortalidad natural (M), esta última ha sido estimada por este método, con los datos obtenidos en la sección 2.2.5.3. La expresión utilizada es

$$S = \frac{T}{(n+T-m)} \qquad (22)$$

donde S es la tasa de sobrevivencia estimada; n es el número de peces completamente reclutados; T es la sumatoria de las clases de edad codificadas por su frecuencia numérica; m es la frecuencia de peces de la clase de edad más vieja (en caso de no contarse con ella, entonces m = 1). Dado que

$$\hat{Z} = -\ln S \qquad (23)$$

en este caso particular,

$$\hat{M} = -\ln S \qquad (24)$$

La varianza de S se denota por

$$VAR(S) = \frac{S(1-S)^2}{n(1-S)^3} \qquad (25)$$

2.2.6 ESTIMACION DE VARIANZA PARA LA MORTALIDAD NATURAL

Con el objeto de estimar un solo valor para la tasa de mortalidad natural (M) en *M. magellanicus*, se adoptó un proceso de estimación que compromete el grado de precisión de los valores de M obtenidos con los métodos propuestos; a saber: (a) Método de Pauly (1980), (b) Método de Rikhter y Efanov (1976), (c) Método de la curva de captura (Ricker, 1975); y (d) Método de Robson y Chapman (1961). El estimador de M utilizado es un promedio ponderado, donde el ponderador corresponde al inverso de la varianza de cada estimado de M (Hilborn y Walters, 1992), i.e.

$$\hat{M} = \frac{w_1 M_1 + w_2 M_2 + \ldots + w_{n-1} M_{n-1} + w_n M_n}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \qquad (26)$$

donde $w_i = 1/s_i^2$, es el inverso de la varianza correspondiente a cada uno de los "i" estimados independientes de la mortalidad natural (M).

El estimado de M, y varianza asociada, por el método de Robson y Chapman (1961) (Ecuaciones 22 a 25), no fue considerado en los análisis por cuanto el resultado de este método fue muy diferente a los resultados de los otros señalados.

En el caso del método de la curva de captura, la varianza de M corresponde a la varianza de la pendiente (b) de la regresión lineal; es decir, M = -b, donde la varianza de la pendiente se estima por

$$S_b^2 = \frac{1}{n-2}\left[\left(\frac{S_Y}{S_X}\right)^2 - b^2\right] \qquad (27)$$

donde S_Y y S_X representan la desviación estándar del $Ln(c)$ y de t (ecuación 21).

En el caso de los métodos de Pauly (1980) y Rikhter y Efanov (1976), la estimación de la varianza de los valores de M se realizó aplicando una forma paramétrica del método bootstrap de Efron (1982, 1985), el cual es evaluado numéricamente por medio de ensayos Monte Carlo. El procedimiento consiste en obtener valores alternativos e igualmente probables de la tasa de mortalidad natural (M^R), los cuales se generan utilizando una forma paramétrica de la distribución del error, donde R=1,2,..., Rmax, siendo Rmax un número relativamente elevado

($\geq$ 100). En este estudio se cosideró Rmax = 1000 y el estimado de la varianza asociada es

$$VAR(M) = \frac{\sum_{R=1}^{Rmax} (M^R - \overline{M}^R)^2}{Rmax - 1} \qquad (28)$$

donde

$$\overline{M}^R = \frac{\sum_{R=1}^{Rmax} M^R}{Rmax} \qquad (29)$$

En la aplicación del bootstrap, se consideró los supuestos que se detallan a continuación en cada caso:

a) Método de Pauly (1980).

De acuerdo con la metodología, la estimación de M con este método se realizó considerando los parámetros de crecimiento en longitud comunicados por Aguayo y Gili (1984). Con el objeto de incorporar la incerteza de los parámetros de crecimiento en la ecuación de Pauly, se reestimó los parámetros de crecimiento para obtener el error estándar de cada uno de ellos mediante el procedimiento de estimación no-lineal incorporado en el programa FISHPARM de Saila *et al.* (1988) (Tabla 2).

En la aplicación del bootstrap paramétrico, se supuso una distribución normal para los parámetros L_∞ y K y un rango de valores probables entre $-\infty$ y $+\infty$. En el caso de la temperatura promedio anual del habitat de la especie, que es otro parámetro de entrada a la ecuación de Pauly, se supuso una distribución de probabilidad uniforme con valores de temperatura entre 6° y 12°C. A su vez, se consideró una distribución normal ($[-\infty,+\infty]$) para los coeficientes de la

ecuación utilizando el error estándar de éstos en la Tabla 5 del artículo de Pauly (1980).

Tabla 2. Valores de los parámetros de crecimiento en longitud (L_∞, K y t_o), error estándar y coeficiente de variación, según el ajuste del modelo de von Bertalanffy con FISHPARM a los datos de longitud-edad en *M. magellanicus* comunicados por Aguayo y Gili (1984).

Parámetros de crecimiento		Unidad	Error estándar asintótico	Coeficiente de variación
L_∞ =	103,200	cm	1,8030	0,0175
K =	0,2171	1/año	0,0126	0,0471
to =	0,2189	año	0,0582	0,2652

b) Método de Rikhter y Efanov (1976).

Para la aplicación de este método se requiere de una estimación de la edad de primera madurez sexual, habiéndose utilizado 3,7 años en el calculo de M. En la estimación de varianzas mediante el bootstrap, se supuso una distribución uniforme para la edad de madurez sexual entre 3,6 y 4,0 años correspondiendo a los límites de confianza de la talla de primera madurez sexual (el promedio del bootstrap para este parámetro fue 3,8 años, similar al valor 3,7 utilizado). Además, debido a que no se pudo contar con las estimaciones reales de las varianzas de los coeficientes de la ecuación de Rikhter y Efanov, se supuso un coeficiente de variación del 10% para ellos, seleccionado el rango $[-\infty,+\infty]$.

2.3. EVALUACION INDIRECTA DEL STOCK DE MERLUZA DE COLA, ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA, ESTADO DE SITUACION DEL STOCK, TASA DE EXPLOTACION ACTUAL Y DETERMINACION DE LOS EXCEDENTES PRODUCTIVOS

En principio, debido a que la información (biológica y del desembarque) con la que se contaba de *M. magellanicus* parecía no ser lo suficientemente amplia como para realizar evaluaciones a través de métodos estructurales estándares, como el Análisis de Población Virtual (APV), se aplicó simultáneamente varios métodos, a saber: (i) uno denominado de "pseudo-cohorte"; (ii) dos que consideran la distribución de las capturas y de la captura por unidad de esfuerzo, respectivamente; y (iii) un modelo autorregresivo simple. El propósito es realizar determinaciones indirectas de la situación del stock, y de sus proyecciones, mediante métodos alternativos.

Complementariamente, y debido a la naturaleza de la información que se siguió recolectando en el tiempo transcurrido entre la presentación formal del presente proyecto y su inicio oficial, se aplicó también el Análisis de Población Virtual para la evaluación indirecta, más allá de los resultados del Análisis de Pseudo-cohortes para cada año, independientemente.

2.3.1. ANALISIS DE LA PSEUDO-COHORTE (Laurec y Santarelli-Chaurand, 1987; citado en Mesnil, 1989).

Frecuentemente, a los biólogos pesqueros se les solicita informar la condición de un stock, aún cuando los antecedentes no cubran una adecuada serie de tiempo. Cuando los datos disponibles abarcan un par de años, o incluso uno solo, necesariamente se debe asumir que prevalecen las condiciones

de equilibrio. Si los reclutamientos y las mortalidades por pesca varían aleatoriamente entre los años muestreados, entonces la aproximación a las condiciones de equilibrio puede realizarse con los datos de capturas a través de la denominada "pseudo-cohorte". Sin embargo, en presencia de tendencias continuas, por ejemplo, fuertes incrementos del esfuerzo, o de fuertes variaciones en los reclutamientos, la hipótesis de equilibrio se debe rechazar.

El concepto de "pseudo-cohorte" se utiliza para designar un procedimiento en que se supone que, en un año determinado, los diferentes grupos de edad siguen a otros, como se muestra en la Fig. 1 para el año "Y" (columna del extremo derecho), en contraste con una "verdadera cohorte", en la que los individuos de sucesivos grupos de edad-t son los supervivientes de un determinado reclutamiento (R_i; cada una de las diagonales). En este caso, cada grupo de edad presente en el año Y_i pertenece a diferentes cohortes, cada una de las cuales se reclutó con una determinada fuerza y estuvo sujeta a una serie particular de mortalidades en su vida.

Si los reclutamientos y las mortalidades han sido idénticos a una determinada edad, en cada uno de los años considerados, se dice que el stock está en equilibrio (o en estado estacionario), y que los estados de la pseudo-cohorte, a edades sucesivas, son equivalentes a aquellas de una de las verdaderas cohortes del stock en su fase explotada. Bajo este supuesto, la pseudo-cohorte puede ser analizada con los mismos métodos con que se analiza una cohorte verdadera, esto es, con Análisis de Cohortes, también denominado Análisis de Población Virtual (APV). El Análisis de Pseudo-Cohorte ha sido realizado con el programa SIMUCO, del paquete computacional ANACO (Mesnil, 1989).

A diferencia del APV, cuyos cálculos se realizan secuencialmente desde la edad más vieja hacia las más jóvenes, considerando las capturas, las mortalidades y, en último término, las mortalidades por pesca terminales (F_T), en el Análisis de Pseudo-Cohorte se procede desde las edades más jóvenes a las más viejas que son explotadas, calculándose paralelamente las capturabilidades. El procedimiento se basa en la siguiente ecuación:

$$N_{c,t} = R_y * R_c * e^{(-\sum_{i=1}^{t-1}[q_i * E_{c/i} + M])} \qquad (30)$$

donde c designa la cohorte de edad t en el año y; N es la abundancia; $E_{c/i}$ es el esfuerzo de pesca sobre la cohorte en el año y; R_c es el reclutamiento relativo comparado con R_y, siendo este último el reclutamiento en el año y; M es la mortalidad natural.

La mortalidad por pesca a la edad t en el año y (F_i) se ha calculado resolviendo iterativamente las razones $C_i/N_{c,i}$.

2.3.2. METODO DEL COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CAPTURAS (Astudillo y Caddy, 1986)

Este procedimiento puede ser clasificado dentro de los denominados modelos globales, ya que toma en cuenta sólo las capturas en una serie de tiempo adecuada. Recientemente, Arancibia *et al*. (1994) han realizado pronósticos de las capturas del jurel (*T. s. murphyi*) de Chile central, basados en Astudillo y Caddy (1986).

2.3.2.1. METODO DEL COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CAPTURAS PROPIAMENTE TAL

En el caso que nos preocupa, se ha probado el ajuste de la distribución de las capturas mensuales de *M. magellanicus* a una función trigonométrica del tipo

$$Y_e = EXP\ [\tau - A\cos(n\pi t + \phi)] \qquad (31)$$

donde Y_e son las capturas esperadas (ton); τ es la tendencia de largo plazo global; t es el tiempo (meses); α es la tendencia a largo plazo; A es su amplitud; π = 3,141593; n, ϕ son contantes.

Además,

$$\tau = \frac{\ln(\alpha)}{m} \qquad (32)$$

donde τ ya ha sido definida; α es la tendencia de largo plazo de las capturas medias en la época estival, definida a continuación; m es una constante.

Complementariamente,

$$\alpha = \beta - \theta\cos(k\pi t + c) \qquad (33)$$

donde ß es la tendencia estacional de las capturas medias, definida a continuación; θ es la variación en amplitud que describen las capturas medias; t es el tiempo (meses); π = 3,141593; k, c son constantes.

$$\beta = a + bt \qquad (34)$$

donde t es el tiempo; a, b son constantes.

$$\theta = s + wt \tag{35}$$

donde t es el tiempo: s, w son constantes.

Los intervalos de confianza de los desembarques mensuales estimados se calculan de acuerdo a la expresión

$$IC_i = Y_{ei} \pm t_{(\alpha/2;n-2)} S_{y_i x} \tag{36}$$

donde IC_i es el intervalo de confianza para los valores esperados de captura del mes i; Y_{ei} es valor estimado de la captura para el mes i; $t_{(\alpha/2;n-2)}$ es el valor de la tabla t-Student con $\alpha = 0,20$ y n-2 grados de libertad; S_{yix} es el error estándar de la predicción (Harnett y Murphy, 1987), i.e.

$$S_{y_i x} = S_e \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_g - \hat{u})^2}{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \hat{u})^2}} \tag{37}$$

donde S_e es el error estándar de la estimación; n es el número de pares de datos en la regresión simple entre la forma linearizada de las capturas observadas y esperadas; x_g es el valor dado de la variable independiente; x_i es la captura observada en el mes i; $\hat{u}$ es el promedio de las capturas mensuales.

Se realizó un análisis de los residuos (e_i) para probar la existencia de autocorrelación entre los desembarques del mes i observados y esperados, a través del estadígrafo d de

Durbin-Watson (Harnett y Murphy, 1987), cuya forma es

$$d = \frac{\sum_{i=2}^{n} (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^{n} e_i^2} \qquad (38)$$

2.3.2.2. METODO DEL COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LA CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO

Se probó el ajuste de la distribución de captura por unidad de esfuerzo (U) a una función trigonométrica del tipo

$$U_e = \tau - A\cos(n\pi t + \phi) \qquad (39)$$

donde U_e es la captura por unidad de esfuerzo esperada (ton); τ es la tendencia de largo plazo global; t es el tiempo (meses); α es la tendencia a largo plazo; A es su amplitud; π = 3,141593; n, ϕ son contantes. Además,

$$\tau = \frac{\ln(\alpha)}{m} \qquad (40)$$

donde τ ya ha sido definida; α es la tendencia de largo plazo de la captura por unidad de esfuerzo promedio en la época estival, definida a continuación; m es una constante.

Complementariamente,

$$\alpha = \beta - \theta\cos(k\pi t + c) \qquad (41)$$

donde ß es la tendencia estacional de la captura por unidad de esfuerzo promedio, definida a continuación; θ es la variación en amplitud que describen las capturas por unidad de esfuerzo promedio; t es el tiempo (meses); π = 3,141593; k, c son constantes.

$$\beta = a + bt \tag{42}$$

donde t es el tiempo; a, b son constantes y

$$\theta = s + wt \tag{43}$$

donde t es el tiempo: s, w son constantes.

El intervalo de confianza de la captura por unidad de esfuerzo mensual estimada se calcula de acuerdo a la expresión

$$IC_i = U_{ei} \pm t_{(\alpha/2;n-2)} S_{y_i x} \tag{44}$$

donde IC_{ei} es el intervalo de confianza para los valores esperados de captura por unidad de esfuerzo del mes i; U_i es valor estimado de captura por unidad de esfuerzo para el mes i; $t_{(\alpha/2;n-2)}$ es el valor de la tabla t-Student con α = 0,20 y n-2 grados de libertad; S_{yix} es el error estándar de la predicción (Harnett y Murphy, 1987), cuya expresión es

$$S_{y_i x} = S_e \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_g - \hat{u})^2}{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \hat{u})^2}} \tag{45}$$

donde S_e es el error estándar de la estimación; n es el número de pares de datos en la regresión simple entre la forma linearizada de la captura por unidad de esfuerzo observada y esperada; x_s es el valor dado de la variable independiente; x_i es la captura por unidad de esfuerzo observada en el mes i; $\hat{u}$ es el promedio de la captura por unidad de esfuerzo (datos mensuales).

Se realizó un análisis de los residuos (e_i) para probar la existencia de autocorrelación entre las capturas por unidad de esfuerzo mensual observadas y esperadas, a través del estadígrafo d de Durbin-Watson (Harnett y Murphy, 1987).

2.3.3. METODO SHOT-1 (Shepherd, 1991)

Su nombre parece derivar del acrónimo "Shepherd's Hang-Over TAC". Este método es una alternativa a otros tradicionales, como el conocido Análisis de Población Virtual, APV. Alguna información requerida para la aplicación de métodos como el APV, puede no ser esencial para el método SHOT-1. El sufijo "1" se refiere a que el valor de entrada del Indice de Reclutamiento al modelo es constante o "nulo", e igual a 1 (Shepherd, 1991).

Shepherd (1991) propuso un modelo autorregresivo simple que describe la evolución de un stock de peces de un año al siguiente, y que ha sido aplicado por Mac Lennan *et al.* (1992), a través de la relación

$$B_{(y+1)} = hB_{(y)} + wR_{(y+1)} \qquad (46)$$

donde B es la biomasa del stock explotado; y es el año; R es

el reclutamiento (a la fracción explotada del stock), en número; h es el factor "hang-over", definido como

$$h = e^{(G-Z)} = e^{(G-M)} e^{(-F)} \qquad (47)$$

donde G es el promedio de los logaritmos de la razón del peso entre grupos de edad consecutivos; M, F y Z son las tasas de mortalidad natural, por pesca y total, respectivamente, estimados de los grupos de edad que contribuyen mayormente a las capturas. Se supone que para un esfuerzo de pesca constante, la captura $Y_{(y)}$ es proporcional a la biomasa explotada. Entonces, $Y_{(y)}$ es igual a $B_{(y)}$ multiplicado por un factor constante, y las estadísticas de capturas dan cuenta inmediatamente de B.

Con este modelo, el tamaño promedio del stock queda descrito por la expresión

$$B_{prom} = \frac{(w * R_{prom})}{(1-h)} \qquad (48)$$

De igual forma, si el reclutamiento no se correlaciona con él mismo ni con los tamaños previos del stock, de tal manera que no es importante alguna relación stock-recluta en comparación con otras fuentes de variación, entonces

$$Var(B) = \frac{w^2 var(R)}{(1-h^2)} \qquad (49)$$

La ecuación que da cuenta de las capturas se deriva fácilmente de la Ecuación (42) por

$$Y_{(y)} = \tilde{F}_{(y)} * B_{(y)} \qquad (50)$$

donde $F^{\sim}(y)$ es la razón capturas/biomasa durante un año determinado, para la biomasa a comienzos del año.

Por otro lado, $F^{-}(y)$ es la tasa de explotación y corresponde simplemente a F{1-exp(G-Z}/{Z-G}, que es una generalización de la expresión F{1-exp(-Z}/Z, la que se aplica a números más bien que a biomasas.

Combinando las Ecuaciones (42) y (46), se tiene que

$$Y_{(y+1)} = \frac{\tilde{F}_{(y+1)}}{\tilde{F}_{(y)}} * [h_{(y)} Y_{(y)} + \tilde{F}_{(y)} P_{(y+1)}] \qquad (51)$$

donde $P_{(y+1)}$ es la producción (reclutamiento en peso) durante el año y, que por conveniencia se asume que ocurre rápidamente al final del año, que es lo mismo que considerarlo ocurriendo exactamente al comienzo del año *y+1*. Por lo tanto, la Ecuación (47) queda expresada mediante

$$Y_{(y+1)} = \frac{\tilde{F}_{(y+1)}}{\tilde{F}_{(y)}} * Y_{SQ(y+1)} \qquad (52)$$

donde $Y_{SQ(y+1)}$ es la captura en condición *status quo*, definida por

$$Y_{SQ(y+1)} = h_{(y)} Y_{(y)} + \tilde{F}_{(y)} P_{(y+1)} \qquad (53)$$

esto es, las capturas esperadas si la tasa de pesca es la misma en el año *y+1* que en el año *y*.

Estas ecuaciones permiten estimar capturas sin conocer directamente las biomasas, aunque ellas están en los cálculos de manera implícita, pudiendo ser deducidas, en caso necesario.

2.3.4. ANALISIS DE POBLACION VIRTUAL (APV)

El APV ha sido aplicado con procesos de sintonización, utilizando una medida del esfuerzo de pesca como índice para calibrar los resultados (Pope & Shepherd, 1982; Butterworth *et al.* 1990). Las ecuaciones básicas del APV se presentan más adelante. El proceso de sintonización consiste en aprovechar la propiedad autocorrectiva del APV para "ajustar" iterativamente, mediante APV sucesivos, la mortalidad por pesca terminal, necesaria para inicializar los cálculos (dado ciertos supuestos), basado en las siguientes etapas: (a) estabilización del patrón de explotación o selectividad edad-específica, y (b) calibración de la mortalidad por pesca en el año más reciente.

La estabilización consiste en reemplazar sucesivamente la mortalidad por pesca de la edad más vieja en cada año ($F_{i,m}$) bajo el supuesto de que la probabilidad de captura o selectividad (S_i) del arte de pesca es constante en las edades más viejas; es decir, $p+1$ edades más viejas tienen la misma probabilidad de ser vulneradas, esto es

$$S_{m-p} = S_{m-p+1} = \ldots\ldots = S_{m-1} = S_m \qquad (54)$$

donde m representa la edad o grupo de edad más vieja en las capturas. De esta manera, una estimación de la mortalidad por pesca de la edad más vieja se puede estimar mediante la

siguiente expresión:

$$F_{t,m} = \left[\prod_{i=m-p}^{m-1} F_{t,i} \right]^{\frac{1}{p}} \qquad (55)$$

La mortalidad por pesca en el año más reciente se estima utilizando datos de esfuerzo de pesca, de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$F_{n,i} = \overline{q}_i f_n \qquad (56)$$

donde:

$$\overline{q}_i = \overline{qS}_i = \left[\prod_{t=1}^{n-1} (F_{t,i}/f_t) \right]^{1/(n-1)} \qquad (57)$$

donde $F_{n,i}$ es la mortalidad por pesca en el año más reciente (n) a cada edad i; q es el coeficiente de capturabilidad y f es el esfuerzo de pesca observado en cada año t.

Las ecuaciones básicas del APV para la evaluación de la abundancia del recurso son:

$$N_{i+1} = N_i e^{-(F_i + M)} \qquad (58)$$

$$C_i = \frac{F_i N_i [1 - e^{-(F_i+M)}]}{F_i + M} \qquad (59)$$

La primera ecuación representa la sobrevivencia en número de una cohorte; la segunda, representa la ecuación de captura de

Baranov (Beverton y Holt, 1957), donde N_i es el tamaño poblacional en número de ejemplares a comienzos del período de tiempo i; F_i es la tasa de mortalidad por pesca durante el período de tiempo i; M es la tasa mortalidad natural; C_i es la captura obtenida durante el período de tiempo i.

La combinación de las ecuaciones previas (Gulland 1965; Mesnil, 1980), constituye el algoritmo básico para resolver el APV, y viene dada por:

$$\frac{N_{i+1}}{C_i} = \frac{(F_i+M)\, e^{-(F_i+M)}}{F_i\,[1 - e^{-(F_i+M)}]} \qquad (60)$$

Sin embargo, esta ecuación no tiene una solución analítica y debe ser resuelta numéricamente dado un valor de N_{i+1}, ya que se conoce la captura actual (C_i) y la mortalidad natural (M), restando estimar sólo F_i. De esta manera, el método trabaja desde los grupos de edad más longevos hacia los más jóvenes. Para inicializar el método se debe estimar el tamaño poblacional terminal de una cohorte (N_t) dado un valor razonable de la mortalidad por pesca terminal (F_t), mediante la siguiente expresión

$$N_t = \frac{C_t}{F_t} \qquad (61)$$

donde C_t es la captura terminal, esto es, la última captura tomada desde una cohorte antes de su extinción (Mesnil, 1980; Pauly, 1984).

La característica principal del APV es que la estimación de la abundancia y mortalidad por pesca, mediante la aplicación

iterativa de las ecuaciones, tiende a converger rápidamente hacia valores correctos, produciendo estimaciones "más reales" del reclutamiento.

Las principales limitaciones del método son: (i) el crecimiento de los peces es descrito por los mismos parámetros de crecimiento; (ii) la tasa de mortalidad natural se supone constante entre años y edades de los peces; (iii) subjetividad en la elección de la tasa de mortalidad por pesca terminal, necesaria para inicializar las estimaciones de abundancia y mortalidad por pesca; (iv) se requiere calibrar las estimaciones de abundancia y biomasa con información auxiliar, como el esfuerzo de pesca.

Los datos y parámetros de entrada al APV son: (i) datos de frecuencia de tallas en las capturas, en años móviles (julio de un año hasta junio del año siguiente), en el período julio de 1989 hasta junio de 1993 ; (ii) capturas en años móviles y los parámetros de la relación longitud-peso, para expandir la frecuencia de tallas en los años móviles a las capturas totales.

2.3.5. TASA DE EXPLOTACION

La tasa de explotación (E_i) para cada año i se ha calculado según la expresión:

$$E_i = \frac{F_i}{F_i+M}(1-e^{-(F_i+M)}) \qquad (62)$$

donde F_i es la tasa de mortalidad por pesca total aplicada al stock en el año i.

2.3.5.1. DIAGNOSTICO DEL RECURSO

La situación actual del recurso ha sido evaluada a través de la comparación entre la tasa de explotación actual con la tasa de explotación conservativa $F_i = M$; esto es, se considera un valor de mortalidad por pesca en el año i igual a la tasa de mortalidad natural.

2.3.5.2. EXCEDENTES PRODUCTIVOS ANUALES

Se entiende como Excedente Productivo Anual (EPA) a la cantidad de biomasa requerida para compensar a la que se remueve anualmente por pesca u otras causas de mortalidad.

2.3.5.2.1. METODO SHOT-1

El valor de los excedentes productivos anuales (P_y) se calcula usando una expresión reordenada de la Ecuación 47 (Shepherd, 1991), esto es

$$P_{(y)} = \frac{Y_{(y)}}{\hat{F}_{(y)}} - \frac{h_{(y-1)} Y_{(y-1)}}{\hat{F}_{(y-1)}} \qquad (63)$$

que, naturalmente, es idéntica a $B_{(y)}-h_{(y-1)}*B_{(y-1)}$. La estimación se realiza considerando las capturas, la razón Y/B, y el factor "hang-over".

2.3.5.2.1. METODO DE LA RESPUESTA CIEGA (=BLIND RESPONSE)

Este método fue desarrollado por Chapman *et al.* (1962), utilizando un estimador no-paramétrico, en el cual el

excedente productivo anual (EPA) se como considera la captura (C) más el cambio en biomasa (B) en un año (t), de la forma

$$EPA_t = C_t + B_{t+1} - B_t \qquad (64)$$

En el año más reciente (T) de la serie, el EPA se determina de la razón EPA a biomasa en el año previo, de la forma

$$EPA_T = B_T \frac{EPA_T}{B_{T-1}} \qquad (65)$$

Esto representa la captura que se habría producido en el año t sin cambio de la biomasa. Este método no incorpora aspectos de la dinámica poblacional de la especie en estudio, excepto lo que sucede en términos de biomasa global y captura cada año.

3. RESULTADOS

3.1. CARACTERIZACION BIOLOGICO-PESQUERA DEL STOCK DE *M. magellanicus* Y DE SU PESQUERIA

3.1.1. DESEMBARQUES

Desde el año 1978 hasta 1993, los desembarques anuales de *M. magellanicus* por la flota industrial de cerco de la Octava Región han presentado dos fases claras (Fig. 2): hasta 1986, cuando éstas fueron mínimas o no las hubo; y desde 1987 hasta 1992, cuando se sobrepasó las 100 mil ton, en 1987 y 1990, y las 180 mil ton en 1988, 1989 y 1992. En 1993, los desembarques de la Octava Región alcanzaron a 71899 ton. El aporte total de esta Región a los desembarques nacionales ha sido de 99,8%.

Los desembarques intra-anuales muestran una marcada estacionalidad, con máximos entre octubre y febrero, siendo mínimos en otoño e invierno (Fig. 3). El desembarque anual promedio entre 1987 y 1993 es de 147 mil ton (rango: 72 mil a 192 mil ton).

3.1.2. ESTRUCTURA DE TAMAÑOS EN LOS DESEMBARQUES (Período: 1989 a 1993)

En 1989, el grupo modal de tamaño de *M. magellanicus* se presentó en 45-46 cm de longitud total (LT), en 56-57 cm en 1990, y en 62-64 cm en 1991. En 1992, el grupo modal de tamaño es menos definido, entre 52 y 59 cm, desplazándose en 1993 a 41-42 cm (Fig. 4a). La frecuencia numérica de peces en el desembarque, por tamaño, se entrega en la Tabla 3a.

La distribución de tamaños de *M. magellanicus* en las capturas, por año móvil (desde julio del año *j* hasta junio del año *j+1*), indica que en el año 1989/90 se presentó sólo una gran moda centrada en 44-46 cm de LT (Tabla 3b); en 1990/91 ocurre igualmente una fuerte moda, aunque en 57-58 cm de LT. En el año 1991/92 la distribución es más heterogénea, con modas secundarias en 43-45 cm y 53 cm, y la principal en 64-66 cm de LT. En el año 1992/93, la distribución de tamaños de *M. magellanicus* en las capturas es también heterogénea, sin destacar claramente una moda principal (Fig. 4b).

3.1.3. RELACION LONGITUD-PESO

La relación longitud total (LT; cm)/peso (P; g) es de tipo potencial (Figs. 5a-c) y queda expresada como sigue:

Machos : $P = 0,039 \cdot LT^{2,344}$ (r^2=0,787; n=138)
Hembras : $P = 0,029 \cdot LT^{2,420}$ (r^2=0,857; n=122)
Ambos sexos: $P = 0,033 \cdot LT^{2,387}$ (r^2=0,827; n=260)

Los intervalos de confianza (P<0,05) de los parámetros de la relación longitud-peso son:

	Parámetro a		Parámetro b	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior
Machos :	0,0172	0,0880	2,139	2,549
Hembras :	0,0142	0,0585	2,241	2,598
Ambos sexos :	0,0193	0,0557	2,254	2,520

Tabla 3a. Frecuencia numérica (miles), por longitud, de *M. magellanicus* en los desembarques anuales. Período: 1989-1993.

	A Ñ O				
TALLA	1989	1990	1991	1992	1993
29					92,8
30	263,2			145,6	
31	263,2				417,7
32	7527,2			145,6	558,2
33	9843,3		26,7	524,5	861,1
34	4579,5	244,9	53,3	68,6	2086,7
35	526,4	734,6	133,3	49,6	4981,8
36	1210,7	979,4	26,7	204,4	7341,2
37	1210,7	489,7	147,9	587,6	9441,0
38	4158,4	122,4	133,3	556,7	13806,0
39	9159,0	122,4	213,3	929,3	23852,8
40	23476,5	1407,9	933,2	2217,6	30765,2
41	41215,4		1519,8	4528,0	35517,6
42	55111,8	4468,6	4067,3	8260,3	39474,9
43	69324,0	4101,3	4985,9	10754,0	31940,9
44	79641,0	3489,2	5917,5	17613,0	30247,7
45	86326,0	3060,7	5368,0	17676,1	18714,0
46	82694,0	3550,4	4465,4	18032,4	19013,5
47	57901,6	10345,1	3697,1	16386,2	13528,8
48	49742,7	3428,0	3785,2	17233,9	11359,8
49	43584,1	10345,1	3901,3	17468,4	10376,5
50	25003,0	7223,2	4157,5	18354,6	9372,1
51	20949,9	13895,5	5193,4	16086,4	5626,7
52	17738,9	10100,3	4625,4	20028,2	4996,2
53	12054,1	12365,2	8666,9	20662,9	2877,4
54	8737,9	13099,7	4017,0	15703,0	1538,7
55	8632,6	15609,5	9166,4	20365,3	566,8
56	9053,7	19955,7	8223,9	22337,4	476,7
57	8211,5	19037,4	9667,1	18954,3	118,4
58	6737,6	16956,2	9885,1	20398,1	1095,7
59	6579,7	10039,0	9110,0	19681,9	828,5
60	7685,1	12671,2	12982,1	19070,0	230,5
61	4737,4	9243,3	10171,2	16579,8	181,8
62	3632,0	7284,4	13163,6	15845,2	177,9
63	2158,2	2326,1	13133,0	13494,0	286,0
64	1737,0	1407,9	13991,3	11170,1	170,0
65	1210,7	2509,8	12197,8	8528,2	190,4
66	947,5	3121,9	11281,7	6414,6	204,6
67	947,5	1101,8	10521,3	4067,4	
68	526,4	367,3	8930,8	3480,4	
69	263,2	367,3	8604,6	2885,5	63,3
70		183,6	5316,5	1552,2	
71			5441,2	1260,8	113,9
72			2945,4	489,3	
73			1940,8	652,1	
74			1060,5	367,6	
75			839,3	221,0	
76			800,6	96,9	
77			121,3		
78			26,7	24,8	
79			26,7		
TOTAL	775302,6	225756,0	245584,0	432153,8	333494,3

Tabla 3b. Frecuencia numérica (miles), por longitud, de *M. magellanicus* en los desembarques por año móvil. Período: 1989/90-1992/93.

	AÑO			
TALLA	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93
30	194,9			147,3
31	194,9			
32	5573,6			147,3
33	7288,5		20,4	530,7
34	3780,7		40,9	69,4
35	1559,0		102,2	50,2
36	2455,5		20,4	206,8
37	1676,0		113,4	594,6
38	3274,0		102,2	563,3
39	6976,7		163,5	940,2
40	17578,1	141,9	715,3	2243,8
41	30518,1		1164,9	4581,5
42	32951,5	344,6	3117,6	8357,8
43	52305,7	385,2	3821,7	10881,0
44	61309,1	642,0	4425,5	17820,9
45	65869,3	1040,7	3894,2	17884,8
46	63374,8	662,2	3312,5	18245,3
47	43847,9	2750,4	2393,0	16579,6
48	38196,4	1121,8	2680,9	17437,4
49	32661,8	1953,0	2770,0	17674,6
50	20072,6	1108,3	3076,5	18571,3
51	16291,9	6507,6	2658,5	16276,3
52	14888,8	3926,2	3774,1	20264,6
53	9899,9	7582,1	4990,5	20906,8
54	7444,4	6825,2	1646,7	15888,4
55	6976,7	11738,0	4381,6	20605,7
56	6898,7	11406,9	3879,6	22601,1
57	6275,1	18428,1	3112,8	19178,1
58	5378,7	16508,9	3720,5	20638,9
59	5651,5	11109,6	4338,4	19914,3
60	6859,8	16819,8	5874,0	19295,2
61	3897,6	10629,8	5262,0	16775,6
62	3468,9	9967,5	7665,9	16032,3
63	2377,5	9420,1	7642,4	13653,3
64	2065,7	8899,8	8410,5	11302,2
65	1091,3	3196,4	8578,3	8628,9
66	701,6	2439,5	8096,5	6490,3
67	701,6	2635,5	7403,4	4115,4
68	389,8	1297,5	6514,9	3521,5
69	194,9	2135,4	6044,5	2919,6
70		1277,2	3744,5	1570,5
71		1675,9	3730,0	1275,7
72		419,0	2147,5	495,1
73			1487,6	659,8
74		419,0	702,7	371,9
75			643,3	223,6
76			613,6	98,1
77			92,9	
78			20,4	25,1
79			20,4	
TOTAL	603113,2	175414,7	148133,1	437256,1

3.1.4. TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL (Método del índice gonadosomático relativo, modificado. Criterio del 50%)

Bajo el supuesto que el mayor Indice gonadosomático encontrado ($IGS_{máx}$ = 0,933) correspondía a una hembra de *M. magellanicus* en plena madurez, y aplicando el Método del IGS relativo (Grimes, 1976, *fide* Finucane y Collins, 1984), modificado, se obtuvo un valor de 55,4 cm de LT para la talla de primera madurez sexual (Fig. 6). La relación entre el Indice gonadosomático relativo (IGS_r) y LT (cm) de las hembras queda expresado por

$$IGS_r = -0,971 + 0,027 * LT \qquad (r^2 = 0,515;\ n = 37) \qquad (66)$$

Dado que la relación entre LT e IGS_r es de tipo lineal, entonces el intervalo de confianza (IC) se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$IC = Y_e \pm t_{(\alpha/2;n-2)}\ S_{yx} \qquad (67)$$

donde Y_e es el valor predicho por la recta; $t_{(\alpha/2;n-2)}$ es el valor de la distribución t-Student; S_{yx} es el error estándar de la predicción (Harnett y Murphy, 1987), definido como

$$S_{yx} = S_e \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_g - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}} \qquad (68)$$

donde S_e es el error estándar de la estimación; n es el número de pares de datos de la regresión lineal; x_g es el valor dado

de la variable independiente; x_i es el valor i de la variable independiente; $\hat{u}$ es el valor medio de ella.

Este mecanismo es utilizado para obtener un intervalo de confianza para Y_e (Harnett y Murphy, 1987), dados distintos valores de x_g. Sin embargo, el propósito es inverso, esto es, obtener un intervalo de confianza para x_g. Para tal efecto, se debe identificar aquellos valores tan pequeños y tan grandes alrededor de x_g (LT = 55,4 cm) que dejen de contener el valor de IGS relativo de 0,5 dentro de sus respectivos intervalos de confianza.

En consecuencia, los extremos del intervalo de confianza para la talla de primera madurez sexual es de 53,2 - 57,8 cm ($P<0,01$).

3.1.5. CAPTURAS ANUALES POR ESTRATOS DE EMBARCACIONES

Las embarcaciones de capacidad de bodega superior a 800 m^3 son las que han aportado mayormente los desembarques de *M. magellanicus* (Tabla 4), alcanzando alrededor del 40% promedio anual, respecto del total. El aporte de las embarcaciones menores de 400 m^3 de CB es incidental o no ha existido, en algunos casos; en el período estival, muchas de estas embarcaciones dirigen su esfuerzo a la captura de clupeiformes. Las capturas mensuales de *M. magellanicus*, por estratos de embarcaciones industriales, en el período 1990-1993, se entregan en el Anexo 1.

Tabla 4. Desembarques anuales (ton) de *M. magellanicus* por estratos de capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones industriales de la Octava Región, desde 1990 hasta 1993.

Estrato	Rango CB (m^3)	AÑO 1990	1991	1992	1993
1	100 - 160	259	0	50	8
2	161 - 250	205	5	38	0
3	251 - 300	2136	69	3309	0
4	301 - 400	2845	993	6251	178
5	401 - 500	13024	26100	17332	3444
6	501 - 600	9378	15131	13311	4732
7	601 - 700	28113	41578	68495	18737
8	701 - 800	3348	10941	12824	10256
9	mayor 800	41259	51303	71249	34544
	T o t a l	100567	146120	192859	71899

3.1.6. CAPACIDAD DE BODEGA MOVILIZADA (= ACARREO)

La capacidad de bodega movilizada anual, por estratos de embarcaciones industriales, entre 1990 y 1993, inclusive, señala un importante incremento en los estratos de embarcaciones más grandes, contribuyendo desde 26%, en 1990, hasta 40%, en 1993 (Tabla 5). El estrato de embarcaciones entre 601 y 700 m^3 de CB es el segundo más importante en relación a la capacidad de bodega movilizada, manteniéndose estable en cuanto a su aporte relativo, con valores entre 25% y 28%. La capacidad de bodega movilizada anual por la flota industrial de cerco, por estratos de embarcaciones, para el período 1990-1993, se entrega en el Anexo 2.

Tabla 5. Capacidad de bodega anual movilizada (m^3, en miles), por estratos de capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones industriales de la Octava Región, entre 1990 y 1993.

Estrato	Rango CB (m^3)	AÑO 1990	1991	1992	1993
1	100 - 160	4,6	11,1	24,6	14,4
2	161 - 250	67,4	23,0	28,2	25,1
3	251 - 300	424,6	330,8	307,0	238,1
4	301 - 400	956,2	786,7	759,5	685,8
5	401 - 500	1419,3	1616,8	1533,4	1151,0
6	501 - 600	1203,4	1175,2	1268,1	1373,0
7	601 - 700	3009,8	3385,9	3886,2	3689,6
8	701 - 800	1174,0	1140,3	1260,2	1717,6
9	mayor 800	2892,8	3855,8	4798,2	6032,7
	T o t a l	11152,2	12325,7	13865,4	14927,1

3.1.7. RENDIMIENTO DE PESCA ANUAL

Entre 1990 y 1993, el rendimiento de pesca anual por estratos de embarcaciones industriales, considerando sólo a *M. magellanicus* en las capturas, ha sido muy bajo (Tabla 6), ubicándose alrededor o sobre el 1% en los tres primeros años de la serie analizada, disminuyendo a alrededor de 0,4% en 1993. Las embarcaciones pequeñas presentan rendimientos prácticamente despreciables. Estos valores tan bajos del rendimiento de pesca anual se deben a los nulos o muy bajos desembarques de *M. magellanicus* durante otoño e invierno, justamente cuando los de *T. s. murphyi* son máximos. Sin embargo, al no tomar en consideración el acarreo efectuado por la flota de cerco en otoño e invierno, el rendimiento de pesca aumenta aproximadamente al doble. El rendimiento mensual de pesca, por estratos de embarcaciones industriales de cerco, considerando sólo las capturas de *M. magellanicus* durante el período 1990-1993, se entrega en el Anexo 3.

Tabla 6. Rendimiento de pesca anual (en porcentaje), entre 1990 y 1993, por estratos de capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones industriales de la Octava Región. (i): indeterminado o cercano a cero. (Nota: se considera sólo los desembarques de *M. magellanicus*).

Estrato	Rango CB (m^3)	1990	AÑO 1991	1992	1993
1	100-160	(i)	(i)	0,2	0,02
2	161-250	0,3	0,02	0,1	(i)
3	251-300	0,5	0,02	1,1	(i)
4	301-400	0,3	0,1	0,8	0,3
5	401-500	0,9	1,6	1,1	0,3
6	501-600	0,8	1,3	1,0	0,3
7	601-700	0,9	1,2	1,8	0,5
8	701-800	0,3	1,0	1,0	0,6
9	mayor 800	1,4	1,3	1,5	0,6

3.1.8. PODER DE PESCA RELATIVO ANUAL

El poder de pesca relativo anual (PPR), por estratos de embarcaciones industriales, tiende a incrementarse tanto con el tamaño de las embarcaciones como conforme se avanza en el tiempo hacia el año más reciente (Tabla 7). Complementariamente, los PPR son más bajos en las embarcaciones más pequeñas.

3.1.9. ESFUERZO DE PESCA ESTANDAR ANUAL

El esfuerzo de pesca estándar anual de la flota cerquera industrial de la Octava Región se incrementó fuertemente en el año 1991, hasta 143 embarcaciones estándar, permaneciendo en estos niveles los siguientes años; en 1990, el esfuerzo anual alcanzó a 102 embarcaciones estándar (Tabla 8). Para el período 1990-1993, el esfuerzo de pesca estándar mensual, por

estratos de embarcaciones, se entrega en el Anexo 4; su equivalente sin estandarizar se entrega en el Anexo 5.

Tabla 7. Poder de pesca relativo anual, entre 1990 y 1993, por estratos de capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones industriales de la Octava Región. (i): indeterminado o cercano a cero, en caso de no haber existido capturas o fueron muy bajas.

Estrato	Rango CB (m^3)	AÑO 1990	1991	1992	1993
1	100 - 160	(i)	(i)	0,182	0,067
2	161 - 250	0,333	0,012	0,091	(i)
3	251 - 300	0,556	0,012	1,000	(i)
4	301 - 400	0,333	0,063	0,727	1,000
5	401 - 500	1,000	1,000	1,000	1,000
6	501 - 600	0,889	0,812	0,909	1,000
7	601 - 700	1,000	0,750	1,636	1,667
8	701 - 800	0,333	0,625	0,909	2,000
9	mayor 800	1,556	0,812	1,364	2,000

Tabla 8. Esfuerzo de pesca estándar anual, (f; número de embarcaciones estándar) de la flota industrial de cerco de la Octava Región.

AÑO	f
1990	102
1991	143
1992	146
1993	142

3.1.10. CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO ESTANDAR

Desde 1990 hasta 1993, la captura por unidad de esfuerzo estándar (U) superó las mil ton/embarcación estándar, siendo máxima en 1992, con 1324 ton/embarcación estándar, y

disminuyendo a sólo 509 ton/embarcación estándar en 1993 (Tabla 9). De igual forma, la captura por unidad de esfuerzo estándar promedio (U_{prom}) anual se comportó de manera similar en la serie analizada, con valores parecidos. Para el período 1990-1993, la captura por unidad de esfuerzo estándar mensual, por estratos de embarcaciones, se entrega en el Anexo 6.

Tabla 9. Captura por unidad de esfuerzo estándar (U; ton/embarcación estándar) de la flota industrial de cerco de la Octava Región.

A Ñ O	U	U prom
1990	1007	1013
1991	1025	1050
1992	1324	1256
1993	509	485

3.1.11. MORTALIDAD NATURAL

3.1.11.1. METODO DE PAULY (1980)

La relación empírica utilizada para calcular la mortalidad natural (M; año^{-1}) de *M. magellanicus*, con los parámetros de crecimiento para esta especie informados por Aguayo y Gili (1984) y una temperatura del habitat de 9 grados Celcius, es:

$$\ln(M) = -0,0152 - 0,279\ln(103,2) + 0,6543\ln(0,2171) + 0,463\ln(9) \quad (69)$$

por lo que M = 0,275 año^{-1}.

3.1.11.2. METODO DE RIKHTER Y EFANOV (1976)

La expresión propuesta por Rikhter y Efanov (1976) para el cálculo de M, aplicada a *M. magellanicus*, para una talla de primera madurez de 55,4 cm, y que corresponde a una edad de madurez de 3,7 años, es:

$$M = \frac{1,521}{(3,7)^{0,720}} - 0,155 \qquad (70)$$

por lo que M = 0,435 año^{-1}.

3.1.11.3. METODO DE LA CURVA DE CAPTURA (RICKER, 1975)

Para este caso, se ha utilizado los datos derivados de Pantoja *et al.* (1973; *fide* Avilés *et al.*, 1979), y que han sido reconstituidos idénticamente en las Figs. 7a-c, cuando el stock no se encontraba sometido a explotación, bajo el supuesto que los ejemplares de *M. magellanicus* capturados de Corral al sur, en ese entonces, pertenecían al mismo stock que los especímenes que pudiesen haber sido desembarcados en la Octava Región.

En la Fig. 8 se muestra la frecuencia numérica de *M. magellanicus*, por edad, derivada de la información de tamaños de esta especie (Figs. 7a-c). Posteriormente, el grupo 9+ fue descompuesto mediante progresión simple de las frecuencias numéricas, "ampliándose" la información en siete grupos, de 10 a 16 años (Tabla 10). La regresión logaritmo natural de la frecuencia numérica/edad (Ecuación 21), desde la edad 5 hasta la 14, genera un valor de M = 0,465 año^{-1} (r^2 = 0,95; n = 10).

Tabla 10. Distribución de frecuencias numéricas en *M. magellanicus*, por edad, derivada de las Figs. 7a-c, transformando a edad según la Ecuación 10.

Edad	Frecuencia
1	3942
2	3976
3	1439
4	960
5	85
6	27
7	18
8	7
9	5
10	4
11	3
12	2
13	1
14	1
15	1
16	1
17+	6

3.1.11.4. METODO DE ROBSON Y CHAPMAN (1961)

Dado que en ausencia de pesca, o a inicios de la explotación de un stock, la mortalidad total (Z) equivale a la mortalidad natural (M), entonces, para el caso de *M. magellanicus*, al aplicar el Método de Robson y Chapman (1961; ver Ecuaciones 22 a 25), con la información de la Tabla 10, mediante la codificación de los grupos de edad (Tabla 11), se obtiene los siguientes resultados:

Tasa de sobrevivencia, S = 0,386 año^{-1}
Var(S) = 2,36 * 10^{-5}
Mortalidad natural, M = 0,952 año^{-1}

Tabla 11. Distribución de frecuencias numéricas en *M. magellanicus*, por edad, y codificación para la estimación de la mortalidad natural por el Método de Robson y Chapman (1961); para detalles, ver el texto); nc: no considerado, por ser grupo "plus".

Edad	Frecuencia	Código edad	T
1	3942	-	-
2	3976	0	0
3	1439	1	1439
4	960	2	1920
5	85	3	255
6	27	4	108
7	18	5	90
8	7	6	42
9	5	7	35
10	4	8	32
11	3	9	27
12	2	10	20
13	1	11	11
14	1	12	12
15	1	13	13
16	1	14	14
17+	6	nc	

n = 6536; m = 6; T = 4108

Un resumen de los valores de M calculados para *M. magellanicus* es entregado en la Tabla 12. El valor de M obtenido mediante el Método de Robson y Chapman (1981), muy alto y ampliamente diferente de los otros tres, no fue tomado en consideración en los análisis sucesivos.

Tabla 12. Mortalidad natural (M) calculada para *M. magellanicus*, según cuatro métodos (ver texto para detalles).

METODO	M ($año^{-1}$)
Robson y Chapman (1961)	0,952
Ricker (1975)	0,465
Rikhter y Efanov (1976)	0,435
Pauly (1980)	0,275

En la estimación de M por el método de la curva de captura, se obtuvo un error estándar de 0,0373 $año^{-1}$. En consecuencia, la varianza y coeficiente de variación de M por el método de curva de captura es 0,0014 y 8%, respectivamente.

Los resultados de la aplicación del bootstrap paramétrico, para estimar la varianza de M ya sea por el método de Pauly (1980) como de Rikhter y Efanov (1976), se presenta en la Tabla 13.

Tabla 13. Resumen estadístico del bootstrap paramétrico (Rmax=1000) utilizado para estimar la varianza de la mortalidad natural de *M. magellanicus*, según el método de Pauly (1980) y de Rikhter y Efanov (1976).

Estadísticos	Pauly (1980)	Rikhter y Efanov (1976)
Promedio	0,2975	0,4302
Mediana	0,2748	0,4230
Moda	0,2069	0,4047
Desviación estándar	0,1226	0,0864
Varianza	0,0150	0,0075
Coeficiente de variación	0,4121	0,2008
Valor mínimo	0,0824	0,1421
Valor máximo	1,0045	0,6329

El método de Pauly (1980) genera estimados de M menos precisos que el método de Rikhter y Efanov (1976), y los estimados de M de estos dos métodos son aún menos precisos que el estimado que se basa en la curva de captura. En el caso del método de Pauly, no es de extrañar que el estimado de M sea poco preciso ya que la desviación estándar residual de la ecuación de Pauly es de 0,245 en torno a la regresión, o bien, al realizar la transformación logarítmica (en base 10), la amplitud de los

límites de confianza al 95% es aproximadamente 2,5 veces la estimación central proporcionada por la ecuación. Así, cualquier valor de M extrapolado a partir de la ecuación de Pauly estará sujeto a gran incertidumbre (Gulland y Rosenberg, 1992).

No obstante lo anterior, en el estudio se adoptó una estimación de M que compromete el grado de precisión de los resultados obtenidos con los tres métodos en discusión y obedece a un promedio ponderado por el inverso de la varianza (Tabla 14). En consecuencia, el valor de mortalidad natural en merluza de cola, adoptado en este estudio para análisis posteriores, es $M=0,447$ año^{-1}.

Tabla 14. Estimación de la tasa de mortalidad natural (M) en *M. magellanicus*. Nomenclatura: Var(M) = varianza de M; DE(M) = desviación estándar de M; CV(M) = coeficiente de variación; w_i = inverso de la varianza.

Método	M	Var(M)	DE(M)	CV(M)	w_i
1 Pauly	0,275	0,0150	0,1226	0,412	66,543
2 Rikhter y Efanov	0,435	0,0075	0,0864	0,201	134,053
3 Curva de captura	0,465	0,0014	0,0373	0,080	719,424
Promedio ponderado = 0,447				Suma =	920,021

3.2. EVALUACION INDIRECTA DEL STOCK

3.2.1. ANALISIS ESTRUCTURALES

3.2.1.1. PESO PROMEDIO EN LA CAPTURA, POR EDAD Y AÑO

La matriz de pesos promedio de *M. magellanicus* en la captura, por edad y año móvil, se entrega en la Tabla 15, y son los que se utilizan posteriormente en los análisis estructurales.

Tabla 15. Pesos promedio (Prom., kg) y desviación estándar (D.Est.) de *M. magellanicus* en la captura, por edad y año móvil.

EDAD	1989/90		1990/91		1991/92		1992/93	
(años)	Prom.	D.Est.	Prom.	D.Est.	Prom.	D.Est.	Prom.	D.Est.
1	0,0858	0,0049	0,0856	0,0031	0,0899	0,0062	0,0842	0,0088
2	0,2133	0,0339	0,2266	0,0238	0,2163	0,0285	0,2214	0,0290
3	0,3340	0,0619	0,4314	0,0644	0,3885	0,0709	0,3848	0,0721
4	0,6108	0,0683	0,6203	0,0729	0,6775	0,0813	0,6292	0,0780
5	0,8575	0,0297	0,9126	0,0661	0,9191	0,0753	0,9059	0,0709
6	1,1695	0,0425	1,1389	0,0282	1,1945	0,0515	1,1750	0,0477

3.2.1.2. CAPTURAS EN NUMERO POR EDAD Y AÑO MOVIL

Desde 1989/90 hasta 1992/93, las capturas anuales de *M. magellanicus* por grupo de edad (Tabla 16), han sido sostenidas por los grupos 2 a 4, aunque en cada año ha predominado prácticamente sólo un grupo. La situación desde 1989/90 hasta 1991/92 revela el paso como grupo modal por la pesquería a la cohorte de 1987/88, presentándose como tal en dos de tres años.

3.2.1.3. DESEMBARQUES

En el período de estudio (años móviles 1989/90, 1990/91, 1991/92 y 1992/93), los desembarques totales en peso de *M. magellanicus* oscilaron entre 89 mil y 195 mil ton, y los desembarques en número lo hicieron entre 148 millones y 603 millones de individuos, predominando la fracción de stock 3+ (Tabla 16). En particular, sólo se observó predominancia de peces muy jóvenes en las capturas del año móvil 1989/90.

3.2.1.4. ANALISIS DE PSEUDO-COHORTES

Los principales resultados de los sucesivos arreglos con el Análisis de Pseudo-cohortes, aplicado al stock de *M. magellanicus* se entregan en la Tabla 17 (año móvil 1989/90), Tabla 18 (año móvil 1990/91), Tabla 19 (año móvil 1991/1992) y Tabla 20 (año móvil 1992/93).

Tabla 16. Desembarques de *M. magellanicus*, por edad y año móvil.

GRUPO EDAD (años)	PESO (ton)				NUMERO (miles)			
	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93
1	1137		2	70	13252		20	825
2	75429	729	4541	18252	353628	3217	20994	82440
3	67954	31642	13351	79263	203454	73347	34364	205984
4	19236	55201	40371	83114	31493	88991	59589	132731
5	1103	8615	28559	13188	1286	9440	31072	14558
6+	579	477	2501	845	495	419	2093	719
1+	165437	96665	89324	195131	603608	175415	148133	437256
2+	164300	96665	89322	195061	590356	175415	148113	436431
3+	88871	95936	84781	176809	236728	172198	127119	353991
4+	20917	64294	71430	97546	33274	98851	92754	148007
5+	1682	9093	31059	14032	1781	9859	33166	15276
6+	579	477	2501	845	495	419	2093	719

3.2.1.4.1. ABUNDANCIA DEL STOCK

En los últimos tres años móviles, desde 1990/91 hasta 1992/93, la abundancia numérica del stock 1+ muestra una tendencia creciente (Fig. 9), desde $1,54*10^9$ hasta $3,14*10^9$ individuos, aunque entre 1989/90 y 1990/91 se observó una disminución importante, desde $2,66*10^9$ hasta $1,54*10^9$ individuos (Tablas 17 a 20).

Por otro lado, la fracción de stock 3+, que sostiene la pesquería, también ha mostrado una tendencia creciente de la abundancia (Fig. 9), desde $3,42x*10^8$ individuos en 1989/90, hasta $7,39*10^8$ individuos en 1992/93 (Tabla 21).

Tabla 17. Resultados del Análisis de Pseudo-cohorte aplicado a *M. magellanicus* para el año móvil 1989/90.

EDAD (años)	CAPTURA EN PESO (ton)	CAPTURA EN Nº (miles)	ABUNDANCIA (miles)	BIOMASA (ton)	MORTALIDAD PESCA ($año^{-1}$)
1	1137,0	13251,8	1424300,1	122204,9	0,0116
2	75428,9	353628,4	897466,4	191429,6	0,6485
3	67953,7	203454,2	300090,4	100230,2	1,5860
4	19235,6	31492,5	39294,9	24001,3	2,4751
5	1102,9	1286,2	2114,8	1813,5	1,2753
6	339,7	286,4	377,8	441,9	2,0850
1+	165197,8	603399,5	2663644,5	440121,4	
2+	164060,8	590147,7	1239344,4	317916,5	
3+	88631,9	236519,3	341878,0	126486,9	
4+	20678,2	33065,1	41787,6	26256,7	
5+	1442,6	1572,6	2492,7	2255,4	
6+	339,7	284,4	377,8	441,9	

Tabla 18. Resultados del Análisis de Pseudo-cohorte aplicado a *M. magellanicus* para el año móvil 1990/91.

EDAD (años)	CAPTURA EN PESO (ton)	CAPTURA EN Nº (miles)	ABUNDANCIA (miles)	BIOMASA (ton)	MORTALIDAD PESCA ($año^{-1}$)
1	0,0	0,0	688285,0	59605,5	1,0E-7
2	728,9	3216,6	440188,5	99746,7	0,0091
3	31642,1	73347,4	279662,6	120646,4	0,3866
4	55201,3	88991,3	121490,1	75360,3	1,9026
5	8615,3	9440,4	11591,3	10578,2	2,6195
6	477,2	419,0	540,0	615,0	2,2320
1+	96664,8	175414,7	1541757,5	366552,2	
2+	96664,8	175414,7	853472,5	306946,7	
3+	95935,9	172198,1	413284,0	207200,0	
4+	64293,8	98850,7	133621,4	86553,5	
5+	9092,5	9859,4	12131,3	11193,2	
6+	477,2	419,0	540,0	615,0	

Tabla 19. Resultados del Análisis de Pseudo-cohorte aplicado a *M. magellanicus* para el año móvil 1991/92.

EDAD (años)	CAPTURA EN PESO (ton)	CAPTURA EN Nº (miles)	ABUNDANCIA (miles)	BIOMASA (ton)	MORTALIDAD PESCA ($año^{-1}$)
1	1,8	20,4	667503,8	60008,6	3,79E-5
2	4541,0	20994,2	426725,4	92300,7	0,0628
3	13350,5	34364,2	256192,2	99530,7	0,1806
4	40371,3	59588,6	136742,4	92642,9	0,7463
5	28558,6	31072,3	41460,9	38106,7	2,0207
6	2500,6	2093,4	3515,1	4198,8	1,2270
1+	89323,8	148133,1	1532139,7	386788,4	
2+	89321,9	148112,7	864635,9	326779,8	
3+	84780,9	127118,5	437910,5	234479,1	
4+	71430,4	92754,3	181718,3	134948,4	
5+	31059,1	33165,7	44976,0	42305,5	
6+	2500,6	2093,4	3515,1	4198,8	

Tabla 20. Resultados del Análisis de Pseudo-cohorte aplicado a *M. magellanicus* para el año móvil 1992/93.

EDAD (años)	CAPTURA EN PESO (ton)	CAPTURA EN Nº (miles)	ABUNDANCIA (miles)	BIOMASA (ton)	MORTALI-DAD PESCA ($año^{-1}$)
1	69,5	825,3	1462546,4	123146,4	0,0007
2	18252,1	82436,6	940175,3	208154,8	0,1146
3	79262,6	205984,0	536054,6	206273,8	0,6268
4	83514,2	132730,7	183182,9	115258,7	1,8511
5	13187,8	14557,7	18400,1	16668,6	2,3715
6	844,5	718,7	1098,5	1290,7	1,4710
1+	195130,7	437256,0	3141457,7	670793,0	
2+	195061,2	436430,7	1678911,3	547646,6	
3+	176809,1	353991,1	738736,0	339491,8	
4+	97546,4	148007,1	202681,4	133218,0	
5+	14032,3	15276,4	19498,5	17959,3	
6+	844,5	718,7	1098,5	1290,7	

3.2.1.4.2. BIOMASA DEL STOCK

De manera similar a la abundancia, también se observa un incremento de la biomasa del stock 1+ (Fig. 10), desde 440 mil ton en 1989/90, hasta 671 mil ton en 1992/93, con una leve disminución en el año 1990/91, alcanzando a 367 mil ton. La biomasa de la fracción de stock 3+, que sostiene la pesquería, mostró valores muy similares en los tres primeros años móviles de la serie analizada (entre 126 mil y 235 mil ton), aunque incrementándose a 339 mil ton en el año 1992/93 (Tablas 17 a 20). Un resumen de la biomasa por edad y año móvil se entrega en la Tabla 21.

Tabla 21. Tabla resumen de la abundancia y biomasa de *M. magellanicus*, por edad y año móvil. Análisis de Pseudo-cohorte.

GRUPO EDAD (años)	ABUNDANCIA (número, en miles)				BIOMASA (toneladas)			
	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93
1	1424300	688285	667504	1462546	122205	59606	60009	123146
2	897466	440189	426725	940175	191430	99747	92301	208155
3	300090	279663	256192	536057	100230	120646	99531	206274
4	39295	121490	136742	183183	24001	75360	92643	115258
5	2115	11591	41461	18400	1814	10578	38107	16669
6+	378	540	3515	1096	442	615	4199	1291
1+	2663645	1541758	1532140	3141458	440121	366552	386788	670793
2+	1239344	853473	864636	1679811	317917	306947	326780	547647
3+	341878	413284	437911	738736	126487	207200	234479	339492
4+	41788	133621	181718	202681	26257	86554	134948	133218
5+	2493	12131	44976	19496	2255	11193	42306	17959
6+	378	540	3515	1096	442	615	4199	1291

3.2.1.4.3. MORTALIDAD POR PESCA

En general, la mortalidad por pesca edad específica es alta en la edad 3, y muy alta en las edades mayores (Tablas 17 a 20), superando en algunos casos largamente a la mortalidad natural ($M = 0,447$ año^{-1}), incluso en el grupo de edad 2 en 1989/90. Además, entre años ocurren cambios importantes en la mortalidad por pesca edad específica, lo que se asocia a cambios en la capturabilidad. Sin embargo, estos valores de mortalidad por pesca se deberían no sólo a la acción de la pesca, sino que incluirían también la componente migracional, aunque no es posible separar ambas. Un resumen de los valores de mortalidad, por pesca por edad y año, se entregan en la Tabla 22.

Tabla 22. Resumen de la mortalidad por pesca (F) en *M. magellanicus*, por edad y año. Análisis de Pseudo-cohorte.

EDAD (años)	MORTALIDAD POR PESCA (F; año^{-1}) 1989/90	1990/91	1991/92	1992/93
1	0,0116	1,0E-7	3,79E-5	0,0007
2	0,6485	0,0091	0,0628	0,1146
3	1,5860	0,3866	0,1806	0,6268
4	2,4751	1,9026	0,7463	1,8511
5	1,2753	2,6195	2,0207	2,3715
6	2,0850	2,2320	1,2270	1,4710
Promedio	1,3469	1,1916	0,7062	1,0726

3.2.1.4.4. RECLUTAMIENTO

Este análisis del reclutamiento (peces de 1 año de edad) debe tomarse con cautela, debido a que, por ser un grupo incompletamente reclutado existe alta incertidumbre en la determinación de su abundancia, especialmente en los dos últimos años móviles de la serie. Aparentemente, la abundancia de los reclutas fue de 6,7-6,9*10^8 peces en los años 1990/91 y 1991/92, incrementándose al doble (14,6*10^8 peces) en 1992/93 (Fig. 11; Tablas 17 a 20).

3.2.1.5. ANALISIS DE POBLACION VIRTUAL (APV)

3.2.1.5.1. ABUNDANCIA DEL STOCK

Los resultados de la abundancia, con los sucesivos arreglos aplicando el Análisis de Población Virtual al stock de *M. magellanicus*, con procesos de sintonización, y utilizando como medida de esfuerzo la capacidad de bodega movilizada anual, se

entregan en la Tabla 23.

Tabla 23. Resumen de la abundancia y biomasa de *M. magellanicus*, por edad y año móvil. Análisis de Población Virtual con procesos de sintonización.

GRUPO EDAD (años)	ABUNDANCIA (número, en miles)				BIOMASA (toneladas)			
	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93
1	1157239	2542379	4303808	4842557	99291	220170	386912	407743
2	841099	729601	1625963	2752458	179406	165327	351696	609394
3	505991	264634	464061	1023234	169001	114163	180288	393741
4	68920	166133	111953	269630	42096	103053	75848	169651
5	3111	19817	38228	26035	2668	18085	35135	23585
6+	676	995	5415	1815	790	1133	6468	2132
1+	2577036	3723559	6549428	8915729	493252	621931	1036347	1606246
2+	1419797	1181180	2245620	4073172	393961	401761	649435	1198503
3+	578698	451579	619657	1320714	214555	236434	297739	589109
4+	72707	186945	155596	297480	45554	122271	117451	195368
5+	3787	20812	43643	27850	3458	19218	41603	25717
6+	676	995	5415	1815	790	1133	6468	2132

La abundancia del stock 1+ muestra una fuerte tendencia creciente entre los años móviles 1989/90 ($2,6*10^9$ peces) y 1992/93 ($8,92*10^9$ peces).. Sin embargo, la fracción de stock 3+, que sostiene la pesquería, evidencia un descenso de 22% entre los años móviles 1989/90 ($5,79*10^8$ peces) y 1990/91 ($4,52*10^8$ peces). Por otro lado, la abundancia del stock 3+ en el año 1992/93 ($13,2*10^8$ peces) aparece fuertemente incrementada (113%) respecto del año anterior 1991/92.

Una comparación entre los resultados del Análisis de Pseudo-cohortes (APS-C) y el Análisis de Población Virtual (APV) indica que este último estima menores abundancias del stock 1+ de *M. magellanicus* entre el período 1990/91 y 1992/93 (Tablas 21 y 23), con incrementos que van desde 141,5% para el año 1990/91, y 184% para el año 1992/93, lo que probablemente se debe a la aplicación sobre cohortes verdaderas lo que se

traduce en una mayor abundancia de reclutas de edad 1.

Los valores de abundancia de la fracción de stock 3+, calculados mediante ambas metodologías, presentan diferencias que fluctúan entre 69% en 1989/90 y 79% en 1992/93.

3.2.1.5.2. BIOMASA DEL STOCK

La biomasa del stock (Tabla 23) aparece incrementándose desde 493 mil ton en el año 1989/90, hasta 1,6 millones de ton en el año 1992/93. Esta tendencia creciente de la biomasa es consecuencia del aumento progresivo de la abundancia de reclutas. Por otro lado, la biomasa de la fracción de stock 3+ se incrementa más del doble entre los años 1989/90 (215 mil ton) y 1992/93 (589 mil ton).

Una comparación entre los resultados del Análisis de Pseudo-cohortes (APS-C) y el Análisis de Población Virtual (APV) indica que este último estima menores biomasas del stock 1+ de *M. magellanicus* (Tablas 19 y 21), con valores que van desde +12% para el año 1989/90, y +139% para el año 1992/93, lo que ocurre debido a la tendencia creciente en la cantidad de reclutas de edad 1 por APV. Para la fracción de stock 3+, tales diferencias alcanzan a 70% en el año 1989/90 y 74% en el año 1992/93.

3.2.1.5.3. MORTALIDAD POR PESCA

En general, y al igual que los resultados que emergieron con el Análisis de Pseudo-cohotes (APS-C), los valores de mortalidad por pesca edad específica obtenidos con el Análisis de Población Virtual (APV) son altos en la edad 3, y muy altos en las edades mayores (Tabla 24). De igual forma, se observa

cambios importantes en la mortalidad por pesca edad específica.

Tabla 24 Resumen de la mortalidad por pesca (F) en *M. magellanicus*, por edad y año. Análisis de Población Virtual.

EDAD (años)	MORTALIDAD POR PESCA (F; año^{-1}) 1989/90	1990/91	1991/92	1992/93
1	0,0143	0,0000	0,0000	0,0002
2	0,7094	0,0055	0,0161	0,0378
3	0,6667	0,4133	0,0960	0,2837
4	0,7994	1,0222	1,0117	0,8940
5	0,6929	0,8504	2,6006	1,0983
6	0,7174	0,7108	0,6320	0,6531
Promedio 1+	0,6000	0,5004	0,7261	0,4945
Promedio 3+	0,7191	0,7492	1,0850	0,7323
Esfuerzo	116,5000	114,0000	108,5000	107,6000

Una comparación entre los resultados de la mortalidad por pesca, obtenidos del APS-C y el APV, indica que este último entrega valores más bajos que el primero en las edades 2 y 3, y en algunos casos en la edad 4 (Tablas 22 y 24). Sin embargo, los valores de mortalidad por pesca edad específicos son mucho más bajos en las edades más viejas 5 y 6.

3.2.2. ANALISIS GLOBALES

3.2.2.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CAPTURAS

Las capturas (=desembarques) de *M. magellanicus* presentan una marcada estacionalidad, con máximos en el período estival (Tabla 25).

Tabla 25. Capturas mensuales (ton) de *M. magellanicus*, desde enero de 1987 hasta diciembre de 1993. Fuente: Anuarios Estadísticos de Pesca del SERNAP, excepto para el año 1993, las que provienen del Instituto de Investigación Pesquera.

MES	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Ene.	11205	89024	51530	19665	42767	657	2455
Feb.	3265	9256	40848	35483	13154	2733	2881
Mar.	12	2316	11094	8969	4388	319	650
Abr.	1	150	4972	248	183		
May.	1	1	2		7		
Jun.	4			38	5		
Jul.							
Ago.						598	
Sep.				78		38472	2406
Oct.	3	11239	2171	5642	4662	89924	29409
Nov.	8252	16996	63157	22084	53526	30713	23967
Dic.	91802	63250	35140	8360	27428	29443	10131
Total	114545	192232	209833	100567	146120	192859	71899

A la distribución de capturas mensuales, entre enero de 1987 y diciembre de 1993, se le ajustó un modelo cuya forma es

$$Y_{ei} = EXP[\tau - A\cos(n\pi t + \phi)] \qquad (71)$$

donde τ es la tendencia global de largo plazo, entre 1987 y 1993 (Fig. 12); A es la amplitud; t es el tiempo (meses); π = 3,141593; n, ϕ son constantes. La forma valorizada de esta expresión es

$$Y_{ei} = EXP[\tau - 5,28\cos(23,83263 * 3,141593t + 3,245)] \qquad (72)$$

Complementariamente,

$$\tau = \frac{\ln(\alpha)}{m} \qquad (73)$$

donde α es la tendencia de largo plazo de las capturas

promedio en los períodos en que se registraron capturas (octubre-marzo); m es constante. La forma valorizada de esta expresión es

$$\tau = \frac{\ln(\alpha)}{1,685} \tag{74}$$

Además,

$$\alpha = \beta - \theta\cos(k\pi t + c) \tag{75}$$

donde ß es la tendencia estacional de las capturas medias; 9 representa la variación en amplitud de las capturas medias; t es el tiempo (meses); $\pi = 3,141593$; k, c son constantes. La forma valorizada de esta expresión es

$$\alpha = \beta - \theta\cos(23,965 * 3,141593t + 3,130) \tag{76}$$

Además,

$$\beta = a + bt \tag{77}$$

donde t es el tiempo; a, b son constantes. La forma valorizada de esta expresión es

$$\beta = 20713,68 - 58,064t \tag{78}$$

Finalmente,

$$\theta = s + wt \tag{79}$$

donde t es el tiempo; s, w son constantes. La forma valorizada de esta expresión es

$$\theta = 12000 - 60t \qquad (80)$$

Las capturas mensuales observadas (1987 a 1993) y las capturas mensuales esperadas, con la proyección para 1994, se presentan en la Fig. 13 (r^2 = 0,414; n = 84; p<0,05). Las capturas observadas tienden a disminuir hacia el período estival 1990/91, incrementándose nuevamente hacia el período estival 1992/93, manifestándose una disminución hacia fines del año 1993. De acuerdo a esto, un ciclo de capturas interanuales abarcaría cinco años. Las capturas estimadas para 1994 alcanzan a 115 mil ton (Tabla 26). El análisis de los residuos (Fig. 14) indica que no existe autocorrelación entre los valores observados y esperados de las capturas mensuales (d_{calc} = 1,54; m = 1; α<0,01; n = 84).

Tabla 26. Capturas mensuales estimadas (ton) de *M. magellanicus* para 1994 (intervalos de confianza: 20%).

MES	1994	Intervalo Inferior	Confianza Superior
Ene.	19280	17112	21449
Feb.	2033	1734	2332
Mar.	130	111	149
Abr.	11	9	12
May.	2	2	2
Jun.	2	1	2
Jul.	5	4	6
Ago.	48	41	55
Sep.	716	611	822
Oct.	8333	6165	9558
Nov.	38360	36191	43998
Dic.	45978	43809	52735
Total	114898	105790	131119

3.2.2.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LA CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO

Entre 1990 y 1993, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) presenta una marcada estacionalidad, con máximos en el período estival, y valores casi nulos o nulos entre abril y agosto/septiembre de cada año (Tabla 27).

Tabla 27. Captura por unidad de esfuerzo mensual (ton/embarcación estándar), desde enero de 1990 hasta diciembre de 1993.

MES	1990	1991	1992	1993
Ene.	312,9	548,8	6,2	22,6
Feb.	535,3	132,7	23,5	24,5
Mar.	92,9	51,0	2,6	6,4
Abr.	3,0	2,1		
May.		0,1		
Jun.	0,4	0,1		
Jul.				
Ago.			4,6	
Sep.	0,8		348,6	22,8
Oct.	62,9	52,3	892,6	242,5
Nov.	330,0	763,4	305,8	270,1
Dic.	99,9	379,1	379,0	105,4

A la distribución de la CPUE mensual, entre enero de 1990 y diciembre de 1993, se le ajustó un modelo cuya forma es

$$U_e = EXP[\tau - A\cos(n\pi t + \phi)] \qquad (81)$$

donde τ es la tendencia global de largo plazo, entre 1990 y 1993 (Fig. 15); A es la amplitud; t es el tiempo (meses); π = 3,141593; n, ϕ son constantes. La forma valorizada de esta expresión es

$$U_e = EXP[\tau - 2,600\cos(23,82545*3,141593t + 5,115)] \quad (82)$$

Complementariamente,

$$\tau = \frac{\ln(\alpha)}{m} \quad (83)$$

donde α es la tendencia de largo plazo de la CPUE promedio en los períodos en que se registraron capturas (octubre-marzo); m es constante. La forma valorizada de esta expresión es

$$\tau = \frac{\ln(\alpha)}{1,100} \quad (84)$$

Además,

$$\alpha = \beta - \theta\cos(k\pi t + c) \quad (85)$$

donde ß es una tendencia estacional de las CPUEs; θ representa la variación estacional de las CPUEs; t es el tiempo (meses); $\pi = 3,141593$; k, c son constantes. La forma valorizada de esta expresión es

$$\alpha = \beta - \theta\cos(23,944*3,141593t + 2,90) \quad (86)$$

Además,

$$\beta = a + bt \quad (87)$$

donde t es el tiempo; a, b son constantes. La forma valorizada de esta expresión es

$$\beta = 108,0 - 0,351t \quad (88)$$

Finalmente,

$$\theta = s + wt \quad (89)$$

donde t es el tiempo; s, w son constantes. La forma valorizada de esta expresión es

$$\theta = -49,784 + 0,749t \quad (90)$$

Las CPUEs mensuales observadas (1990 a 1993) y las CPUEs mensuales esperadas, con la proyección para 1994, se presentan en la Fig. 16 (r^2=0,603; n=48; p<0,05). Las CPUEs mensuales esperadas para 1994 se presentan en la Tabla 28. El análisis de los residuos (Fig. 17) indica que no existe autocorrelación entre los valores observados y esperados de las CPUEs mensuales (d_{calc}=1,875; m=1; α<0,05; número de observaciones: 48).

Tabla 28. CPUE mensual estimada para el año 1994 (ton/embarcación estándar). Intervalos de confianza: 20%.

MES	CPUE 1994	Intervalo Inferior	Confianza Superior
Ene.	22,7	17,3	28,1
Feb.	5,1	3,9	6,3
Mar.	1,7	1,3	2,2
Abr.	1,2	0,9	1,5
May.	1,9	1,5	2,4
Jun.	5,9	4,5	7,4
Jul.	26,6	20,2	32,9
Ago.	111,2	83,4	137,7
Sep.	293,8	265,9	363,6
Oct.	379,9	352,0	470,2
Nov.	231,4	203,6	286,5
Dic.	79,8	52,0	98,8

3.2.2.3. METODO SHOT-1

Se ha aplicado el método SHOT en su "forma básica" (SHOT-1), esto es, imponiendo el valor 1 en el índice de reclutamiento. Además, se ha considerado que la diferencia entre G y M (tasa de crecimiento y tasa de mortalidad natural) es cero, por lo que el factor "hang-over" h es sólo $1-F\sim$, siendo $F\sim$ la razón captura/biomasa, por año (relativa a la captura durante el año a la biomasa explotable al comienzo del año). Los años corresponden a años móviles y las biomasas utilizadas provienen de la Tabla 21.

Los valores de biomasa explotable estimados por el método SHOT-1, hasta el año móvil 1991/92 (Tabla 29, penúltima columna), son bastante más bajos que los calculados mediante métodos estructurales como APS-C y APV (ante-penúltima columna), aunque similares, y cercanos a las 600 mil ton, para el año móvil 1992/93. Por otro lado, los valores de capturas estimadas (última columna) son más bajos que los observados (primera columna), en alrededor de 20 a 40%, siendo menor esta diferencia hacia el año más reciente de la serie. La tendencia de la biomasa estimada para los años móviles siguientes (1993/94 y 1994/95) predice valores levemente sobre 400 mil ton, en cambio para el año móvil 1992/93 es de cerca de 600 mil ton. El método SHOT-1 predice desembarques anuales, esperados para los años móviles siguientes, cercanos a las 200 mil ton.

Tabla 29. Resumen de resultados del método SHOT-1 aplicado al stock de *M. magellanicus* (Indice reclutamiento "nulo" = 1; Valor de entrada de G-M=0).

AÑO MOVIL	Y observ (ton)	F-= RAZON Y/B	HANGOVER FACTOR (h)	P "post" (ton)	P "prev" (ton)	SQC est. (ton)	B "post" (ton)	B "prev" (ton)	Y est. (ton)
1989/90	164871	0,409	0,59				403168		
1990/91	96668	0,269	0,73	120589		97449	358887	238297	64187
1991/92	89325	0,180	0,82	234629	177609	118470	496847	439827	79074
1992/93	195136	0,316	0,68	210382	188533	107161	617904	596055	188236
1993/94		0,3 *	0,70 *		222505	199058		630325	189097
1994/95		0,3 *	0,70 *		210382	195483		651609	195483

Y = captura (ton)
B = biomasa explotable (ton)
P = producción = R*w (ton)
R = reclutamiento (en número)
w = peso (ton)
SQC= captura en condición status quo (ton)
* = valores impuestos para hacer la proyección, correspondientes al promedio de la serie.

3.2.3. TASA DE EXPLOTACION

Las tasas de explotación a las que ha estado sometido el stock de *M. magellanicus* son relativamente altas y estables, con valores que fluctúan entre 0,42 y 0,56 (Tabla 30). Nótese que los valores de mortalidad por pesca promedio sobre la fracción 3+ se obtuvieron desde los resultados de APV sintonizado, básicamente porque en son estimaciones que se basan en un algoritmo objetivo. Sin embargo, es muy probable que estos valores de mortalidad por pesca estén fuertemente influenciados por procesos biológicos tales como eventos migracionales, cuyo origen, frecuencia, amplitud y magnitud son desconocidos, por lo que, se postula acá que las verdaderas tasas de explotación deberían ser algo más bajas.

Tabla 30. Mortalidad natural (M), por pesca promedio 3+ (F) y total (Z) de la misma fracción de stock, y tasa de explotación (E), por año móvil. Nota: la mortalidad por pesca edad-específica fue obtenida de la Tabla 24.

Año móvil	M ($año^{-1}$)	F(3+) ($año^{-1}$)	Z(3+) ($año^{-1}$)	E(3+)
1989/90	0,447	0,7191	1,1661	0,42
1990/91	0,447	0,7492	1,1962	0,44
1991/92	0,447	1,0850	1,5320	0,56
1992/93	0,447	0,7323	1,1793	0,43

3.2.4. EXCEDENTES PRODUCTIVOS

3.2.4.1. DERIVADOS DEL METODO SHOT-1

De acuerdo a este método, los excedentes productivos anuales (EPA) presentan una leve tendencia creciente y no han sido sobrepasados por las capturas en ningún año, especialmente en los años móviles 1990/91 y 1991/92 (Fig. 18). En relación a la biomasa del stock, el EPA es una fracción de ésta, entre 0,34 y 0,47 (Tabla 31).

Tabla 31. Capturas (C), excedentes productivos anuales (EPA), biomasa (B) y razón EPA/B. Método SHOT-1.

Año móvil	C (ton)	EPA (ton)	B (ton)	EPA/B
1989/90	164871		403168	
1990/91	96668	120589	358887	0,34
1991/92	89325	234629	496847	0,47
1992/93	195136	210382	617904	0,34

3.2.4.2. DERIVADOS DEL METODO DE LA RESPUESTA CIEGA (=BLIND RESPONSE)

De acuerdo con este método, los excedentes productivos anuales (EPA) presentan una tendencia creciente, alcanzando a aproximadamente 260 mil ton en el año móvil 1992/92, y no han sido sobrepasados por las capturas en ningún año, principalmente en 1990/91 y 1991/92 (Fig. 19). La razón EPA a biomasa ocurre entre 0,30 y 0,65 (Tabla 32).

Tabla 32. Excedentes productivos anuales (EPA) y razón EPA/B. Método de la "respuesta ciega", en base a la biomasa estimada con SHOT-1.

Año móvil	EPA (ton)	EPA/B (ton)
1989/90	120589	0,30
1990/91	234629	0,65
1991/92	210382	0,42
1992/93	261641	0,42

Al comparar los resultados de EPA producidos por los métodos SHOT-1 (Tabla 31) y de la "respuesta ciega" (Tabla 32), queda de manifiesto una aparente inconsistencia, debido a que los valores de EPA se encuentran desplazados un año en el primero. Ello se debe a que el método SHOT (Shepherd, 1991) considera al reclutamiento ocurriendo hacia el final del año, lo que es equivalente a decir que ocurre exactamente a comienzos del siguiente, transformándose en un problema de interpretación y de graficación. Las Ecuaciones 59 (Método SHOT) y 60 (Método de la Respuesta Ciega) son, en la práctica, absolutamente equivalentes, con un año de desfase. Además, el primero de estos métodos no permite producir un estimado de EPA para el año más reciente de la serie, en cambio el segundo método sí.

4. DISCUSION

4.1. GENERALIDADES

En 1992, el desembarque nacional de *M. magellanicus* fue de 214 mil ton. En ese año, *M. magellanicus* fue el tercer recurso pelágico en los desembarques de la flota de cerco, después de *T. s. murphyi* y *S. bentincki*, representando el 5,7% del total desembarcado de peces pelágicos en esta zona, ubicándose levemente por sobre los de *E. ringens*. Además, casi todo el desembarque anual de *M. magellanicus* ocurre desde fines de primavera hasta el verano, cuando los de *T. s. murphyi* alcanzan su nivel mínimo (Arancibia *et al.*, 1994). Todo esto hace que *M. magellanicus* sea considerado un recurso pesquero de oportunidad.

4.2. ANTECEDENTES BIOLOGICOS

4.2.1. DISTRIBUCION DE TAMAÑOS Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA

La distribución de tamaños de *M. magellanicus* en los desembarques interanuales aparece bastante heterogénea. En efecto, en algunos años se revela la presencia de una fuerte moda principal y en otros no ocurre una clara segregación de tamaños (Figs. 4a y 4b; Tablas 3a y 3b). En ambos casos, el rango de tamaños es extenso, aunque no sobrepasa los 70 u 80 cm de longitud total (LT), como límite superior; es decir, los ejemplares de mayor tamaño capturados de merluza de cola en la VIII Región alcanzan a cerca de 75% de la longitud asintótica (LT_∞ = 103,2 cm).

Entonces, ¿a qué se debería la diferencia entre el mayor tamaño de *M. magellanicus* observado en los desembarques y, por

ejemplo, el 95% de LT_{∞}? ¿Podría haber efectos en las evaluaciones de la abundancia del stock?

Para responder lo anterior, se puede tomar como referencia el caso de otros recursos pesqueros conocidos. Por ejemplo, *T. s. murphyi* presenta una amplia distribución geográfica, cubriendo el Hemisferio Sur de la Cuenca del Pacífico (Grechina, 1982), aunque las principales capturas ocurren en áreas geográficamente reducidas del margen oriental de este océano (Arancibia y Cubillos, 1993; Arancibia *et al.*, 1994), con una fuerte segregación de tamaños por región (Grechina *et al.*, en revisión), producto de intensos procesos migracionales, que en los ejemplares más grandes se manifiesta en una componente neta norte-sur y oeste-este (Grechina, 1992).

Para el caso de *M. magellanicus*, que nos preocupa, las equivalencias pueden ser: (1) amplia distribución geográfica, cubriendo desde Argentina por el Océano Atlántico, hasta Chile central por el Océano Pacífico; y (2) capturas que ocurren en una pequeña zona (desde un poco más al sur de Isla Mocha hasta Corral), respecto del área de distribución de la especie. Además, (3) no aparecen en las capturas ejemplares grandes, lo que (4) podría ser reflejo de una segregación por tamaños de los ejemplares más grandes, debido a eventos migracionales que se desconocen.

La ausencia de ejemplares grandes de *M. magellanicus* en las capturas puede tener como efecto la sobre-estimación de la mortalidad total y, complementariamente de la mortalidad por pesca, lo que traería como consecuencia incertidumbres en las evaluaciones de la abundancia del stock. Sin embargo, ello no es posible de solucionar por ahora y se deberá trabajar en el futuro cercano sobre la base de los resultados con los que se cuente, teniendo presente que las consideraciones aquí

expuestas deberían ser respondidas con estudios futuros.

4.2.2. MORTALIDAD NATURAL

En este trabajo, los estimados de mortalidad natural de *M. magellanicus* en los que se utilizó un segmento la curva de captura se han basado en información histórica de muestreos comunicados por Pantoja *et al.* (1973, fide Avilés *et al.*, 1979), para el área Corral-Isla Guamblín, cuando esta especie no se encontraba sometida a explotación. En consecuencia, el supuesto implícito es que esas capturas efectuadas, en esa área, representaban también la situación del área donde ocurren las actuales capturas (Isla Mocha-Corral). Otro supuesto es que la pesquería opera sobre un solo stock.

De los cuatro métodos utilizados en el presente trabajo para la estimación de la mortalidad natural, M (ver Tabla 11), se retuvo los resultados de los dos métodos bioanalógicos, *i.e.* Rikhter y Efanov (1976) y Pauly (1980); y uno que utiliza la curva de captura (Ricker, 1975), se estimó el grado de precisión de cada una de estas estimaciones de M y a través de un promedio ponderado por el inverso de las varianzas de M, se fijó el valor M = 0,447 año^{-1}. Se descartó el resultado de M producido por el método de Robson y Chapman (1961), debido a su alto valor (M = 0,952 año^{-1}), largamente diferente de los otros tres.

Ojeda *et al.* (1986) comunicaron valores de mortalidad natural anual para *M. magellanicus* entre 0,21 y 0,30, en el caso de la aplicación de métodos bioanalógicos; y entre 0,62 y 0,69, en el caso de los métodos que utilizan un segmento de la curva de captura. Estos últimos valores de mortalidad natural son mucho más altos, en especial si se tiene presente que *M.*

magellanicus es una especie de gádido; como tal, es razonable esperar valores de mortalidad natural similares o comparables a los de merluza común (*Merluccius gayi gayi*). Por ejemplo, Arancibia y Cubillos (1993b) han informado un valor de mortalidad natural de 0,3 año^{-1} para *M. g. gayi* de Chile central.

Por otro lado, *M. magellanicus* es considerada más bien una especie pelágica que demersal, como que lo captura la flota de cerco, aunque también aparece como fauna acompañante en pescas de arrastre sobre la plataforma continental (Arancibia, 1993). En este caso, también es razonable aceptar que la mortalidad natural de *M. magellanicus*, incluso siendo gádido, sea algo mayor a la de *M. gayi*. Ello conduce a aceptar, entonces, el valor de mortalidad natural calculado en el presente trabajo, y que es de 0,447 año^{-1}.

4.3. CAPTURAS, ESFUERZO Y CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO

En los últimos cuatro años, las capturas anuales promedio de *M. magellanicus* han sido de alrededor de 125 mil ton, aunque para el último año se observa una fuerte disminución (72 mil ton), respecto del año 1992 (*ca.* 200 mil ton). La principal contribución a las capturas de *M. magellanicus* por parte de la flota se debe a las embarcaciones industriales de capacidad de bodega superior a 600 m^3 (Tabla 4), lo que se acentúa entre octubre y marzo de cada temporada de pesca (Anexo 1); el resto participa de manera incidental en las capturas, y las embarcaciones más pequeñas dirigen el esfuerzo a los clupeidos en el período estival (Cubillos y Arancibia, 1993).

Los rendimientos anuales de pesca de la flota industrial sobre *M. magellanicus*, por estratos de embarcaciones, aparecen

siendo extraordinariamente bajos, con valores alrededor de 1% (Tabla 6). Sin embargo, el análisis mensual por estratos de embarcaciones (Anexo 3) supera el 3%, pudiendo llegar en casos puntuales a 10% (caso de octubre de 1992, en el estrato de embarcaciones entre 601 y 700 m^3 de capacidad de bodega).

Entre los años 1990 y 1993, el esfuerzo de pesca estándar anual se incrementó en 39%, desde 102 hasta 142 embarcaciones estándar (Tabla 8), similar en términos relativos al 34% de incremento de la capacidad de bodega movilizada anual, desde 11,1 millones hasta 14,9 millones de m^3 (Tabla 5). Dado que las capturas de *M. magellanicus* se incrementaron entre los años 1990 y 1992, inclusive, la consecuencia es que la captura por unidad de esfuerzo estándar anual (CPUE) se ubicó cercana a mil ton/embarcación estándar en los años 1990 y 1991, y aumentó fuertemente en 1992 (1.324 ton/embarcación estándar). Sin embargo, en 1993 la CPUE disminuyó fuertemente, a 509 ton/embarcación estándar, debido al efecto combinado del alto nivel del esfuerzo de pesca, pero mayormente a causa de la drástica disminución de las capturas, probablemente debido a una fuerte disminución de la disponibilidad.

Lo anterior permite postular que la CPUE no debería ser considerada una buena medida de la abundancia relativa del stock de *M. magellanicus*. Además, la trayectoria de la CPUE no se compatibiliza ni con la trayectoria de la abundancia anual ni con la biomasa anual de la fracción de stock 3+ de *M. magellanicus* (Tabla 21 y 23). La fuerte disminución de la CPUE en 1993, respecto de 1992, podría deberse, entonces, a la menor disponibilidad del recurso por eventos migracionales.

4.4. EVALUACION INDIRECTA DEL STOCK

4.4.1. ABUNDANCIA, BIOMASA Y ANALISIS ESTRUCTURALES

En el presente estudio, se reconoce que una fuente de sesgo en los análisis estructurales, esto es, Análisis de Pseudo-cohorte (APS-C) y Análisis de Población Virtual (APV), ha sido no contar con claves edad-talla para *M. magellanicus*, con el propósito de estimar la composición de edades en el desembarque a partir de la estructura de tallas, con lo que no se ha internalizado la variabilidad interanual en la estructura del stock. Además, la distribución de frecuencias de tamaños de *M. magellanicus* en los desembarques anuales, años calendario o móviles, no ha permitido identificar consistentemente "grupos anuales" a través del análisis de progresiones modales, sea por la presencia de prácticamente una sola gran moda (caso del año 1989/90), o por la distribución altamente heterogénea (caso del año 1992/93). Debido a lo anterior, la solución para componer la estructura de edades de *M. magellanicus* en el desembarque ha sido asignar edades "punto a punto", a partir de la longitud de los peces, utilizando la Ecuación General de Crecimiento de von Bertalanffy reordenada (Ecuación 10).

En relación a los estimados de abundancia de la fracción de stock 3+ de *M. magellanicus* en el mar, que sostiene las capturas, tanto con el APS-C como con el APV (sintonizado) se ha calculado valores cercanos a los 340 y 450 millones de peces para los años 1989/90 y 1990/91, respectivamente (Tablas 21 y 23). Para el año 1992/93, la abundancia 3+ se incrementa, por sobre 700 millones de peces (según APS-C) o los 1 millon de peces (según APV). En consecuencia, por ambos métodos las estimaciones de la abundancia del stock 3+ de *M. magellanicus* parecen ser consistentes. Sin embargo, aunque ambas metodologías generan resultados de abundancia creciente de la

misma fracción de stock, éstos son bastante diferentes en magnitud. La desventaja del APS-C radica en su aplicación vertical, aunque ésto se puede corregir con índices de esfuerzo y/o de reclutamiento, permanece implícito los posibles errores en la estimación de los datos de captura por edad. Por el contrario, la aplicación del APV se realiza siguiendo la historia de las verdaderas cohortes en su paso por la pesquería. Además, al incorporar procesos de sintonización se evita la elección subjetiva de los valores de mortalidad por pesca para la edad más vieja en cada año. En consecuencia, la evaluación con APV sintonizado adquiere mayor relevancia en las estimaciones de la abundancia de merluza de cola, aunque se debe tener presente que las estimaciones para el(los) último(s) año(s), siempre estarán sujetas a una mayor incertidumbre.

La biomasa de la fracción de stock 3+ de *M. magellanicus*, se estimó en alrededor de las 200 mil toneladas entre 1989/91 y 1991/92; para el año 1992/93 la biomasa habría aumentado fuertemente, hasta unas 550 mil ton.

En general, entonces, la abundancia de la fracción de stock 3+ de *M. magellanicus* fue entre 450 a 600 millones de peces hasta 1991/92, aumentando a más de 1000 millones en el año 1992/93. Pero, ¿qué abundancia habría ocurrido en el año 1993/94?

Esta pregunta no tiene una respuesta trivial. En efecto, existe un fuerte problema con el tratamiento de la información debido a que las capturas en el año 1993/94 disminuyeron a cerca de 66 mil ton. (En rigor, sólo las capturas del segundo semestre de 1993, ya que durante el primer semestre de 1994 han sido casi nulas), lo que muy probablemente se debe a una menor disponibilidad, y no a una fuerte caída de la abundancia o la biomasa.

4.4.2. SITUACION DEL STOCK Y EXCEDENTES PRODUCTIVOS

La situación del stock es de fuerte explotación, aunque no se evidencia signos de sobre-explotación. En efecto, la mortalidad por pesca edad específica supera consistentemente a la mortalidad natural a partir de la edad 3 (Tabla 22 y 24), y largamente a la mortalidad por pesca de la fracción de stock 3+ (Tabla 30), lo que tiene como consecuencia altas tasas de explotación anuales.

En todo caso, avala la afirmación que el stock no se encuentra sobreexplotado el hecho que los excedentes productivos anuales no han sido sobrepasados por las capturas (Tablas 31 y 32; Figs. 18 y 19). Además, los excedentes productivos anuales muestran una tendencia creciente en el período de 1989/90 a 1992/93, en cambio las capturas presentaron una tendencia descendente hasta 1991/92, repuntando en 1992/93, para descender nuevamente en 1993/94 hasta unas 66 mil toneladas.

Probablemente, el stock de *M. magellanicus* se encuentra en alguna medida protegido "naturalmente" de una explotación muy fuerte, debido a que (1) la flota cubre sólo una pequeña fracción del área de distribución de la especie (= ¿stock?), (2) las principales capturas ocurren sólo durante un semestre (primavera y verano), y (3) aparentemente ocurren eventos migracionales durante una parte del año que hacen disminuir la disponibilidad y accesibilidad del recurso. Por lo tanto, una drástica disminución de las capturas, como en el año móvil 1993/94, sería un signo de esto último y no de una situación desmejorada del stock.

5. CONCLUSIONES

1. *M. magellanicus* es un recurso pesquero de oportunidad para la flota industrial de cerco de la Octava Región, apareciendo en las capturas sólo en el período estival.

2. La talla de primera madurez de las hembras de *M. magellanicus* ha sido determinada en 55,4 cm de longitud total, límite de confianza [53,2;57,8].

3. Las capturas anuales totales de *M. magellanicus* son altamente variables, aunque aparentemente predecibles, siguiendo ciclos supra-anuales. Sin embargo, para probar esto se requiere varios años más de información.

4. La estructura de tamaños de *M. magellanicus* en los desembarques inter-anuales es bastante heterogénea, cambiando rápidamente el grupo modal.

5. Se ha fijado la tasa instantánea de mortalidad natural anual de *M. magellanicus* en 0,447 $año^{-1}$.

6. Las embarcaciones que contribuyen mayormente a las capturas de *M. magellanicus* son las de capacidad de bodega superior a 600 m^3; esto debido a su mayor autonomía y a que las zonas de pesca se ubican a mayor distancia de los puertos base de la Octava Región, especialmente hacia el sur.

7. Análogo al desembarque anual de *M. magellanicus*, la CPUE anual es altamente variable, debido a las propias capturas y a la participación de distinto número de embarcaciones en cada período estival. Consecuentemente,

la CPUE no debería ser considerada como una medida de la abundancia relativa del stock.

8. La abundancia promedio anual de la fracción de stock capturable 3+, estimada por APV, es de 743 millones de individuos. La biomasa promedio anual de esta fracción de stock alcanza a 334 mil toneladas.

9. La mortalidad por pesca edad-específica aparece bastante alta a partir de la edad 3, superando largamente a la mortalidad natural. Sin embargo, ello se debería no sólo a la acción de la pesca, sino que incluiría una componente migracional.

10. La situación del stock de *M. magellanicus* es de fuerte explotación, aunque no se evidencia signos de sobre-explotación.

11. En efecto, los excedentes productivos anuales de *M. magellanicus* no han sido sobrepasados por las capturas, en ninguno de los años analizados.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguayo, M. 1976. Estudio de la edad y crecimiento de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Lönnberg 1907) (Gadiformes-Gadidae). Serie Inv. Pesq. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile, 19: 46 p.

Aguayo, M. & R. Gili. 1984. Edad y crecimiento de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Lönnberg) (Gadiformes-Gadidae). Invest. Pesq. (Chile) 31: 47-57.

Arancibia, H. 1993. Pre-Informe Final Proyecto Evaluación Directa del stock de Merluza Común en la Zona Centro-Sur. Sección Fauna Acompañante. Instituto de Fomento Pesquero/Instituto de Investigación Pesquera Octava Región, 29 p. + 60 figs.

Arancibia, H. & L. Cubillos. 1993a. Análisis de la pesquería industrial regional de cerco, dinámica poblacional y situación del recurso jurel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 2, Núm. 1, 23 págs. + 27 figs.

Arancibia, H. & L. Cubillos. 1993b. Evaluación del stock de merluza común (*Merluccius gayi*) de Chile centro-sur en el período 1975-1991, por análisis de población virtual. Investigaciones Marinas, Valparaíso, 21:23-41.

Arancibia, H., L. Cubillos, L. Vilugrón & D. Arcos. 1994. Dinámica poblacional del jurel, *Trachurus symmetricus murphyi*, y análisis de la pesquería industrial de cerco de la zona centro sur, Chile (1993). Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 3, Núm. 1, 26 p. + 22 figs.

Arancibia, H., R. Alarcón & L. Cubillos. 1994. Pronósticos de corto plazo de las capturas de jurel (*Trachurus symmetricus murphyi* Nichols, 1920) en la zona central de Chile para 1994. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 3 Núm. 2.

Astudillo, A. & J.F. Caddy. 1986. Periodicidad de los desembarcos de merluza (*Merluccius merluccius*) y salmonete (*Mullus sp. sp.*) en la Isla de Mallorca. En Int. Symp. Long Term Changes Mar. Fish Pop., Vigo 1986., 221-234.

Avilés, S., M. Aguayo & J. Cañón. 1979. Merluza de cola *Macruronus magellanicus*, Lönnberg. Teleostomi Gadiformes Gadidae. En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Vol. I. Peces. CORFO/IFOP (AP 79 18): 26 p.

Bahamonde, N. 1953. Alimentación de la huelca o huaica (*Macruronus magellanicus* Lönnberg, 1907). Rev. Invest. Zool. Chilenas, I(10): 5-7.

Beverton, R.J.H. & S.J. Holt. 1957. On the dynamics of the exploited fish populations. Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food, G.B. (19): 533 p.

Butterworth, D.S., G. Hughes & F. Strumpfer. 1990. VPA with *ad hoc* tuning: implementation for disaggregated fleet data, variance estimation, and application to namibian stock of cape horse mackerel *Trachurus trachurus capensis*. S. Afr. J. Mar. Sci. (9): 327 - 357.

Chapman, D.G., R.J. Myhre & G.M. Southward. 1962. Utilization of Pacific halibut stocks, Estimation of maximun sustaintable yield, 1960. Int. Pac. Halibut Comm., Sci. Rep. No 31, 35 p.

Cubillos, L. & H. Arancibia. 1993. Análisis de la pesquería de sardina común y anchoveta del área de Talcahuano, situación actual y perspectivas. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 2 Núm. 2.

Efron, B. 1982. The jacknife, the bootstrap and other resampling plans. SIAM Monograph Nº 38

Efron, B. 1985. Bootstrap confidence intervals for a class of parametric problems. Biometrika 72(1):45-58

Finucane, J.H. & L.A. Collins. 1984. Reproductive biology of cero, *Scomberomorus regalis*, from the coastal waters of South Florida. Northeast Gulf Science. Vol. 7, No 1, 101-107.

Grechina, A.S. 1992. Historia de investigaciones y aspectos básicos de la ecología del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en alta mar del Pacífico Sur. H. Arancibia y L. Cubillos (Eds.). Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 1, Núm. 2: 47 p. + 21 figs.

Grechina, A.S., H. Arancibia & L. Cubillos. (En revisión). Length composition of horse mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols), in the South Pacific Ocean.

Gulland, J.A. 1965. Estimation of mortality rates. Annex to Arctic Fisheries Working Group Report ICES C.M. Doc. 3 (Mimeo).

Gulland, J.A. & A.A. Rosenberg. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO Documento Ténico de Pesca Nº 323, 112 p.

Harnett, D.L. & J.L. Murphy. 1987. Introducción al análisis estadístico. Addison-Wesley Iberoamericana, S.A., Delaware, E.U.A., 711 p.

Hilborn, R. & C.J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics & uncertainty. Chapman & Hall, London, 570 p.

MacLennan, D.N., J.G. Shepherd, J.G. Pope & H. Gislason. 1992. Fishing mortality and the variation of catches: a time series approaches. ICES J. mar. Sci., 49: 425-430.

Mesnil, B. 1980. Theorie et pratique de l'analyse des cohortes. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit. 44(2): 119-155.

Mesnil, B. 1989. Computer programs for fish stock assessment. ANACO: software the analysis of catch data by age group on IBM PC and compatibles. FAO Fish. Tech. Pap. 101(3), 73 p.

Ojeda, V., T. Peñailillo & M. Aguayo. 1986. Estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural de algunas especies demersales explotadas en la zona sur austral de Chile (*Merluccius australis*, *Macruronus magellanicus* y *Genypterus blacodes*). En: La pesca en Chile. P. Arana (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV: 121-125.

Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. ICES, 39(2): 175-192.

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM Stud. Rev., (8): 325 p.

Pope, J.G. & J.G. Shepherd. 1982. A simple method for the consistent interpretation of virtual population analysis of catch-at-age data. J. Cons., Cons. Int. Explor. Mer, (40): 176-184.

Ricker, W.E. 1975. Computations and interpretations of biologistatistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Canada (191): 382 p.

Rikhter, V.A. & V.N. Efanov. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. ICNAF Res. Doc., 76/VI/8: 12 p.

Robson, D.S. & D.G. Chapman. 1961. Catch curves and mortality rates. Trans. Am. Fish. Soc., 90(2): 181-189.

Saila, S., C. Recksiek & M. Prager. 1988. Basic Fishery Science Programs: A compendium of microcomputer programs and manual of operation. Elsevier Science Pub. B.V., 203 p.

Shepherd, J.G. 1991. Simple methods for short-term forecasting of catch and biomass. ICES J. mar. Sci, 48: 67-78.

Toledo, I. 1991. Análisis biológico-pesquero del recurso merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg, 1907) de la zona centro-sur de Chile. Informe de Práctica Profesional para optar al Título de Biólogo Marino, Universidad de Concepción: 27 p. + 17 figs.

7. ANEXOS

ANEXO 1. Captura industrial de *M. magellanicus* (ton) por estrato de capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones de cerco.

1990 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160			215							7		
161-250			205									
251-300	178	1009	377	3							62	507
301-400	642	1532	6							151	378	136
401-500	3933	5205	569	69						218	2166	864
501-600	492	920	811							1468	3939	1748
601-700	5994	12309	2112	130		38			78	1437	3357	2558
701-800	125	2059	873							229	44	18
> 800	8301	12449	3664	46						2070	11693	3036

1991 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160												
161-250						5						
251-300	22										47	
301-400	425	68	46	13						441		
401-500	5233	991	287	170						1217	13093	5109
501-600	4002	1556	581								5141	3851
601-700	13407	4114	1049			38			78	1594	13784	7623
701-800	1759	1155	857							167	4011	2992
> 800	17919	5270	1568							1243	17450	7853

1992 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160									43	7		
161-250									38			
251-300	123							127	2091	728	183	57
301-400	146	50							2237	2894	903	21
401-500	80	206							6451	7326	1801	1468
501-600									1826	5867	2413	3025
601-700	114	1372	107						11066	32245	10386	10205
701-800	30	253							772	6246	2237	3286
> 800	164	852	212					471	13948	31611	12790	11201

1993 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160	3											
161-250												
251-300												
301-400	1778	27									140	
401-500	27	851							171	632	1505	191
501-600	127									1881	1357	1035
601-700	301	535	300						688	7599	6341	2187
701-800	69	559	350						62	4127	3208	1701
> 800	150	909							1485	15170	11416	5017

ANEXO 2. Capacidad de bodega movilizada (=Acarreo, m^3) de la flota industrial de cerco por estrato de capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones de cerco.

1990 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160					1200	2240			2940			1200
161-250				4080	7600	12360	14360	7400	400	8200	9600	3360
251-300		14400	48390	61050	58770	70680	73620	44010	11730	13560	20310	8100
301-400	97300	98350	106050	99050	80150	84000	88200	69650	48300	64050	58450	62650
401-500	135015	128590	149430	129170	112245	129295	145885	130545	102000	93245	84900	79015
501-600	71070	82340	120040	104140	94040	104650	116310	115540	95180	87260	104220	108650
601-700	258145	242285	278610	270005	252355	271475	263485	256815	231845	241600	208550	234060
701-800	103850	116060	150810	112900	96340	108990	104750	92530	89370	47400	46550	104480
> 800	256578	239368	295656	273954	220264	268638	228750	214500	161650	222600	247450	263400

1991 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160		2240	1350	1500	3370	260		1680	420	140		140
161-250	240	170	2000	1000	5540	200	4010	5310				4560
251-300	10800	6750	7020	29130	56880	59670	57780	46680	26160	14220	6540	9210
301-400	70700	90300	67490	86770	80850	85750	97300	67200	25550	35700	36050	43050
401-500	136170	136420	136485	146220	142895	133160	180110	152485	110955	93425	144440	104075
501-600	104700	114420	114400	133210	102000	105940	123660	102270	67480	59240	69670	78180
601-700	284000	257830	282345	289040	269445	296050	326715	324120	289460	280285	241270	245360
701-800	116650	106260	109240	133770	93890	103320	119040	108570	75890	62560	49920	61200
> 800	312450	306150	337175	368870	217625	322431	411052	394381	285476	316777	252924	230474

1992 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160		1030	2070	4120	1200	1540	680	4820	3940	700	2660	1820
161-250		3080	600	2940	2200		4800	5580	4200	3840		960
251-300	9390	8760	1470	19320	30720	35430	47400	34290	36210	41850	30030	12150
301-400	49000	71750	42700	75600	58800	68600	87850	68600	72450	91350	60550	12250
401-500	120780	140860	126990	149060	104855	135930	209895	189755	114575	87330	95565	57855
501-600	114770	120660	122300	104830	88830	97530	134760	119020	94780	94210	92240	84190
601-700	298575	326955	397955	364170	310510	342800	399040	360115	288885	350035	239575	207600
701-800	105210	138380	133000	108250	89360	102950	140690	99510	87430	116240	69140	70040
> 800	298375	392925	450228	393006	385528	386687	543110	498436	412043	435807	358659	243355

1993 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160	3240	520	7670	1620	140			600	560			
161-250	5280		1260	180		4560	2090	4900	1610		5170	
251-300	39660	18810	18450	33480	24600	24510	18210	21150	9780	16410	13080	
301-400	75950	65550	66150	77000	56700	82950	60200	79800	50400	31500	33600	5950
401-500	120310	105370	104590	116580	88290	107210	117940	139520	96520	62790	67465	24395
501-600	100090	121860	122660	118630	113760	127790	136040	148330	119130	103610	85580	75480
601-700	295500	316460	394350	328850	297850	285500	354990	388000	317200	277850	252950	180100
701-800	121960	127450	125060	107230	100080	116420	191600	230370	174800	154930	161280	106430
> 800	363223	485616	529407	543153	476904	504544	623421	698022	541190	532332	424080	310815

ANEXO 3. Rendimiento mensual de la flota que capturó *M. magellanicus* (%) por estrato de capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones de cerco. (*) : < 0,1%.

1990 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160												
161-250												
251-300		7,0	0,8	*						0,5	2,5	
301-400	0,7	1,6	*							0,2	0,6	0,2
401-500	2,9	4,0	0,4	0,1						0,2	2,6	1,1
501-600	0,7	1,1	0,7							1,7	3,8	1,6
601-700	2,3	5,1	0,8	*		*			*	0,6	1,6	1,1
701-800	0,1	1,8	0,6							0,5	0,1	*
> 800	3,2	5,2	1,2	*						0,9	4,7	1,2

1991 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160												
161-250						2,5						
251-300	0,2										0,7	
301-400	0,6	0,1	0,1	*						1,2		
401-500	3,8	0,7	0,2	0,1						1,3	9,1	4,9
501-600	3,8	1,4	0,5								7,4	4,9
601-700	4,7	1,6	0,4		*					0,6	5,7	3,1
701-800	1,5	1,1	0,8							0,3	8,0	4,9
> 800	5,7	1,7	0,5							0,4	6,9	3,4

1992 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160									1,1	1,0		
161-250									0,9			
251-300	1,3							0,4	5,8	1,7	0,6	0,5
301-400	0,3	0,1							3,1	3,2	1,5	0,2
401-500	0,1	0,1							5,6	8,4	1,9	2,5
501-600									1,9	6,2	2,6	3,8
601-700	*	0,4	*						3,8	10,1	4,3	4,9
701-800	*	0,2							0,9	5,4	3,2	4,7
> 800	0,1	0,2	*					0,1	3,4	7,3	3,6	4,6

1993 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160	0,1											
161-250												
251-300												
301-400	2,3	*									0,4	
401-500	*	0,8							0,2	1,0	2,2	0,8
501-600	0,1									1,8	1,6	1,4
601-700	0,1	0,2	0,1						0,2	2,7	2,5	1,2
701-800	0,1	0,4	0,3						*	2,7	2,0	1,6
> 800	*	0,2							0,3	2,8	2,7	1,6

ANEXO 4. Esfuerzo estándar (número emb. estándar) de la flota industrial por estrato de capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones de cerco. (*) : < 0,1.

1990 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160					*	0,4			8,5			0,9
161-250				0,6	0,9	1,5	1,3	1,2	0,7	1,2	1,0	2,1
251-300		2,4	6,7	7,8	6,0	8,5	8,4	9,5	7,1	4,7	4,8	0,7
301-400	11,4	10,8	14,0	13,7	11,1	10,0	13,0	11,6	13,2	20,0	5,4	12,8
401-500	13,0	14,0	14,0	15,0	14,0	15,0	16,0	16,0	15,0	14,0	11,0	12,0
501-600	5,9	7,5	12,6	9,5	10,8	10,8	10,4	10,3	12,1	14,5	12,5	12,5
601-700	17,4	16,6	22,6	16,6	16,8	21,3	16,9	17,3	26,8	18,9	11,0	20,5
701-800	5,0	4,6	9,0	6,8	5,0	6,9	6,1	7,9	6,8	4,2	0,8	6,9
> 800	10,2	10,4	17,7	11,8	8,6	11,2	10,6	13,8	10,6	12,1	20,5	15,2

1991 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160		4,5	3,0	2,3	1,8	2,3		1,5	1,1	0,8		1,6
161-250	0,2		1,2	2,6	2,0	1,2	0,6	1,4				2,4
251-300	3,5	4,3	3,3	6,8	8,4	8,6	7,2	7,0	6,8	3,8	4,0	5,4
301-400	16,3	19,3	16,0	14,0	10,7	11,3	12,1	10,8	8,8	10,8	5,7	12,3
401-500	14,0	15,0	16,0	15,0	17,0	16,0	20,0	19,0	17,0	13,0	17,0	13,0
501-600	8,2	10,3	9,5	11,7	10,3	11,6	15,9	9,9	9,4	9,3	9,2	6,3
601-700	19,2	24,0	18,5	16,7	20,1	22,3	24,8	24,6	24,0	31,5	19,4	17,9
701-800	4,8	7,1	5,2	7,4	5,9	6,2	6,7	5,1	4,6	4,5	3,3	2,8
> 800	11,7	14,6	13,3	12,4	14,9	16,1	17,9	18,0	14,9	15,3	11,6	10,7

1992 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160		4,3	5,2	4,0	0,4	0,5	3,9	5,2	5,2	0,3	1,8	0,6
161-250		6,0	1,7	1,6	0,4		0,8	3,6	2,8	0,7		0,3
251-300	20,2	11,0	7,4	6,5	5,5	6,7	8,9	5,9	9,0	5,5	7,7	5,9
301-400	20,6	15,4	8,8	10,7	10,7	10,8	13,6	11,7	13,2	7,2	12,5	1,9
401-500	13,0	17,0	14,0	16,0	16,0	15,0	21,0	21,0	18,0	11,0	12,0	11,0
501-600	8,3	11,5	14,3	11,0	11,4	12,1	11,8	13,6	11,8	10,9	12,4	9,2
601-700	22,4	27,7	37,7	27,5	26,7	31,7	28,1	34,8	24,2	31,9	25,3	22,8
701-800	6,4	6,8	8,9	6,7	7,9	8,1	7,4	7,9	5,4	7,3	5,7	6,7
> 800	15,0	16,9	24,8	19,2	20,6	24,2	22,8	27,1	20,9	25,9	23,1	19,3

1993 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160	4,0	4,3	3,9	1,2	0,8			1,0	0,8			
161-250	1,0		0,7	0,9		0,8	0,8	1,0	2,4		0,2	
251-300	7,5	20,1	10,0	6,8	6,1	3,5	2,4	4,8	0,9	4,0	3,2	
301-400	15,6	19,2	12,0	13,4	13,2	8,6	5,7	10,6	8,9	8,8	9,2	2,8
401-500	14,0	13,0	13,0	13,0	12,0	14,0	13,0	15,0	12,0	10,0	9,0	5,0
501-600	11,6	10,1	11,0	11,0	14,8	13,8	15,1	12,9	13,2	10,3	8,0	14,6
601-700	25,0	21,7	25,3	25,2	32,1	26,7	32,5	33,3	26,2	25,9	19,5	23,3
701-800	9,6	8,1	7,5	7,7	11,8	12,3	14,2	16,3	13,4	20,7	11,3	15,9
> 800	20,4	21,0	18,8	23,3	29,0	27,1	36,2	38,8	27,9	41,4	28,3	34,5

ANEXO 5. Esfuerzo no estándar (n° embarcaciones) de la flota industrial de cerco por estrato de capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones de cerco.

1990 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160					1	2			2			1
161-250			1	3	3	3	3	3	1	2	2	2
251-300		2	8	12	11	13	13	13	7	3	5	2
301-400	11	12	12	13	13	12	12	12	11	11	10	9
401-500	13	14	14	15	14	15	16	16	15	14	11	12
501-600	6	9	9	9	10	10	10	10	9	9	9	10
601-700	17	18	20	20	20	20	20	20	20	20	17	18
701-800	7	7	8	7	7	7	7	7	7	5	4	8
> 800	12	13	13	13	13	13	12	12	10	13	13	14

1991 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160		3	2	2	3	2		2	2	1		1
161-250	1	1	1	3	4	1	2	2				1
251-300	5	3	3	9	12	13	10	9	7	5	4	4
301-400	12	14	12	14	13	13	14	12	8	9	5	7
401-500	14	15	16	15	17	16	20	19	17	13	17	13
501-600	9	9	9	10	9	10	13	9	8	7	8	7
601-700	20	19	20	19	21	23	23	23	24	25	21	19
701-800	7	7	7	8	7	7	7	7	6	5	5	4
> 800	14	15	15	15	15	16	18	18	16	16	12	13

1992 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160		3	3	6	1	2	3	6	5	1	2	1
161-250		4	1	3	2		1	2	2	1		1
251-300	10	7	3	8	8	9	10	7	9	7	7	6
301-400	11	13	9	11	12	11	12	11	11	11	11	4
401-500	13	17	14	16	16	15	21	21	18	11	12	11
501-600	9	9	9	9	9	9	10	11	10	9	10	8
601-700	21	22	25	26	25	25	25	25	25	24	21	18
701-800	7	8	8	7	7	7	7	7	7	7	5	5
> 800	16	16	19	19	19	19	21	21	21	20	20	15

1993 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160	5	3	7	3	1			2	1			
161-250	1		1	1		1	2	2	2		3	
251-300	9	11	8	7	7	9	6	7	3	4	4	
301-400	13	14	11	13	13	14	13	13	11	7	7	2
401-500	14	13	13	13	12	14	13	15	12	10	9	5
501-600	9	10	9	10	11	11	11	10	12	10	9	9
601-700	21	22	25	23	24	23	25	24	22	21	20	18
701-800	7	8	8	7	8	9	11	12	12	12	10	10
> 800	21	22	21	23	23	24	27	27	27	27	25	21

ANEXO 6. Captura por unidad de esfuerzo mensual (ton/emb. estándar) por estrato de capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones de cerco.

1990 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160												
161-250												
251-300		420,1	56,7	0,4						13,3	106,6	
301-400	56,3	141,6	0,4							7,5	70,6	10,6
401-500	302,5	371,8	40,6	4,6						15,6	196,9	72,0
501-600	84,0	122,2	64,5							100,9	314,4	139,5
601-700	344,8	712,7	98,1	7,8		1,8			2,9	76,0	303,8	124,6
701-800	24,8	447,6	97,2							54,3	57,0	2,6
> 800	817,0	1201,4	206,7	3,9						171,3	571,3	199,4

1991 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160						4,2						
161-250												
251-300	6,3										11,8	
301-400	26,0	3,5	2,9	0,9						40,7		
401-500	373,8	66,1	17,9	11,3						93,6	770,2	393,0
501-600	489,4	150,6	61,1								560,6	609,8
601-700	699,2	171,2	56,6		0,3					50,6	712,2	426,4
701-800	364,2	163,3	165,2							36,8	1220,3	1058,1
> 800	1532,2	360,9	117,9							81,2	1499,3	735,7

1992 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160									8,3	26,8		
161-250									13,5			
251-300	6,1							21,7	233,3	131,8	23,8	9,7
301-400	7,1	3,3							169,9	403,5	72,3	10,9
401-500	6,2	12,1							358,4	666,0	150,1	133,5
501-600									154,7	537,2	194,7	348,0
601-700	5,1	49,5	2,8						456,9	1105,1	411,0	447,2
701-800	4,7	37,3							144,2	850,6	393,0	492,9
> 800	10,9	50,5	8,6					17,4	668,7	1220,6	553,3	579,3

1993 ESTRATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
100-160	0,7											
161-250												
251-300												
301-400	113,9	1,4									15,2	
401-500	1,9	65,5							14,3	63,2	167,2	38,2
501-600	10,9									182,5	169,8	70,9
601-700	12,0	24,6	11,8						26,3	292,9	324,5	93,7
701-800	7,2	69,2	46,6						4,6	199,5	283,7	106,9
> 800	7,4	43,3							53,3	366,0	403,2	145,4

8. FIGURAS

EDAD	A Ñ O S						
(t)	Yn	Yn-1	Yn-2	...	Y2	Y1	Y
1	Rn	Rn-1	Rn-2	...	R2	R1	R
2							
.							
.							
.							
k							
Esfuerzo	Un	Un-1	Un-2	...	U2	U1	U

Figura 1. Estructura de una pseudo-cohorte y concepto de equilibrio.

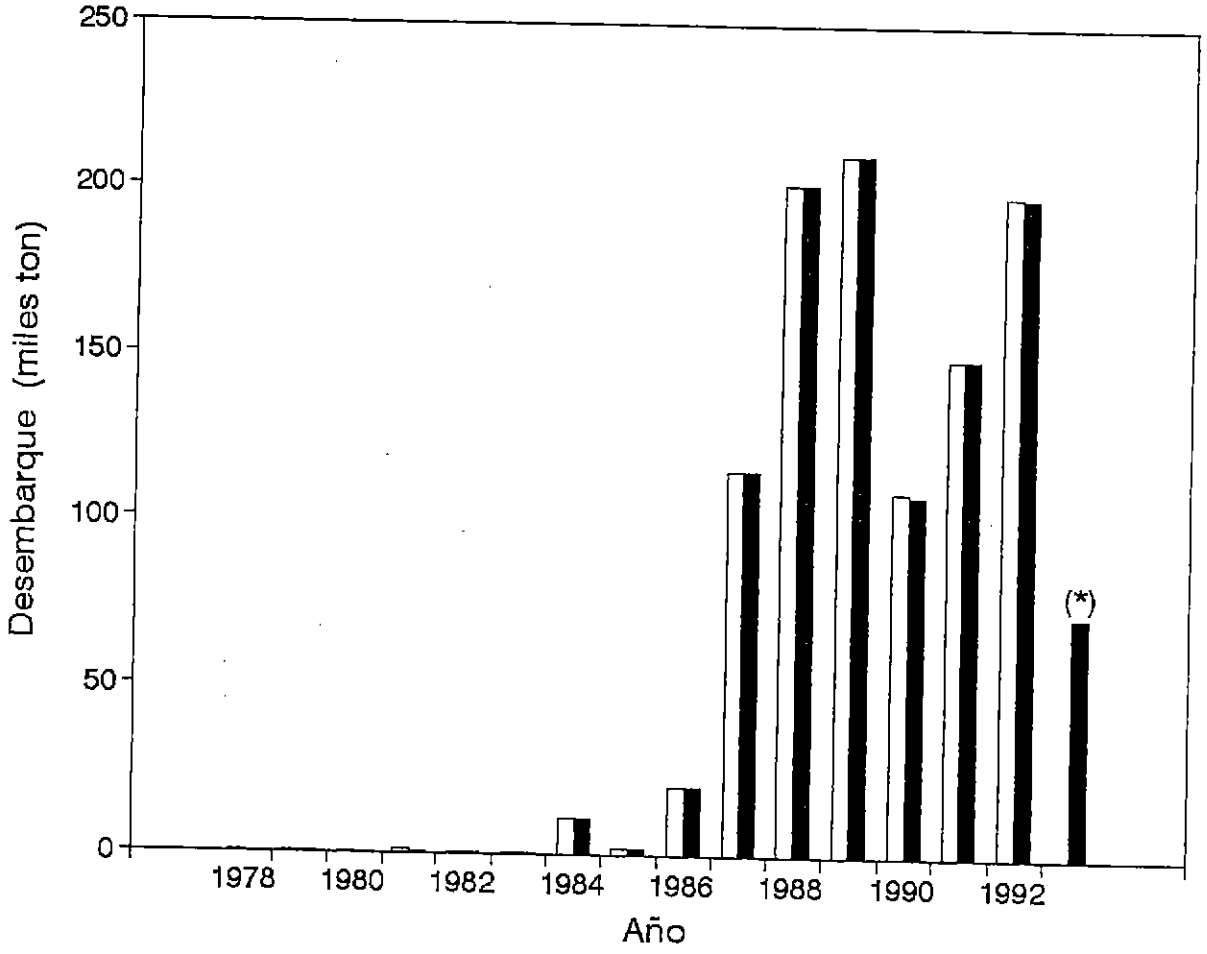

Figura 2. Desembarques anuales de *M. magellanicus* a nivel nacional (barras blancas) y de la Octava Región (barras negras). (*) valor aproximado definido de los registros de INPESCA; el resto definido de Anuarios Estadísticos del SERNAP.

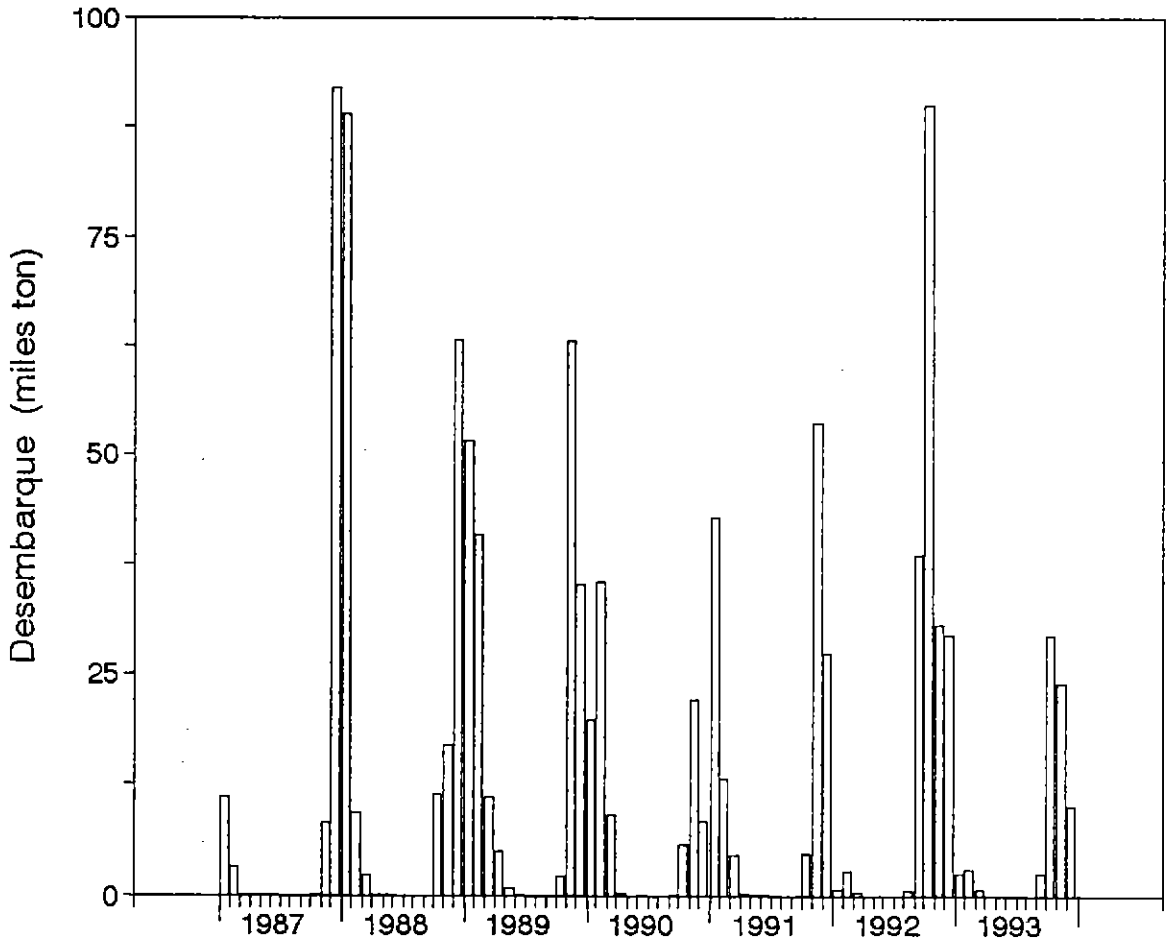

Figura 3. Desembarques mensuales de *M. magellanicus* entre enero de 1987 y diciembre de 1993.

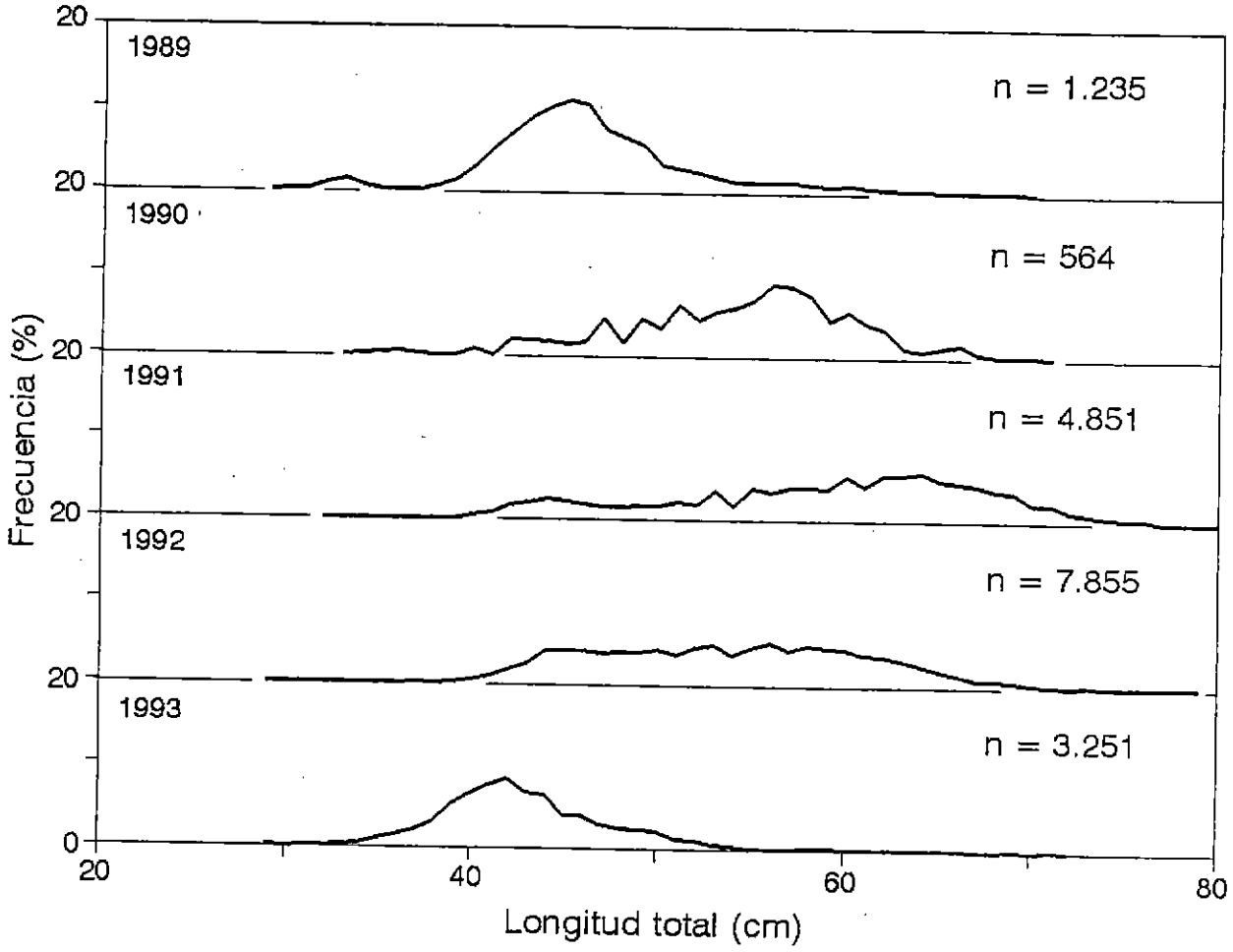

Figura 4a. Distribución de frecuencias de tamaño de *M. magellanicus* (porcentaje) en el desembarque anual desde 1989 a 1993.

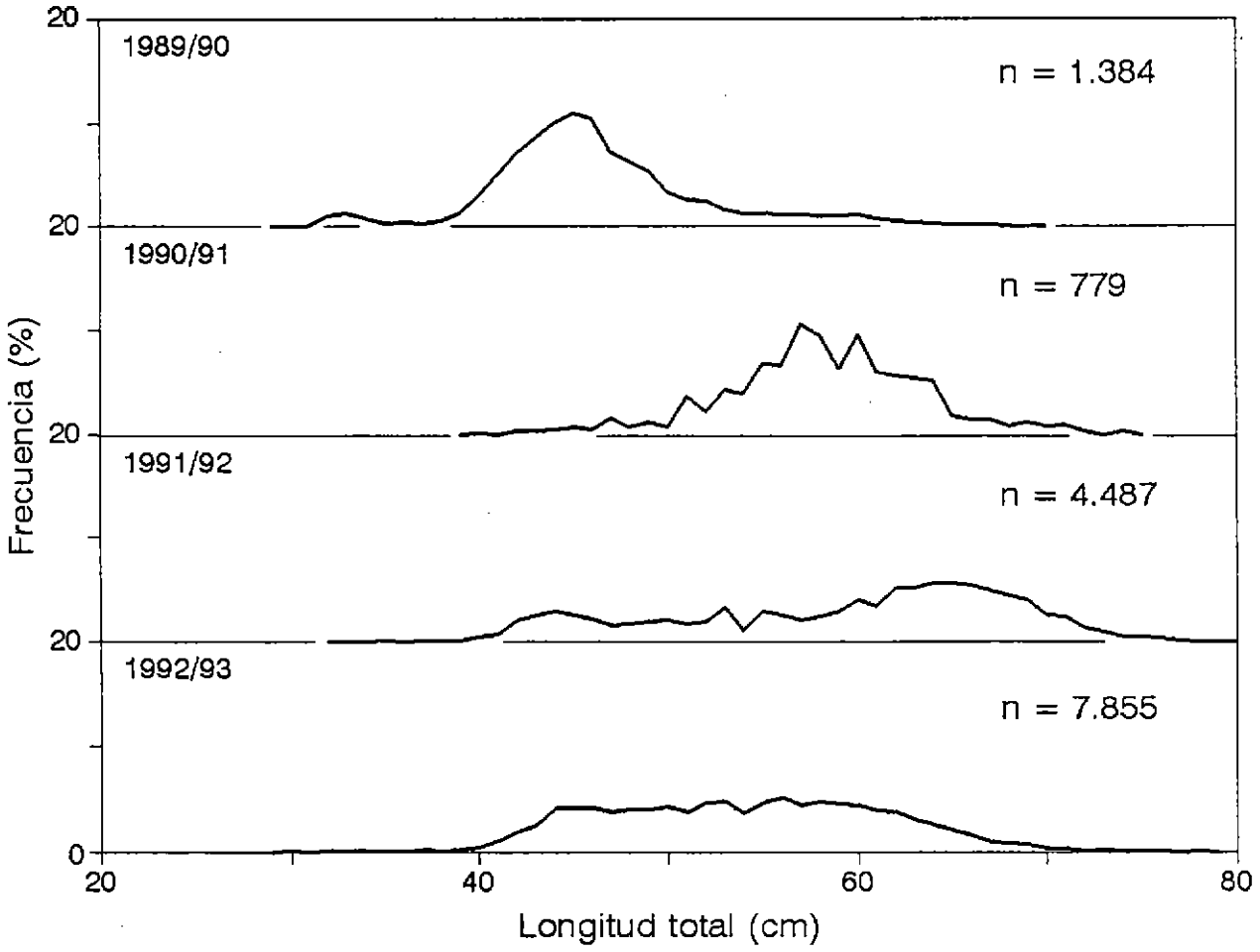

Figura 4b. Distribución de frecuencias de tamaño de *M. magellanicus* (porcentaje) en el desembarque por año móvil.

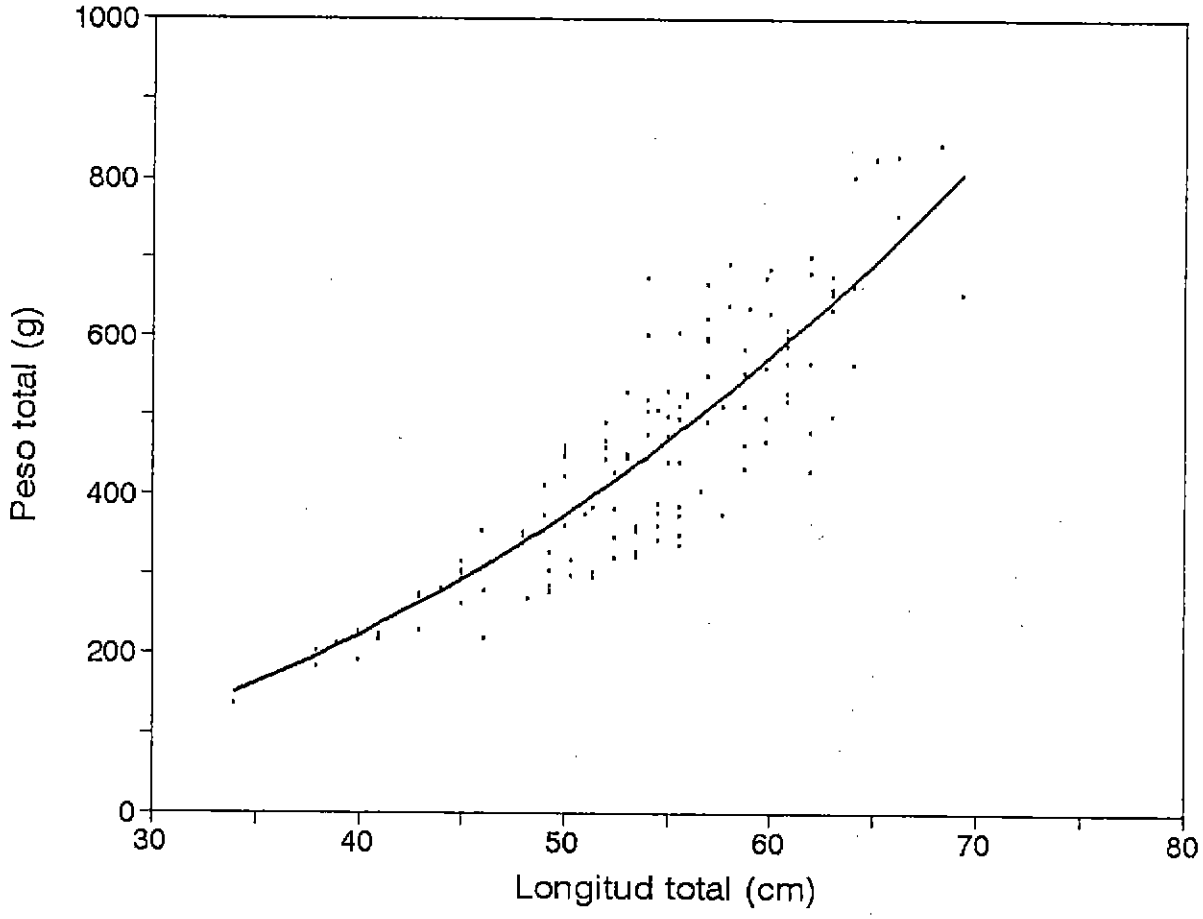

Figura 5a. Relación longitud/peso para machos de *M. magellanicus* (r^2 = 0,787; n = 138).

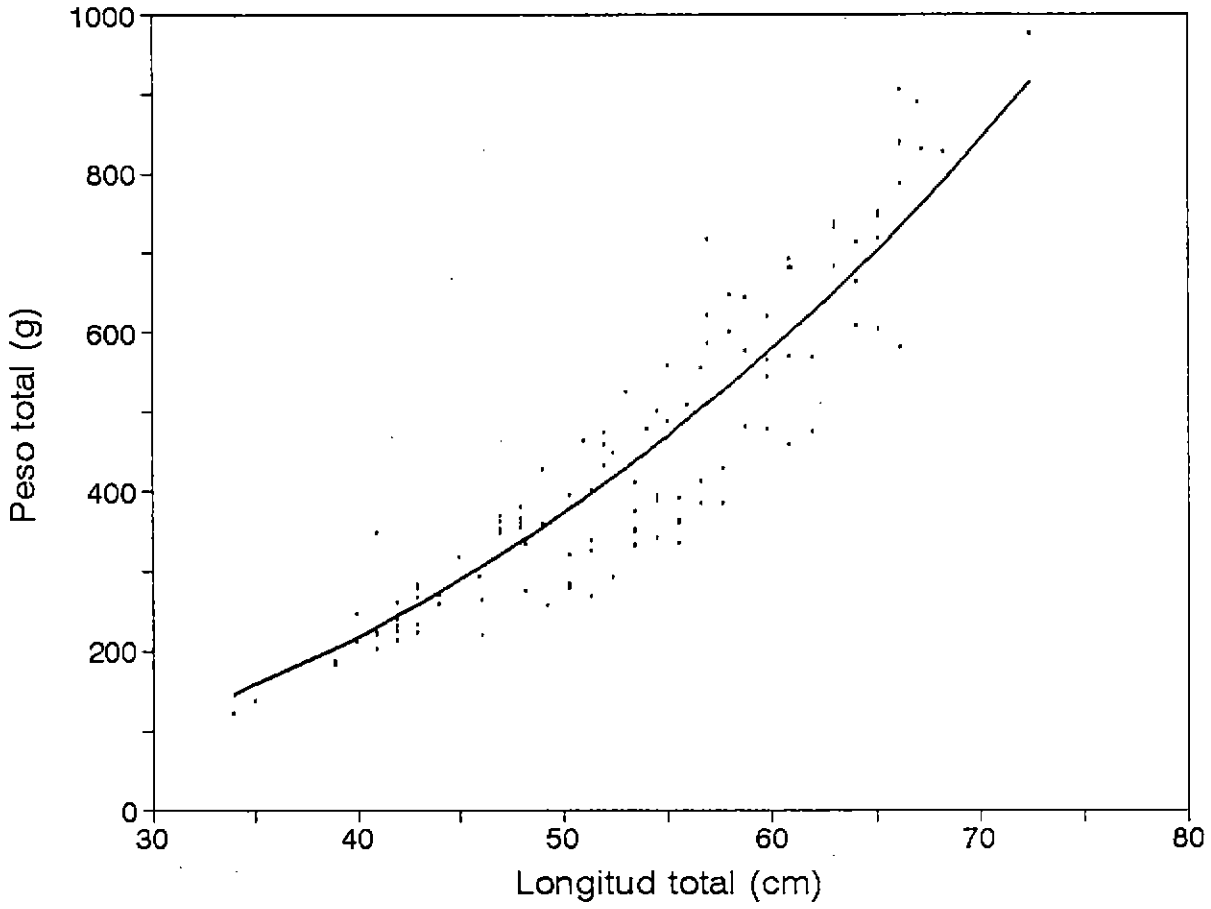

Figura 5b. Relación longitud/peso para hembras de *M. magellanicus* (r^2 = 0,857; n = 122).

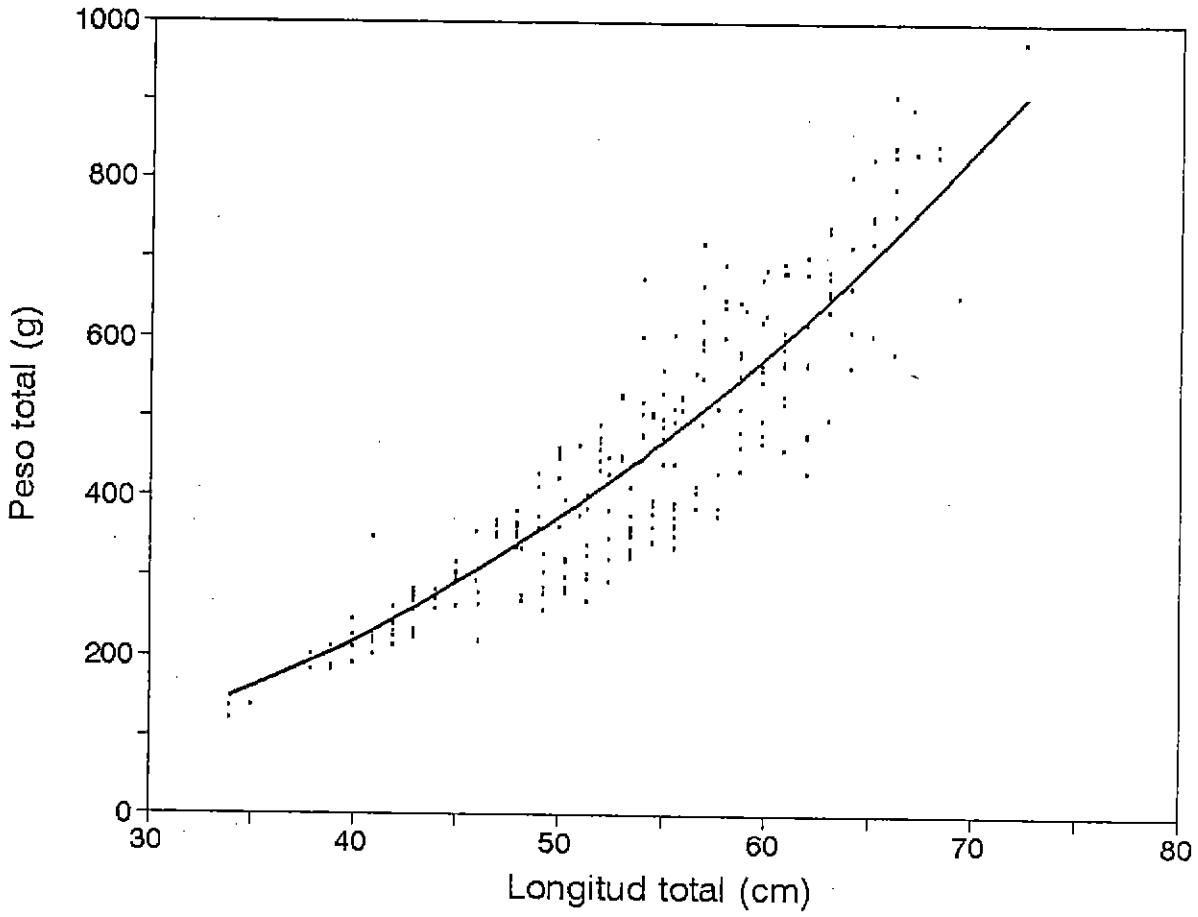

Figura 5c. Relación longitud/peso para ambos sexos (combinados) de *M. magellanicus* (r^2 = 0,827; n = 260).

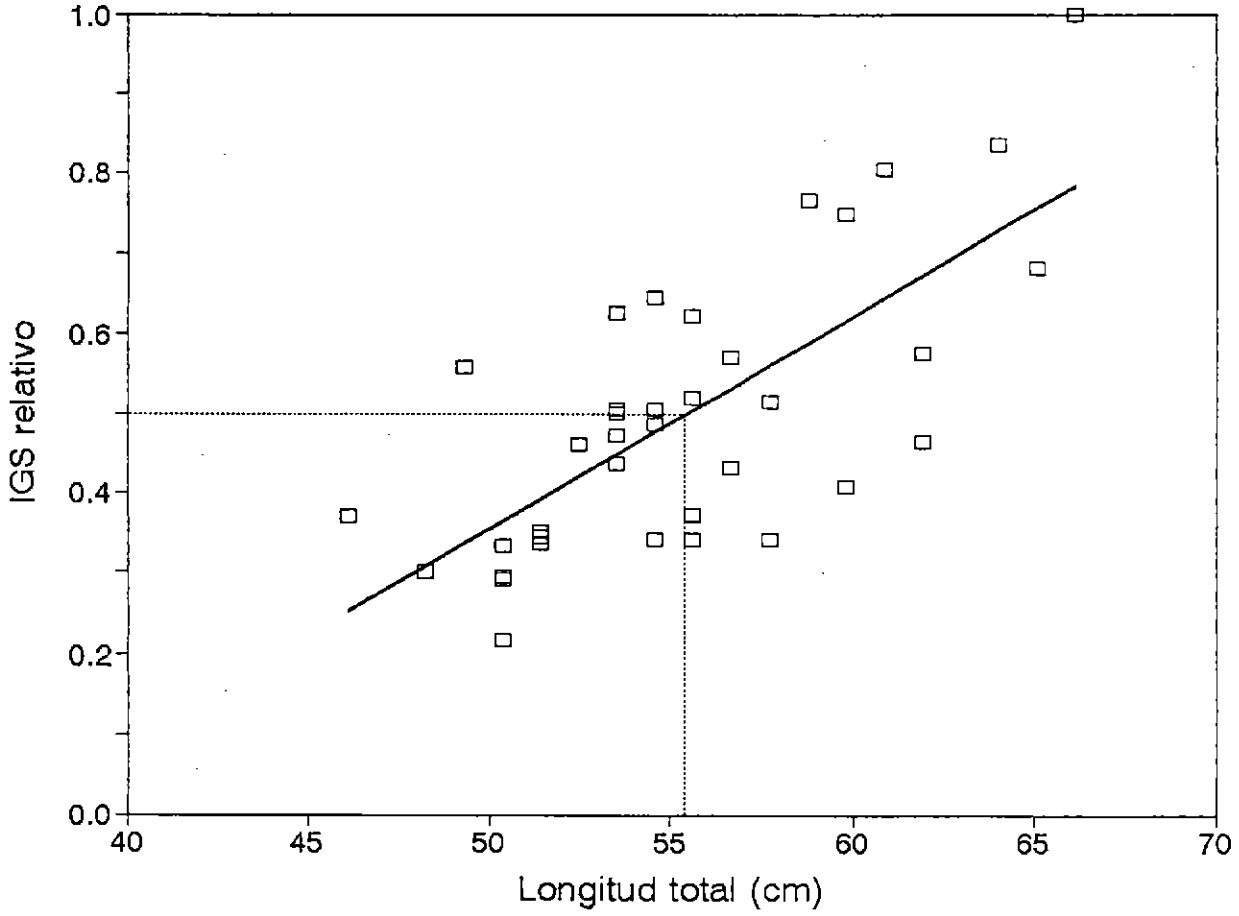

Figura 6. Relación entre el Indice Gonadosomático relativo (IGS relativo) y la longitud total en hembras de *M. magellanicus* en octubre de 1991.

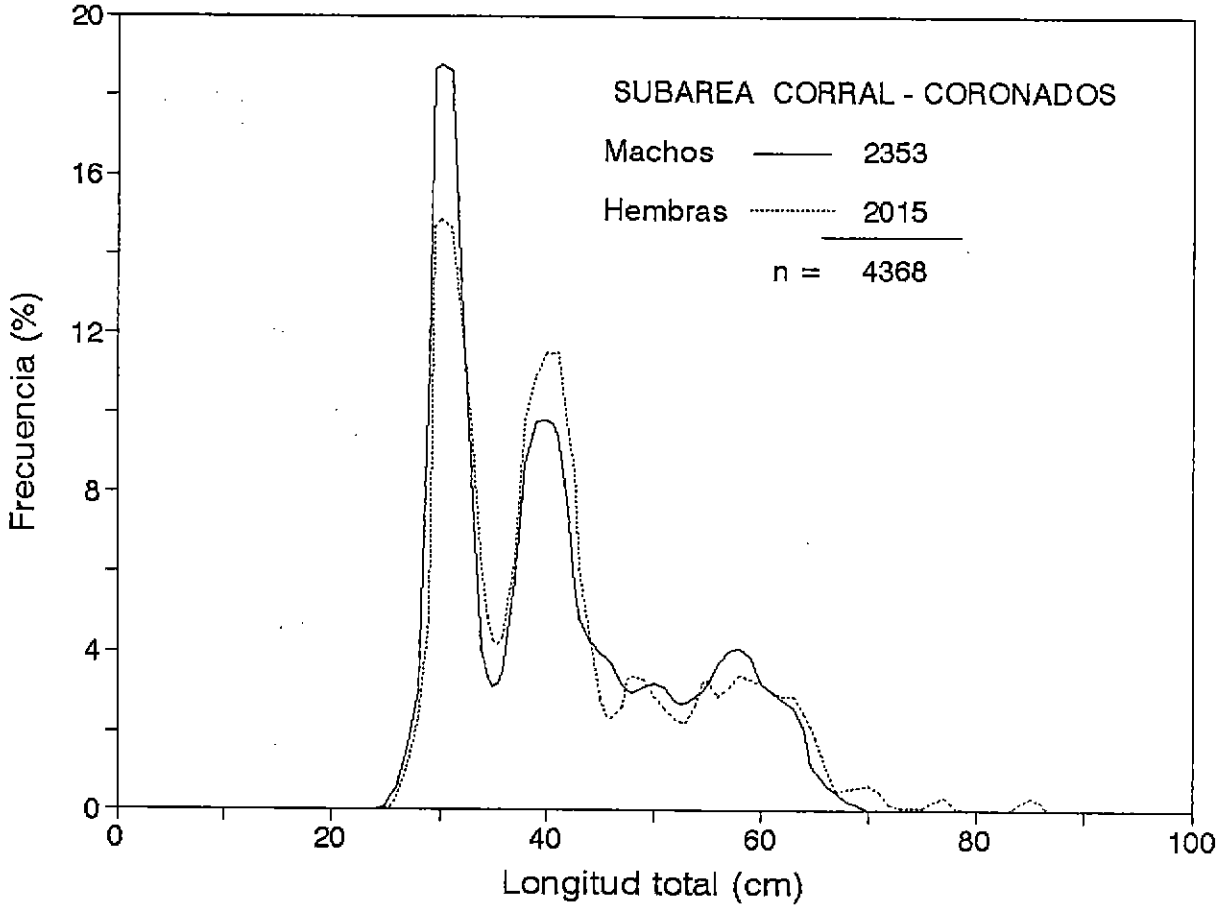

Figura 7a. Distribución de frecuencias de tamaño de *M. magellanicus* (porcentaje) entre Corral y Coronados, obtenida de Pantoja *et al.* 1973, *fide* Avilés *et al.* 1979.

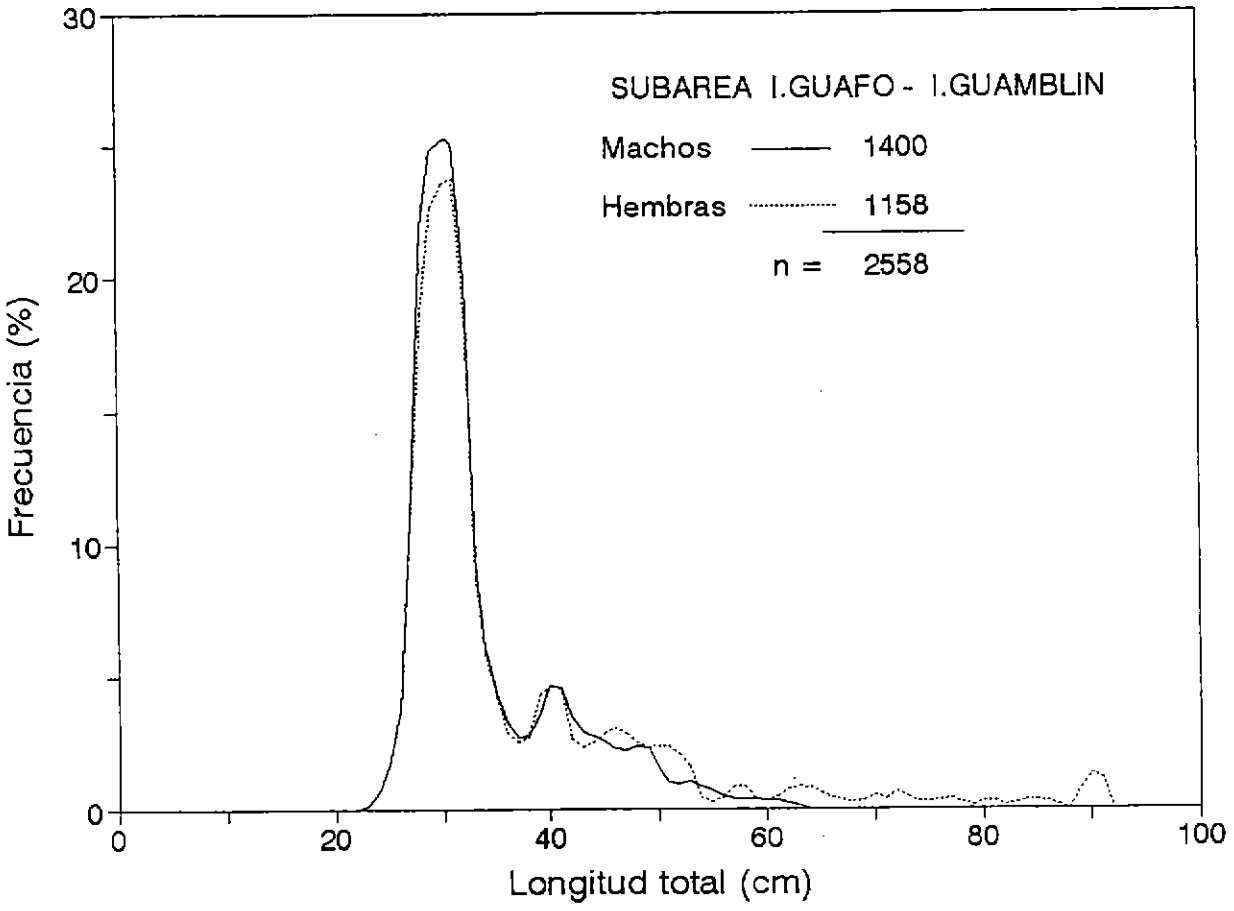

Figura 7b. Distribución de frecuencias de tamaño de *M. magellanicus* (porcentaje) entre Isla Guafo e Isla Guamblín, obtenida de Pantoja *et al.* 1973, *fide* Avilés *et al.* 1979.

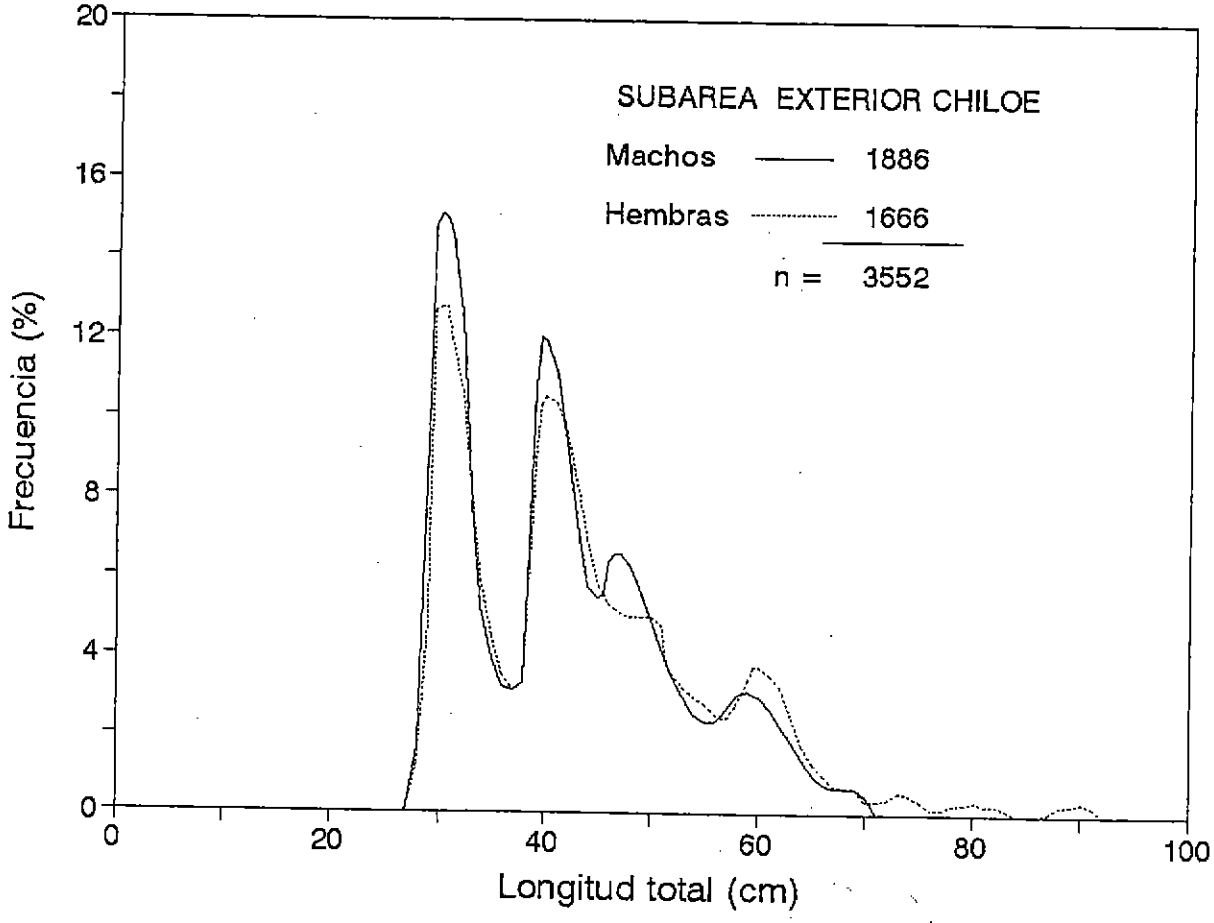

Figura 7c. Distribución de frecuencias de tamaño de *M. magellanicus* (porcentaje) al exterior de Chiloé, obtenida de Pantoja *et al.* 1973, *fide* Avilés *et al.* 1979.

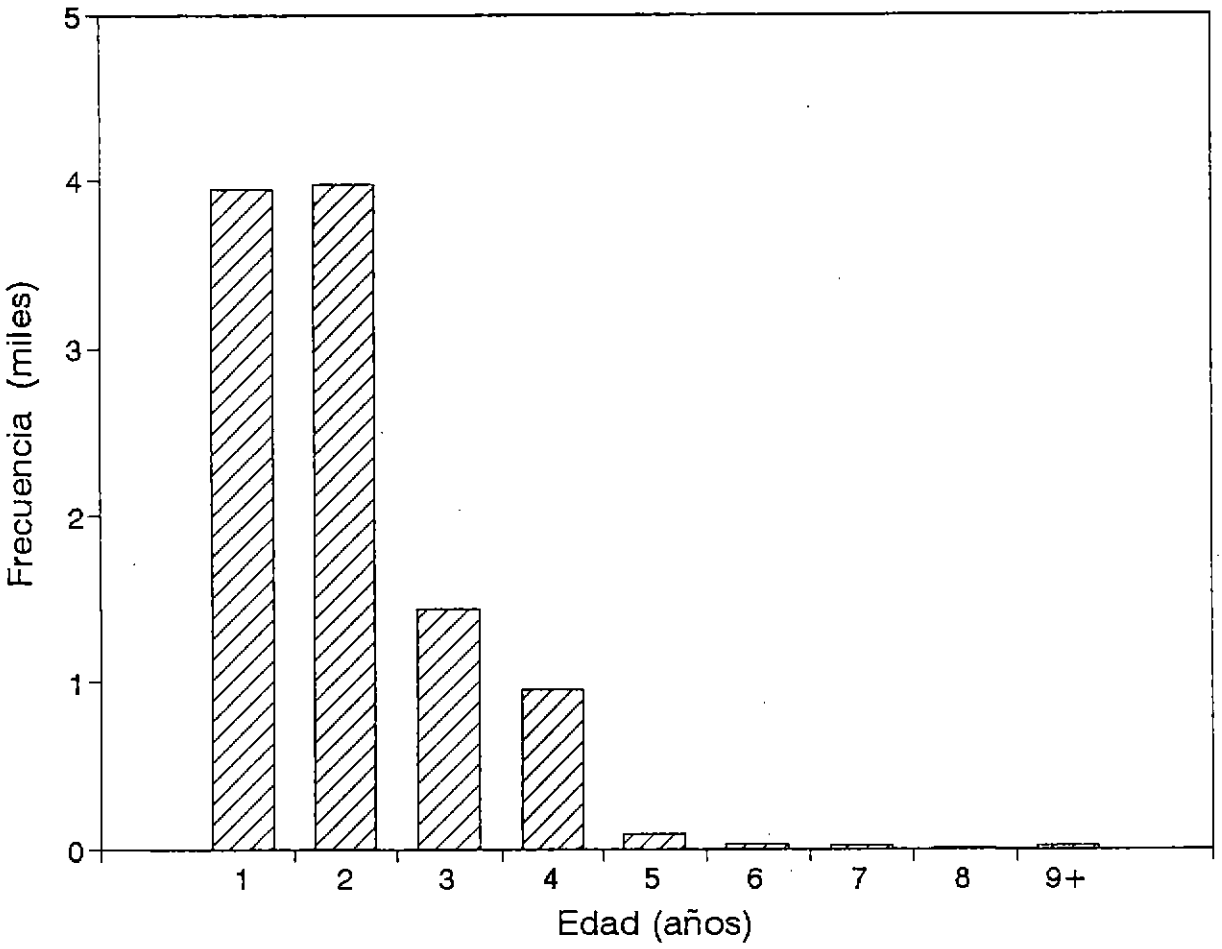

Figura 8. Distribución de frecuencias por edad de *M. magellanicus* (en número), integrando la información de las figuras 7a-7c.

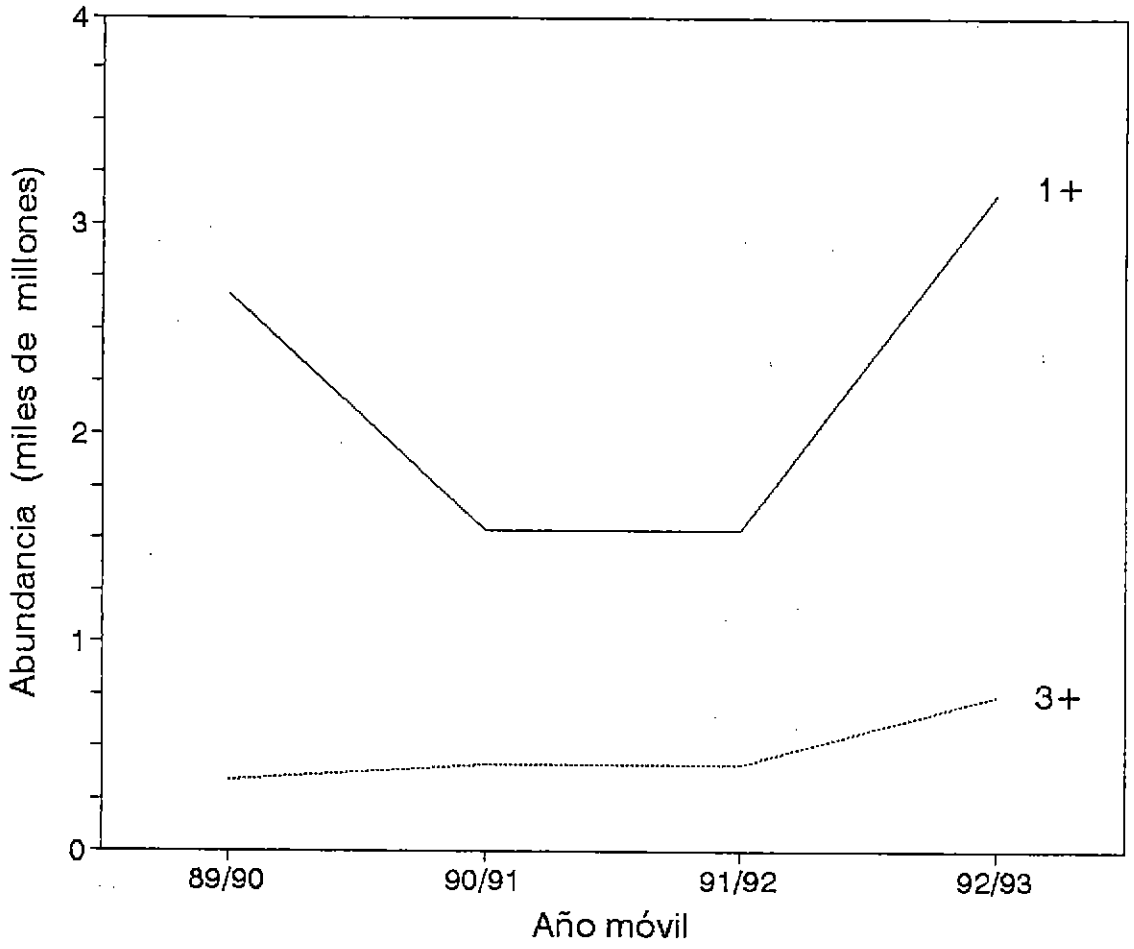

Figura 9. Abundancia (número) de las fracciones de stock 1+ y 3+ de *M. magellanicus*, por año móvil. Resultados del análisis de pseudocohortes.

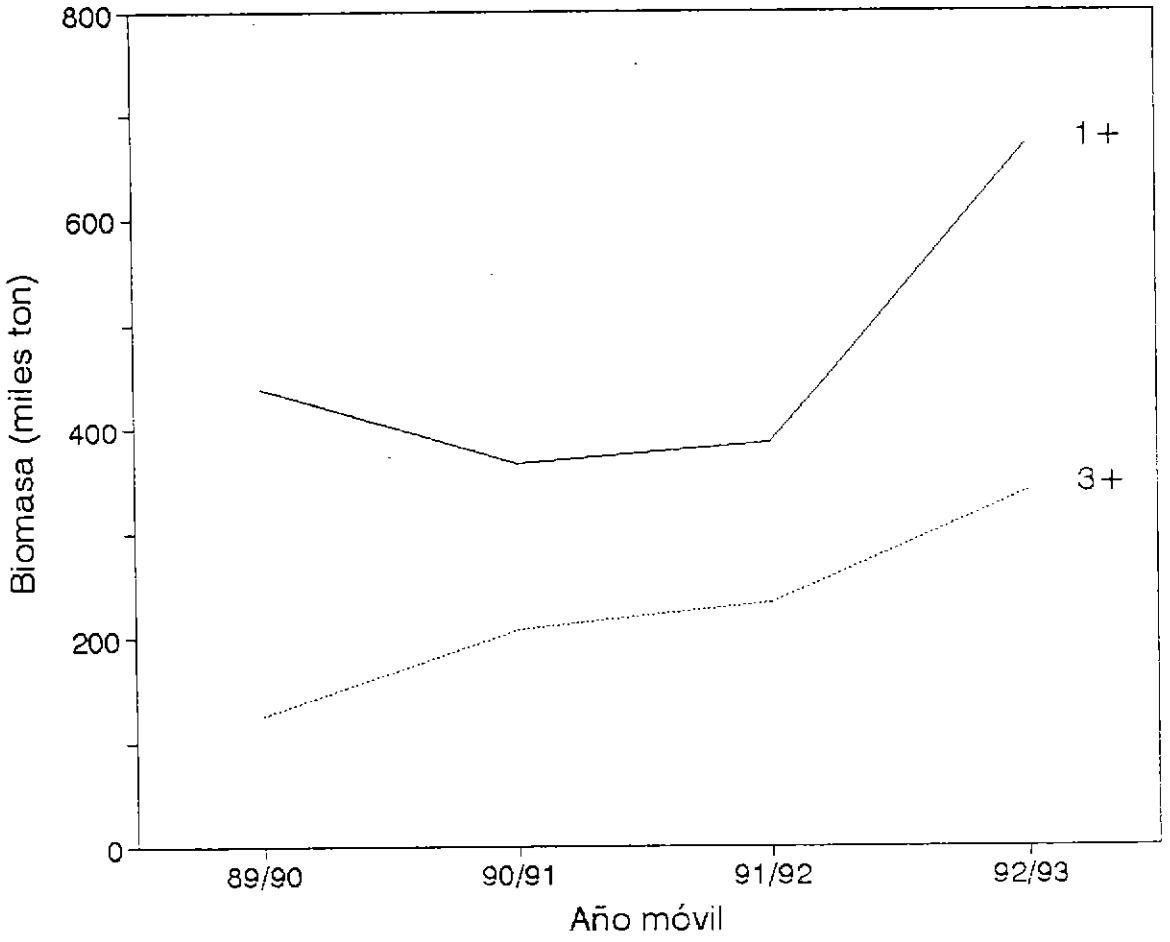

Figura 10. Biomasa (ton) de las fracciones de stock 1+ y 3+ de *M. magellanicus*, por año móvil. Resultados del análisis de pseudocohortes.

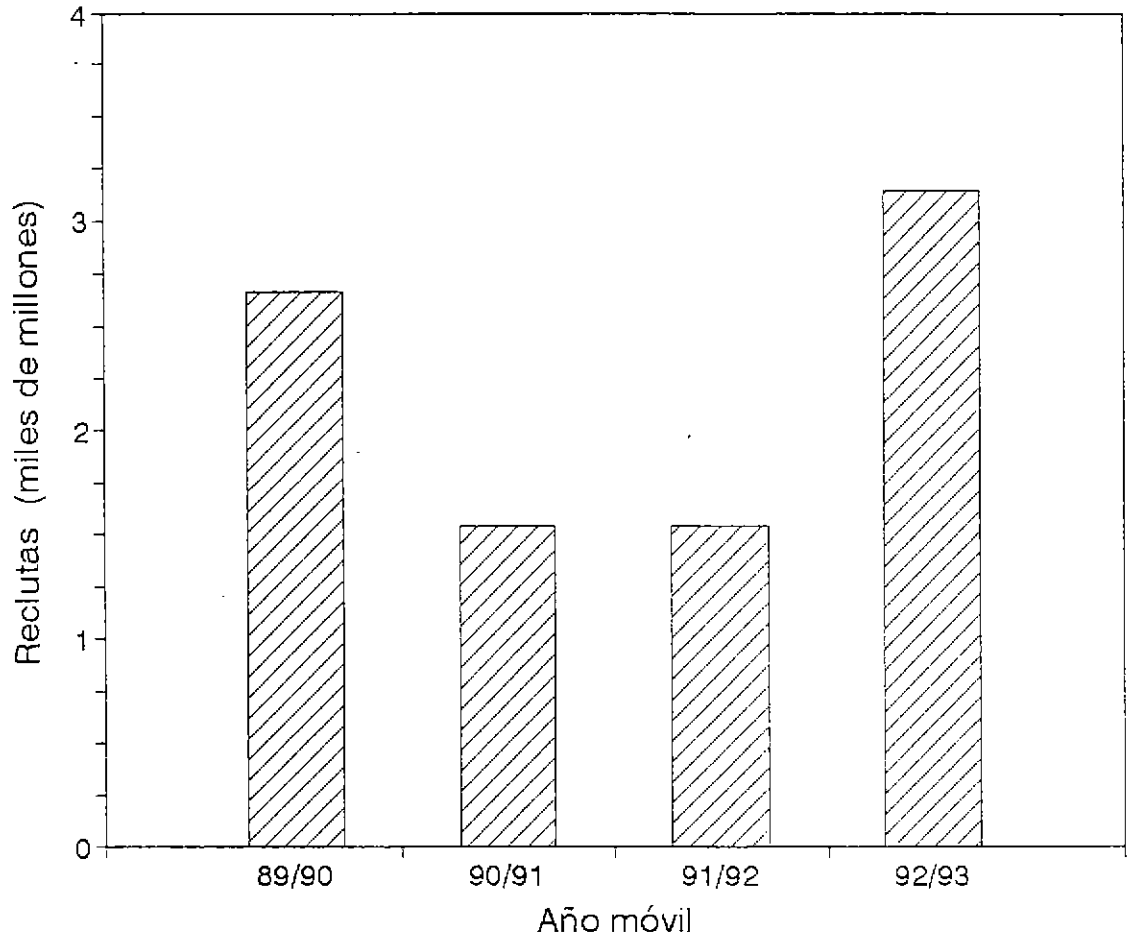

Figura 11. Reclutamiento anual en *M. magellanicus* (peces de edad 1), por año móvil. Resultados del análisis de pseudocohortes.

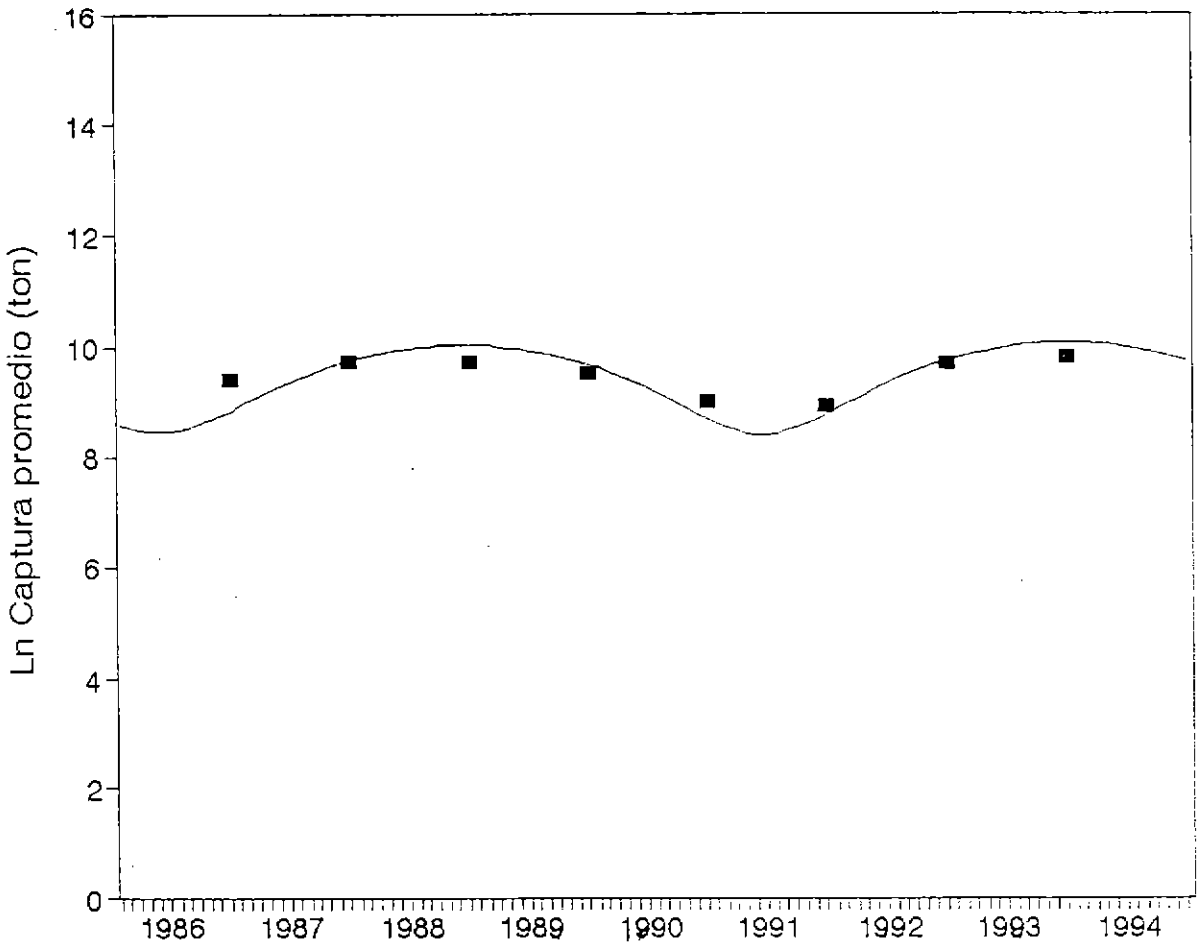

Figura 12. Captura promedio (puntos) de *M. magellanicus*, considerando los valores mensuales en el período estival (época de capturas). El ajuste (línea continua) equivale a τ en el modelo de la Ecuación 31.

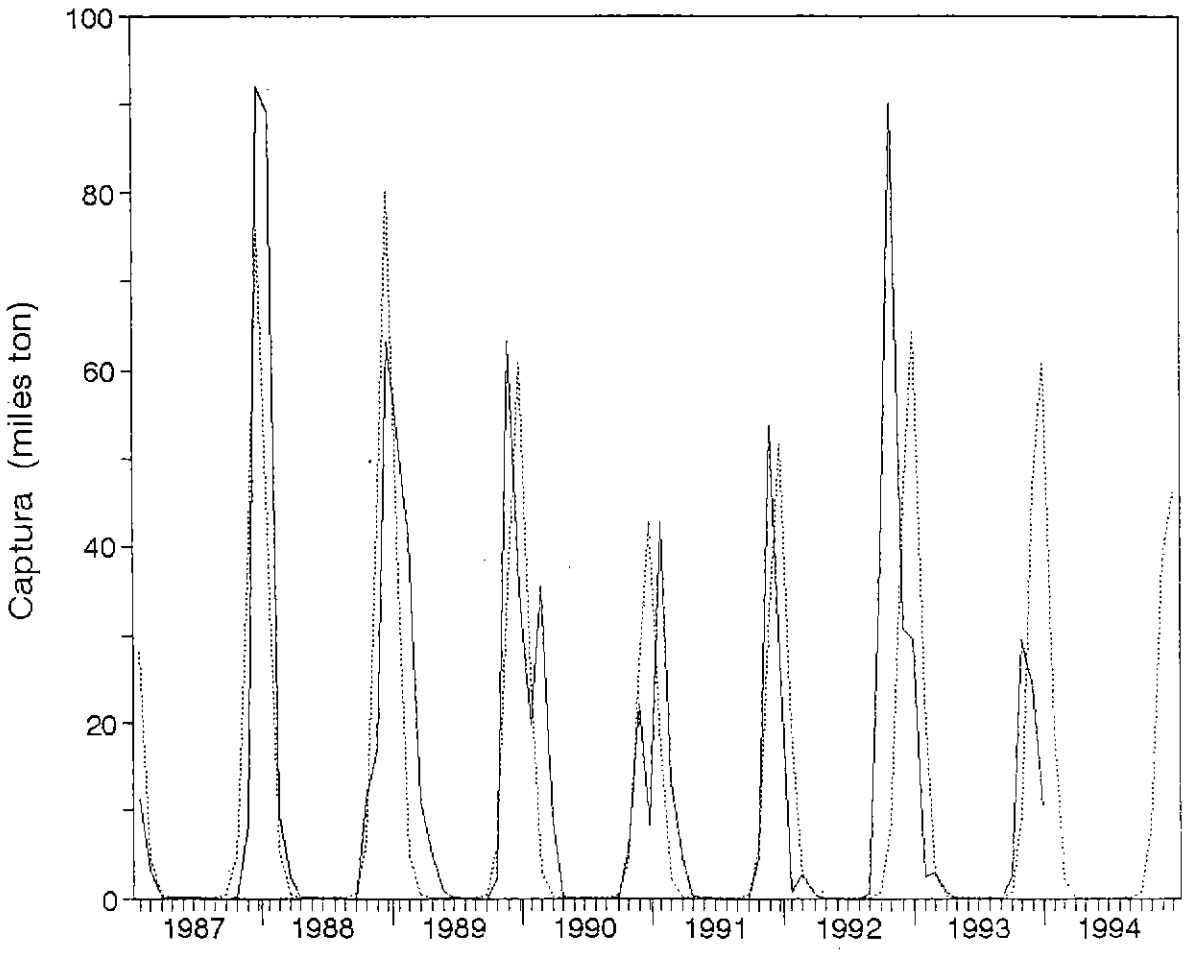

Figura 13. Capturas mensuales observadas (línea continua) y esperadas (línea punteada) de *M. magellanicus* entre enero de 1987 y diciembre de 1993, incluyendo una proyección para 1994, según Ecuación 31.

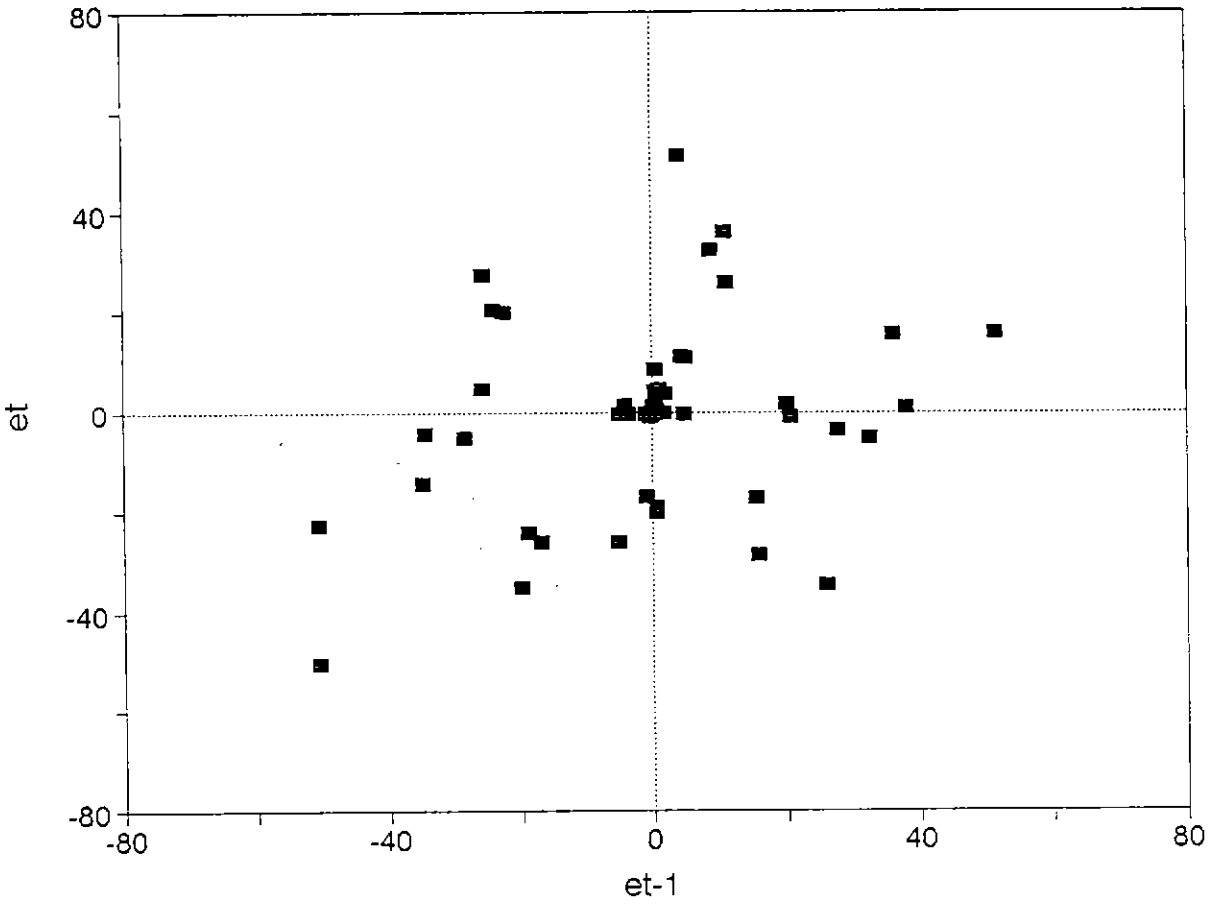

Figura 14. Análisis de los residuos entre los valores observados y esperados de las capturas mensuales de M. *magellanicus*, entre enero de 1987 y diciembre de 1993.

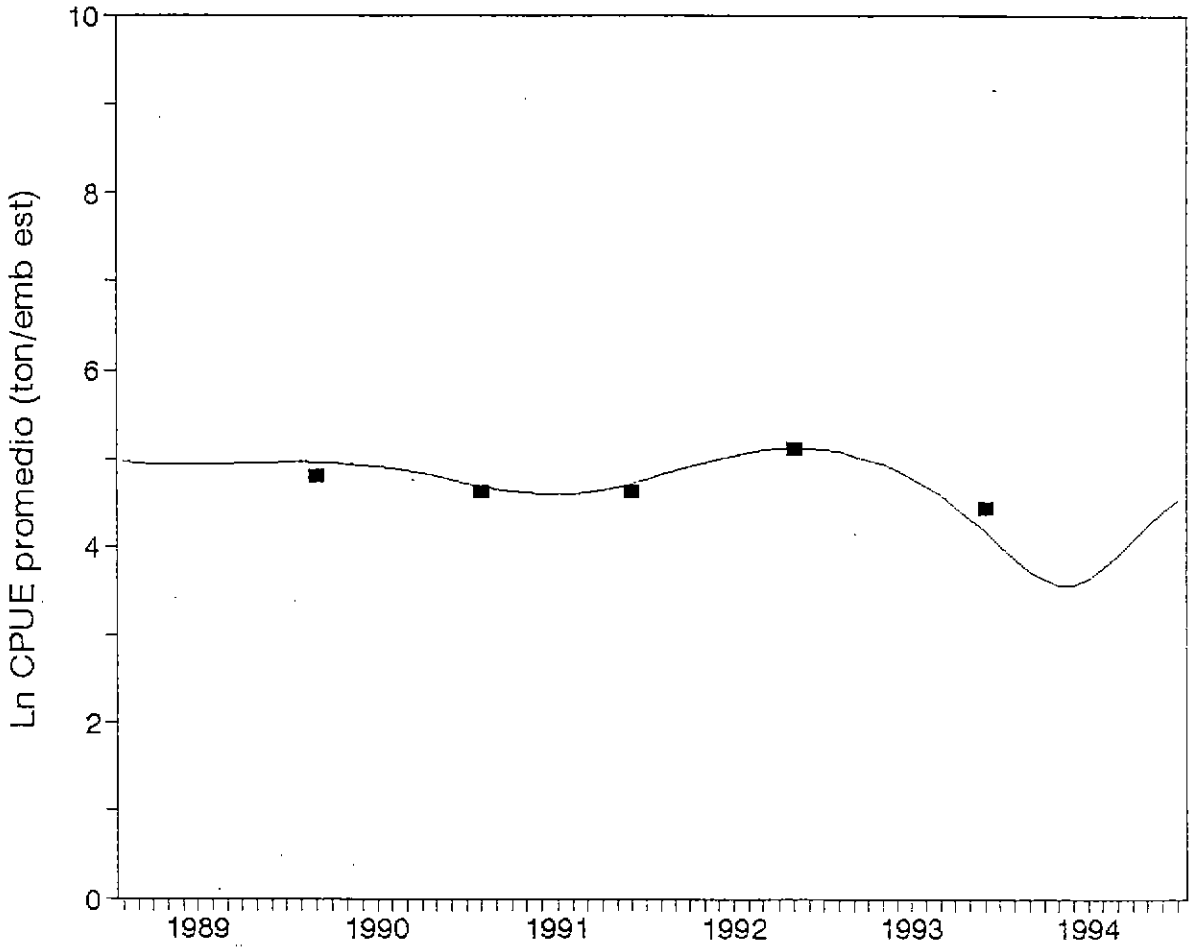

Figura 15. Captura por unidad de esfuerzo promedio (CPUE, puntos) de *M. magellanicus*, considerando los valores mensuales en el período estival (época de capturas). El ajuste (línea continua) equivale a τ en el modelo de la Ecuación 88.

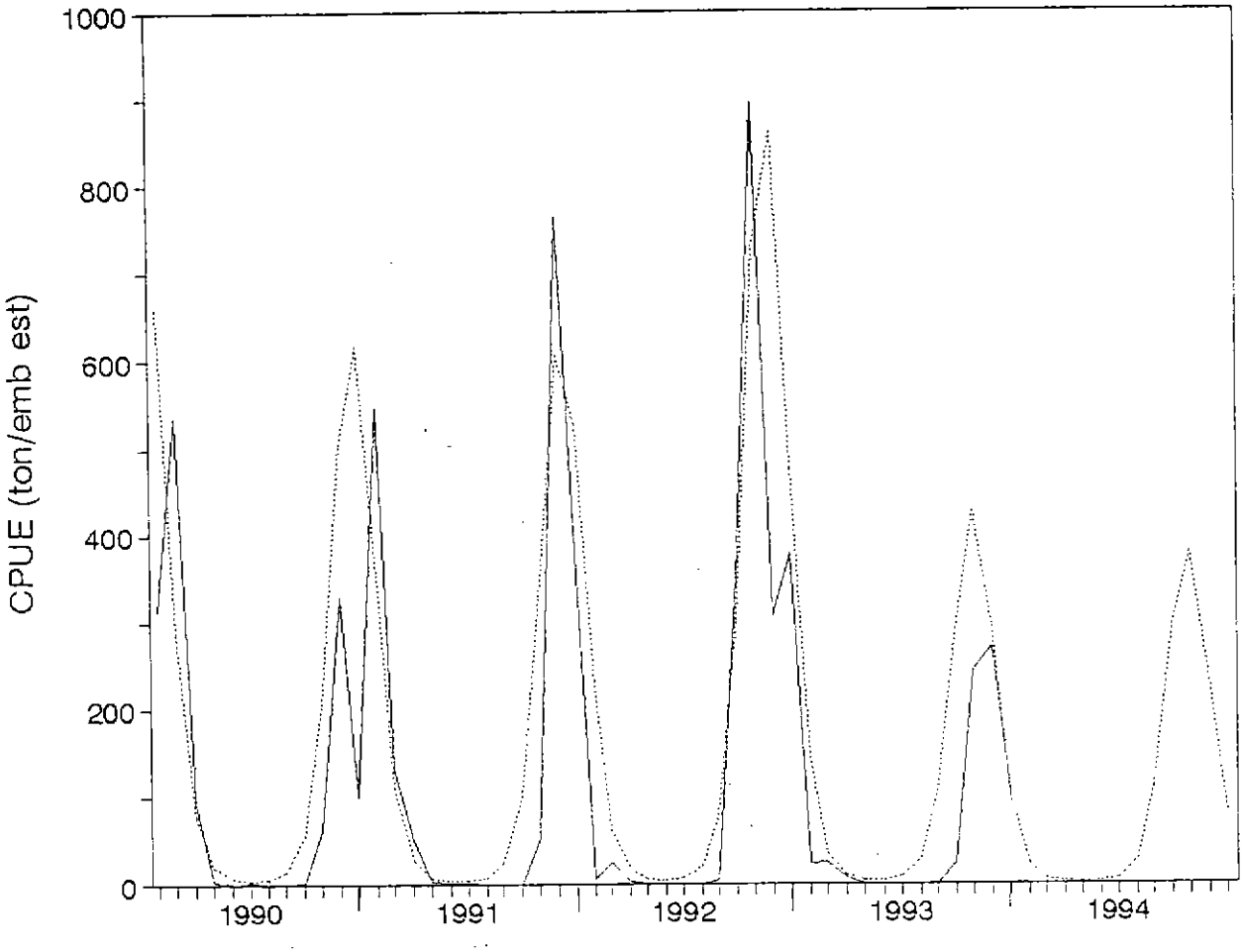

Figura 16. Capturas por unidad de esfuerzo mensuales observadas (línea continua) y esperadas (línea punteada) de *M. magellanicus* entre enero de 1990 y diciembre de 1993, incluyendo una proyección para 1994, según Ecuación 88.

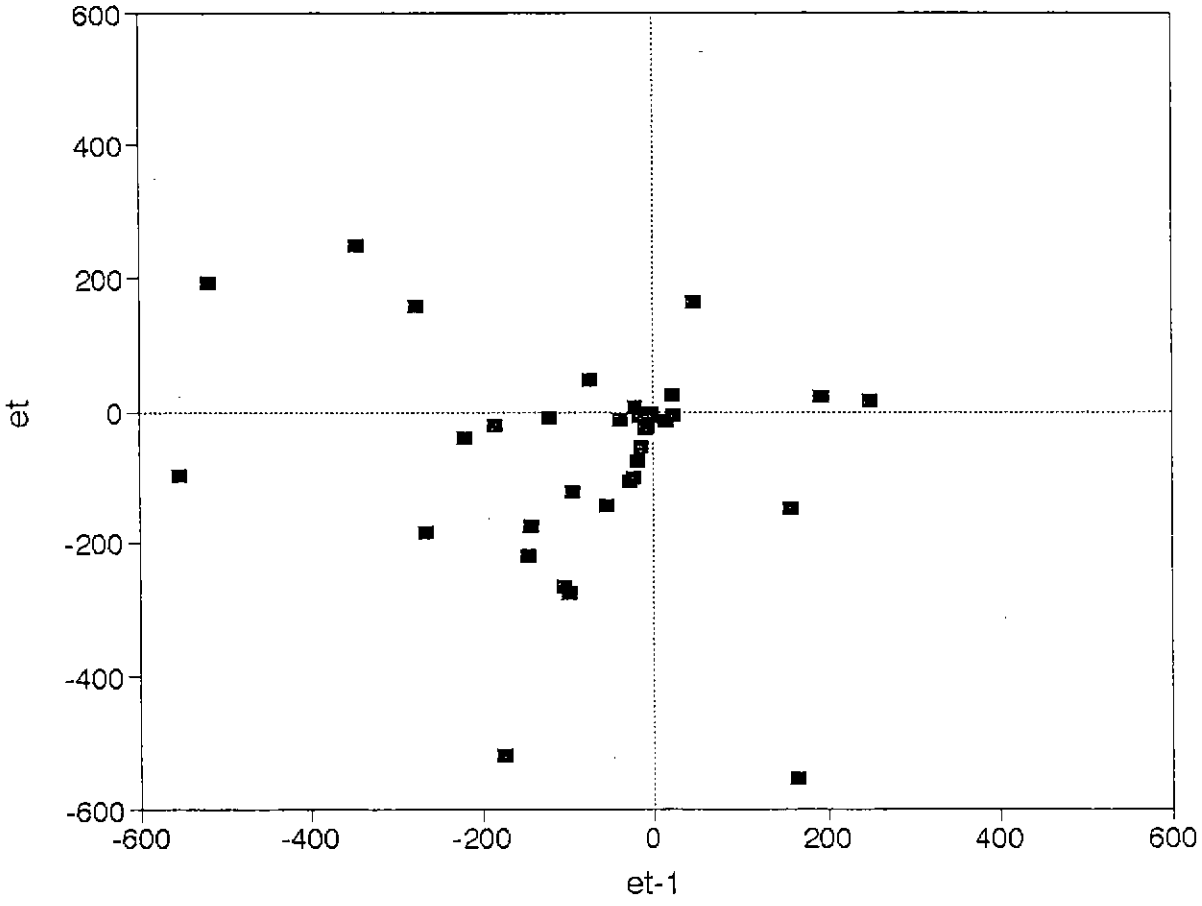

Figura 17. Análisis de los residuos entre los valores observados y esperados de las capturas por unidad de esfuerzo mensuales de *M. magellanicus*, entre enero de 1990 y diciembre de 1993.

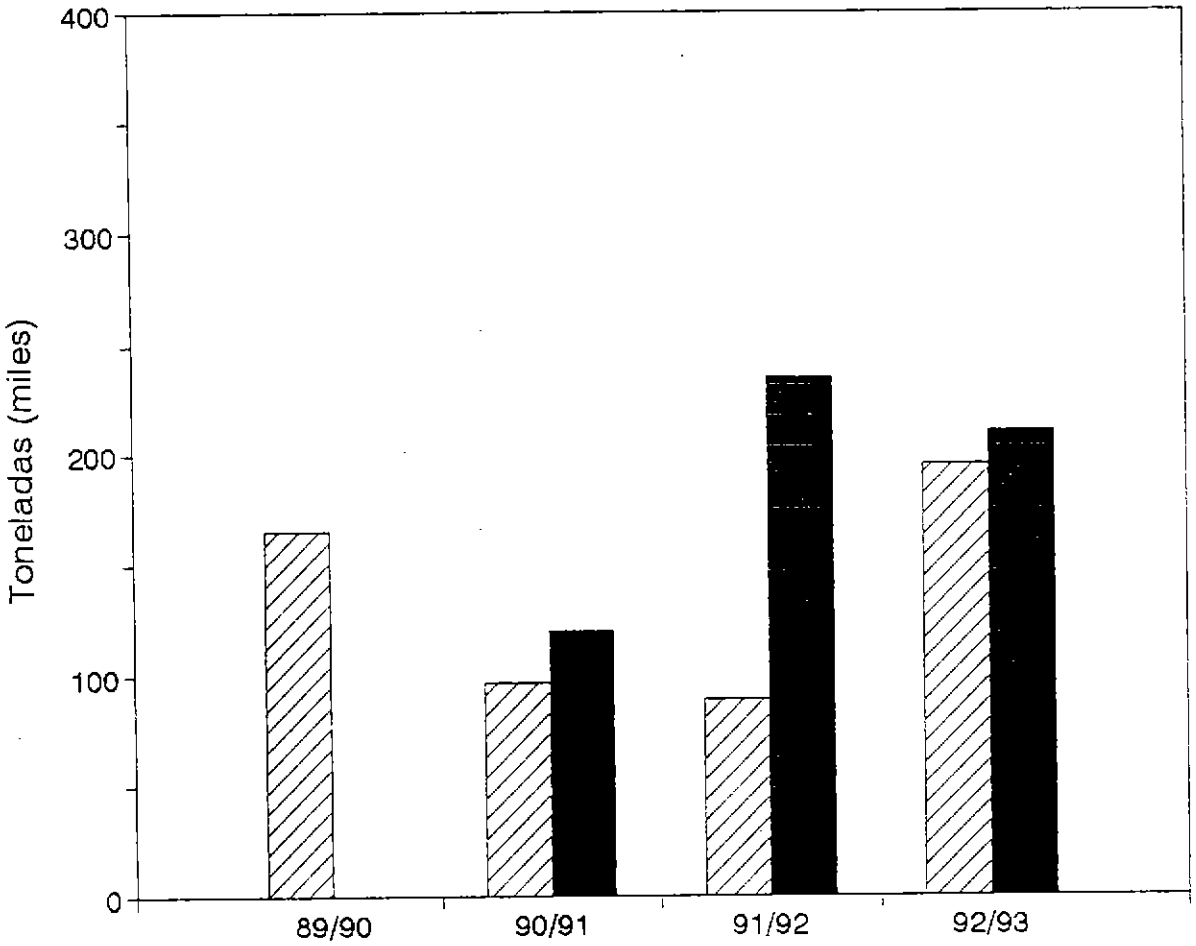

Figura 18. Excedentes productivos anuales (barras negras) obtenidos por el Método SHOT-1 (Shepherd, 1981) y capturas de *M. magellanicus* (barras achuradas), por año móvil.

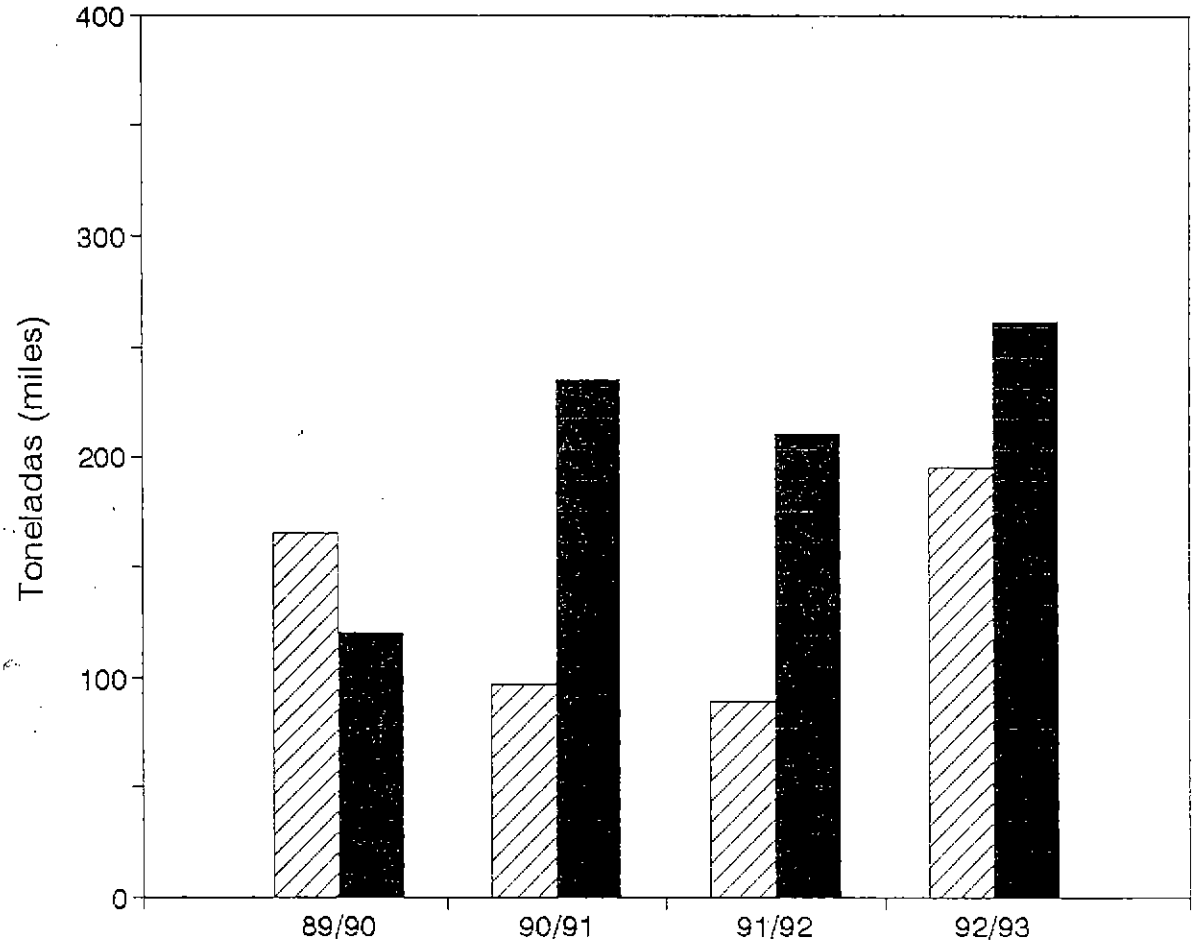

Figura 19. Excedentes productivos anuales (barras negras) obtenidos por el Método de la Respuesta Ciega (Chapman *et al.*, 1962) y capturas de *M. magellanicus* (barras achuradas), por año móvil.