



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

**INFORMES TECNICOS FIP**

FIP - IT / 95 - 10

INFORME : VALIDACION DE LOS METODOS APLICADOS  
FINAL EN LA DETERMINACION DE EDAD Y  
CRECIMIENTO, Y DETERMINACION DE LA  
MORTALIDAD DE JUREL EN LA ZONA  
CENTRO-SUR

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

Instituto de Investigación Pesquera  
Octava Región S.A.

**INFORME FINAL**

**PROYECTO FIP 95-10**

**VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS APLICADOS  
EN LA DETERMINACIÓN DE LA EDAD Y CRECIMIENTO,  
Y DETERMINACIÓN DE LA MORTALIDAD EN JUREL EN  
LA ZONA CENTRO-SUR**

*Talcahuano, 1998.*

## **TITULO DEL PROYECTO**

Validación de los métodos aplicados en la determinación de edad y crecimiento, y determinación de la mortalidad en jurel en la zona centro-sur

## **REQUIRENTE**

Fondo de Investigación Pesquera (FIP).

## **EJECUTOR**

Instituto de Investigación Pesquera Octava Región S.A.  
Departamento de Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat.  
Instituto de Fomento Pesquero.

Departamento de Pesquerías  
**Instituto de Investigación Pesquera  
Talcahuano - Chile**

**EQUIPO DE INVESTIGACION**

Luis Cubillos S.  
**Jefe de Proyecto e  
Investigador Responsable**

Ruben Alarcón M.  
Lidia Vilugrón A.  
Aquiles Sepúlveda O.  
Mario George-Nascimento  
**Instituto de Investigación Pesquera**

Miguel Araya C.  
Marianela Medina F.  
Juan Zambrano C.  
Margarita Guzmán G.  
Lilian Martínez A.  
Jessica Peñailillo P.  
**Universidad Arturo Prat**

Raúl Gili  
Zaida Young  
Verónica Alegría  
Victor Bocic  
Lizandro Muñoz  
Luis Cid  
**Instituto de Fomento Pesquero**

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

Con el objeto de determinar la edad en jurel se aplica el método de integración de la densidad de los microincrementos diarios. Este método se modificó con el fin de incorporar el peso del otolito, bajo la hipótesis que esta variable tiene una relación directa con el tiempo vivido por el pez. De los otolitos colectados, estos abarcan un rango de tallas entre los 16 y 60 cm de longitud horquilla. Para el análisis del método de integración de la densidad de los microincrementos diarios se obtuvieron 3696 lecturas de la tasa de crecimiento instantánea del otolito, a diferentes distancias del núcleo. Las lecturas de la tasa de crecimiento del otolito (ancho promedio del incremento) con respecto a la distancia desde el núcleo, se ajustaron mejor al modelo de Deriso. Se estimó la edad de los individuos, ingresando al modelo el radio corregido mediante el peso de la misma estructura. Se presenta evidencia a favor de la hipótesis que el peso del otolito se relaciona directamente con la edad de *T. s. murphyi*, mediante dos resultados: a) la relación directa existente entre la edad y el peso de los otolitos de 33 individuos de *T. s. murphyi*, siendo la edad estimada con el método de integración de la tasa de crecimiento a cada individuo; y b) el número de componentes normales presentes en la distribución de frecuencia del peso de los otolitos, cuyas medias se asociaron directamente con una secuencia de edades. La lectura de la macroestructura arrojó un máximo de 19 marcas hialinas en los otolitos de jurel, no necesariamente equivalente a igual cantidad de años, las cuales presentan una relación con la tasa de crecimiento los incrementos diarios, observándose que los incrementos diarios disminuyen en tamaño al formarse las marcas hialinas.

Un análisis de consistencia de las marcas hialinas, no necesariamente anillos anuales, permite señalar que la identificación de las marcas hialinas relacionadas con los tres primeros años de vida de jurel aparecen siendo altamente difíciles de discernir con el método de lectura de otolitos enteros, lo que de alguna manera u otra está relacionada con la inmadurez de los ejemplares. En efecto, después de los 23 a 25 cm de longitud horquilla, los ejemplares de jurel han alcanzado la madurez sexual, siendo altamente probable que la depositación de las marcas hialinas después de la talla de primera madurez sexual esté relacionada con la reproducción del recurso que tiende a ocurrir una sola vez en el año. El método de integración de la densidad de microincrementos indica que entre la edad 1 y 2 ocurren en promedio cuatro marcas hialinas, y entre la 2 y 3 sólo una marca hialina. De acuerdo con este método, ejemplares de 22,7 cm tendrían alrededor de 2 años de edad y aquellos de 28,2 cm cerca de 3 años de edad. En consecuencia, los dos primeros anillos anuales verdaderos -y tal vez el tercero-, no son tan claros como los subsiguientes. Son más vagos y variables en su posición respecto del núcleo porque en los dos primeros años de vida se fijan en los otolitos marcas relacionadas con las condiciones del hábitat impuesta por el invierno, mientras que a partir del tercer anillo, en la estructura se fijaría no sólo las condiciones invernales sino también las marcas asociadas con el desove, que se extiende entre octubre y enero, principalmente.

Se comunican resultados de un estudio de verificación de la edad de jurel de la zona centro-sur de Chile, comparándose dos métodos de lectura (otolito entero y otolito seccionado). Con el propósito de probar si

existen o no diferencias en la edad del jurel, derivadas de la interpretación de los anillos macroestructurales del otolito usando ambas técnicas; además, se evaluó la consistencia en la determinación de la edad entre lectores y lecturas. El otolito entero corresponde al método que tradicionalmente se ha empleado en la asignación de edad en jurel, a diferencia del método de lectura de secciones transversales, el cual tiene asociado un mayor costo en preparación e interpretación. En la experiencia se utilizó una muestra de otolitos de 55 ejemplares, dos lectores analizaron las estructuras enteras y dos lectores las secciones de otolitos, examinando la misma estructura y efectuando tres réplicas con un desfase de tiempo razonable. Para detectar sesgos en las lecturas se empleó un método gráfico en el que se utiliza uno de los lectores como control y para estimar la precisión en la asignación de edad se empleó el índice del porcentaje de error promedio y el coeficiente de variación. Los resultados indican que no existen evidencias claras para afirmar que la edad asignada entre métodos (otolitos enteros y seccionados), entre lectores y entre lecturas son estadísticamente diferentes. En términos generales, se observó que no existen sesgos importantes en las lecturas de edad en jurel al comparar los métodos y los lectores, excepto en algunas edades mayores. Se estableció que los lectores con mayor experiencia en lectura de otolitos de jurel, tanto enteros como en corte, fueron los más precisos indicando una correlación entre la experiencia del lector y la precisión.

De acuerdo con las observaciones directas sobre las características de los patrones de formación de anillos hialinos en el otolito de jurel, que presenta complicaciones sobre todo en los primeros 3 ó 4 anillos y sobre la base del comportamiento del sesgo y los niveles de precisión logrados, el jurel se ubicaría en la categoría de especies difíciles de asignar la edad, lo que daría cuenta de las discrepancias señaladas en la literatura sobre este tema.

Se ha identificado 22 parámetros de crecimiento en jurel, los cuales provienen de resultados publicados en la literatura científica como en informes finales de proyectos de investigación. Sobre la base de criterios de rigurosidad y calidad de los procedimientos utilizados, sólo se selecciona algunos de estos parámetros, determinándose un Índice de crecimiento efectivo de 2,74 con un coeficiente de variación de 4%.

Se analiza el crecimiento de jurel utilizando el programa MULTIFAN sobre la base de datos de frecuencias de tallas que cubren el período comprendido entre el primer trimestre de 1991 y cuarto trimestre de 1995, información que proviene de muestreos de frecuencia de tallas obtenidos de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur que ha desembarcado en Talcahuano. Asimismo, se analiza datos trimestrales de frecuencia de tamaños en las capturas de jurel obtenidas por la flota de altura rusa, que cubre entre el primer trimestre de 1987 y tercer trimestre de 1991. También se considera el análisis de los datos de frecuencia de tallas mensuales obtenidos durante 1996.

Sobre la base del análisis con MULTIFAN se plantea que el modelo estructural que describe la evolución mensual de los datos de frecuencia de tamaños de jurel en 1996 es el que estaría dando cuenta de la tasa de crecimiento del recurso. En efecto, el análisis de la progresión modal en una escala mensual parece ser más apropiado que sobre la base de un análisis trimestral que abarcan un período de tiempo extenso donde

eventos como cambios en la tasa de crecimiento y retraso en el ingreso de la fracción juvenil al arte de pesca podrían causar un ruido analítico en modelos como MULTIFAN.

Con el objeto de determinar la tasa de mortalidad natural de jurel, se analiza los datos de frecuencia de tallas obtenidos en 1973 por el B/I Academic Knipovich en Chile central. Estos datos se supone representan una situación de explotación incipiente de jurel y dicha estructura se analiza con MULTIFAN y un programa *ad hoc* para determinar la tasa de mortalidad natural a partir de parámetros de crecimiento conocidos. Además, se estima la mortalidad natural mediante el análisis de curvas de captura y utilizando modelos empíricos.

Utilizando MULTIFAN, la tasa de mortalidad natural se estimó en  $0,38 \text{ año}^{-1}$ , lo que está asociado -de alguna manera u otra-, con la alta tasa de crecimiento estimada por el programa ( $K \geq 0,107 \text{ año}^{-1}$ ). Este resultado debe considerarse con precaución ya que lo ideal para obtener buenos resultados con MULTIFAN es considerar una serie de tiempo de frecuencia de tallas. Al utilizar el modelo *ad hoc*, cuya estimación de la mortalidad natural (M) esta condicionada a los parámetros de crecimiento, se encuentra estimaciones de M en el rango  $0,137$  y  $0,362 \text{ año}^{-1}$ . Las tres estimaciones de M con el más bajo valor de la función objetivo, fueron  $M = 0,153 \text{ año}^{-1}$ ;  $0,137 \text{ año}^{-1}$  y  $0,15 \text{ año}^{-1}$ , valores que son bajos comparados con el resultado de MULTIFAN.

Las estimaciones de M basadas en los modelos de Pauly y de Rickhter y Efanov (1976) no fueron significativamente diferentes, lo que demuestra en parte la imprecisión de estos métodos. El coeficiente de variación supera el 30% en algunos casos y los límites de confianza se sobreponen independientemente de los parámetros de crecimiento utilizados.

La estimación de M sobre la base del análisis de curvas de captura fluctuó en el rango  $0,181 \text{ año}^{-1}$  y  $0,349 \text{ año}^{-1}$ , pero éstos no fueron estadísticamente diferentes. Los intervalos de confianza de 95% fueron bastantes amplios, el límite inferior extremo fue  $0,01 \text{ año}^{-1}$  y el límite superior extremo fue  $0,578 \text{ año}^{-1}$ . Estos límites son más estrechos que los obtenidos con modelos empíricos y recomendables desde el punto de vista de su utilización en modelos de evaluación de stock.

El examen parasitológico de 3.897 jureles *Trachurus symmetricus murphyi* muestreados entre 1990 y 1996 desde los desembarques en la VIII Región, reveló que el 22,38% de los hospedadores estaba parasitado por larvas del nematodo *Anisakis* sp. La abundancia, la prevalencia y la dispersión de parásitos aumentan con la edad de los jureles. Se encontró desviaciones significativas de las distribuciones de frecuencias observadas de la abundancia parasitaria con respecto a las esperadas según una distribución binomial negativa, que indican un déficit de hospedadores no parasitados. Estas observaciones se pueden explicar por la ausencia de mortalidad debida al parasitismo así como por el hecho que las muestras tomadas durante 1996 ( $n = 1.000$ ) estuvieron dirigidas a ejemplares de mayor tamaño que el promedio al desembarque.

## 2. INDICE GENERAL

1. RESUMEN EJECUTIVO.....	I
2. INDICE GENERAL.....	V
3. LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS.....	V
3.1. TABLAS.....	V
3.2. FIGURAS.....	VIII
5. ANTECEDENTES.....	13
6. OBJETIVO GENERAL.....	14
7. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
8. METODOLOGIA DE TRABAJO.....	14
8.1. AREA DE ESTUDIO.....	14
8.2. OBTENCION DE MUESTRAS.....	15
8.3. ANALISIS DE LA EDAD.....	15
8.3.1. METODO DE LA DENSIDAD DE LOS INCREMENTOS DIARIOS, INCORPORANDO EL PESO DEL OTOLITO.....	15
8.3.2. ANALISIS DE MARCAS ANUALES Y HIALINAS PRESENTES EN LOS OTOLITOS.....	19
8.3.3. INDICE DE INCREMENTO MARGINAL DE LOS OTOLITOS.....	25
8.3.4. RELACION ENTRE LA DENSIDAD DE LOS INCREMENTOS DIARIOS CON LAS MARCAS HIALINAS Y LA DISTANCIA AL FOCO.....	26
8.4. ANALISIS DEL CRECIMIENTO DE T. S. MURPHY.....	26
8.4.1. MODELO DE CRECIMIENTO.....	26
8.4.2. INFORMACION REQUERIDA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DEL MODELO DE CRECIMIENTO.....	27
8.4.3. SEGUIMIENTO DE COHORTES MEDIANTE TÉCNICAS DE PROGRESIÓN MODAL.....	28
8.4.4. INDICE DE CRECIMIENTO EFECTIVO ( $\phi'$ ).....	31
8.4.5. COMPARACION Y VALIDACION DE LOS PARAMETROS DE CRECIMIENTO DISPONIBLES EN LA LITERATURA.....	32
8.5. TASA DE MORTALIDAD NATURAL.....	33
8.5.1. MULTIFAN.....	34
8.5.2. MODELO AD HOC ALTERNATIVO CON PARAMETROS DE CRECIMIENTO CONOCIDOS.....	35
8.5.3. ANALISIS DE CURVA DE CAPTURA EDAD-ESTRUCTURADA TRADICIONAL.....	38
8.5.4. METODOS EMPIRICOS.....	38
8.5.5. MORTALIDAD INDUCIDA POR PARASITOS.....	40
9. RESULTADOS.....	42
9.1. ANALISIS DE LA EDAD.....	42
9.1.2. METODO DE INTEGRACION DE LA DENSIDAD DE LOS INCREMENTOS DIARIOS, MEJORADO CON EL PESO DEL OTOLITO.....	42
9.1.3. ANALISIS DE MARCAS ANUALES Y HIALINAS PRESENTES EN LOS OTOLITOS SAGITTAE.....	47
9.2. ANALISIS DEL CRECIMIENTO.....	53
9.2.1. FRECUENCIAS DE TALLAS.....	53
9.2.2. INDICE DE CRECIMIENTO EFECTIVO ( $\phi'$ ).....	54
9.2.3. ANALISIS DEL CRECIMIENTO CON MULTIFAN.....	58
9.2.4. COMPARACION Y VALIDACION DEL CRECIMIENTO.....	60



9.2.5. MORTALIDAD NATURAL .....	60
10. DISCUSION.....	64
10.1 SOBRE LA EDAD Y CRECIMIENTO .....	64
10.1.1. SOBRE EL METODO DE INTEGRACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO DEL OTOLITO.....	64
10.1.2. SOBRE LA UTILIDAD DEL PESO DEL OTOLITO.....	66
10.1.3. SOBRE LA LECTURA DE EDADES EN OTOLITOS ENTEROS Y CORTES TRANSVERSALES .....	67
10.1.4. SOBRE EL CRECIMIENTO .....	70
10.2. MORTALIDAD NATURAL.....	71
11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	74

### 3. LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS

#### 3.1. TABLAS

**Tabla 1.** Número mínimo de unidades básicas de muestreo de *T. s. murphyi* contempladas en el plan de muestreo de frecuencia de longitudes para tener representada a toda la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile.

**Tabla 2.** Configuración de la estructura de los modelos considerados para analizar los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi*, un signo + indica que el parámetro fue considerado en el modelo.

**Tabla 3.** Restricciones impuestas a los parámetros del modelo implementado para estimar la tasa de mortalidad natural en *T. s. murphyi*.

**Tabla 4.** Número de ejemplares de *T. s. murphyi* muestreados en los puertos de desembarques de la pesquería centro-sur. Por mes y clase de talla.

**Tabla 5.** Resumen de las lecturas de los incrementos diarios realizados en los otolitos de jurel de la zona centro-sur.

**Tabla 6.** Relaciones morfométricas entre la longitud horquilla y el radio, ancho, grosor y peso del otolito del jurel de la zona centro sur.

**Tabla 7.** Longitudes retrocalculadas de jurel en base al método de integración de la tasa de crecimiento del otolito.

**Tabla 8.** Distribución de frecuencia de pesos de otolitos (mg) de *T. s. murphyi* en 1996.

**Tabla 9.** Dos veces la log-verosimilitud para el número de clases de edad presentes en las distribución de frecuencia del peso de los otolitos de *T. s. murphyi* en 1996. El valor en negrita corresponde a la selección del número de clases de edad que generó un incremento estadísticamente significativo en la log-verosimilitud.

**Tabla 10.** Parámetros del modelo con 10 clases de edad que describen la evolución temporal de la distribución de frecuencia del peso del otolito. El error estándar se indica entre paréntesis. Se indica además la edad estimada para cada peso promedio utilizando la relación de la Figura 10.

**Tabla 11.** Peso promedio de otolitos y límite superior para separar clases de edad de *T. s. murphyi*.

**Tabla 12.** Clave talla-edad para *T. s. murphyi*. Los grupos de edad se basan en el peso del otolito.

**Tabla 13.** Comparación de las longitudes promedio por grupos de edad (clases) y a la edad de *T. s. murphyi*, según la relación edad-peso del otolito.

**Tabla 14.** Número de marcas hialinas identificadas en los otolitos de jurel de la zona centro-sur, indicando la distancia promedio al núcleo, desviación estándar, coeficiente de variación y el número de lecturas realizadas.

**Tabla 15.** Lecturas de jurel realizadas mediante los métodos de otolitos enteros y secciones, replicadas tres veces por lector.

**Tabla 16.** Frecuencia de edades de comparaciones pareadas de lectores: otolitos enteros (A) y secciones transversales (B).

**Tabla 17.** Frecuencia de edades de comparaciones pareadas entre lectores: otolito entero (Lector 1) v/s secciones transversales (Lector 1) (A); otolito entero (Lector 1) v/s secciones transversales (Lector 2) (B).

**Tabla 18.** Medidas de precisión (%) intralector asignando edad a jurel, a través de los métodos otolito entero y cortes.

**Tabla 19.** Medidas de precisión (%) entre lectores asignando edad a jurel, a través de los métodos otolito entero y cortes.

**Tabla 20.** Estimación del error de porcentaje promedio (APE), coeficiente de variación (V), e índice de precisión (D), para 3 lecturas de marcas hialinas por 2 lectores. Técnica: Otolitos enteros.

**Tabla 21.** Distancia promedio núcleo-marcas hialina (R prom) y coeficiente de variación (CV) de estas distancias, obtenidas por el Lector 1.

**Tabla 22.** Radios promedio a la edad ( $\mu$  m) en lectura de otolitos enteros de *T. s. murphyi* y mediante la técnica de integración de la densidad de los incrementos de crecimiento diarios.

**Tabla 23.** Distancia núcleo-marca hialina promedio de la tercera lectura del lector 1, longitud horquilla retrocalculada y edad equivalente asignada según el radio a la edad comunicada por algunos autores (Tabla 22).

**Tabla 24.** Número de individuos de *T. s. murphyi* muestreados mensualmente para determinar la estructura de tallas de las capturas de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile en 1996.

**Tabla 25.** Autores que han estudiado el crecimiento en longitud de *T. s. murphyi* en el Pacífico-Sur. Se indica el área cubierta por el estudio y/o de obtención de muestras, y la metodología general. El asterisco destaca los parámetros no comunicados por los autores, pero que han sido estimados por Cubillos *et al.* (1995) a partir de los datos talla-edad disponibles. Se presenta además el índice de crecimiento efectivo.

**Tabla 26.** Longitudes promedio observadas por edad de *T. s. murphyi* disponibles en la literatura.

**Tabla 27.** Selección de parámetros de crecimiento para *T. s. murphyi* a partir de estudios de edad y crecimiento disponibles en la literatura.

**Tabla 28.** Comparación de parámetros de crecimiento para *T. s. murphyi*.

**Tabla 29.** Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* provenientes de las capturas de la flota de altura rusa (I trimestre de 1987 al tercer trimestre de 1991). Los valores subrayados corresponde a la selección del número de clases de edad de cada modelo, el valor en negrita al modelo que genero un incremento

significativo en la log-verosimilitud sin el componente estacional y el valor encerrado en un cuadrado al mejor modelo.

**Tabla 30.** Valores de los parámetros de los modelos seleccionados que describen los datos de frecuencia de tallas del *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería de altura rusa (Tabla 29).

**Tabla 31.** Longitud promedio y desviación estándar a la edad de los modelos, con y sin los parámetros que dan cuenta de cambios estacionales en la tasa de crecimiento, según modelos 3 y 7 en base al análisis de los datos del sector oceánico (Tablas 29 y 30).

**Tabla 32.** Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* provenientes de las capturas de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur (1991-1995). Los valores subrayados corresponde a la selección del número de clases de edad de cada modelo, el valor en negrita al modelo que generó un incremento significativo en la log-verosimilitud sin el componente estacional y el valor encerrado en un cuadrado al mejor modelo.

**Tabla 33.** Valores de los parámetros de los modelos seleccionados que describen los datos de frecuencia de tallas del *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería industrial de cerco de la zona centro-sur (Tabla 32).

**Tabla 34.** Longitud promedio y desviación estándar a la edad de los modelos, con y sin los parámetros que dan cuenta de cambios estacionales en la tasa de crecimiento, según modelos 3 y 8 en base al análisis de los datos de la zona centro-sur de Chile (Tablas 32 y 33).

**Tabla 35.** Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* provenientes de las capturas de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur en 1996. Los valores subrayados corresponde a la selección del número de clases de edad de cada modelo, el valor en negrita al modelo que genero un incremento significativo en la log-verosimilitud sin el componente estacional y el valor encerrado en un cuadrado al mejor modelo.

**Tabla 36.** Valores de los parámetros de los modelos seleccionados que describen los datos de frecuencia de tallas del *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería industrial de cerco de la zona centro-sur en 1996 (Tabla 35).

**Tabla 37.** Longitud promedio y desviación estándar a la edad de los modelos, con y sin los parámetros que dan cuenta de cambios estacionales en la tasa de crecimiento, según modelos 3 y 8 en base al análisis de los datos de la zona centro-sur de Chile en 1996 (Tablas 35 y 36).

**Tabla 38.** Distribución de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* obtenidas a partir de la pesca exploratoria del B/I Academic Knipovich sobre la plataforma continental de Chile en 1973, Datos obtenidos de la Tabla 4 de Nekrasov (1994).

**Tabla 39.** Dos veces la log-verosimilitud de los modelos analizados con MULTIFAN para estimar la tasa de mortalidad natural en *T. s. murphyi* a partir de los datos de frecuencia de tallas del B/I Academic Knipovich.

**Tabla 40.** Valores de los parámetros del Modelo 4 de MULTIFAN, utilizado para determinar la tasa de mortalidad natural en *T. s. murphyi* (ver Tabla 34).

**Tabla 41.** Resumen de la estimación de los parámetros del modelo utilizado para analizar la distribución de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* provenientes del B/I Academic Knipovich. En negrita se indica el valor de la tasa de mortalidad natural.

**Tabla 42.** Descomposición en grupos de edad de la frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* obtenida por el B/I Academic Knipovich en 1973. Condicionamiento a las longitudes promedio del modelo de crecimiento de Nekrasov (1987).

**Tabla 43.** Descomposición en grupos de edad de la frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* obtenida por el B/I Academic Knipovich en 1973. Condicionamiento a las longitudes promedio del modelo de crecimiento de Shcherbich (1991).

**Tabla 44.** Descomposición en grupos de edad de la frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* obtenida por el B/I Academic Knipovich en 1973. Condicionamiento a las longitudes promedio del modelo de crecimiento de Kochkin (1994).

**Tabla 45.** Descomposición en grupos de edad de la frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* obtenida por el B/I Academic Knipovich en 1973. Condicionamiento a las longitudes promedio del modelo de crecimiento de Araya et al. (1993).

**Tabla 46.** Resumen de las estimaciones de M utilizando curvas de captura.

**Tabla 47.** Resumen de los descriptores estadísticos para 1000 valores alternativos e igualmente probables de la tasa de mortalidad natural estimada con el modelo empírico de Pauly (1980). Nomenclatura: Nke87=Nekrasov (1987); Nek82=Nekrasov (1982); Abr&K= Abramov & Kotlyar (1980); Kochk=Kochkin (1994); Shcherb=Shcherbich (1991); Gili(a) = Gili et al. (1994) otolitos enteros; Gili(b) = Gili et al. (1995) cortes; Araya= Araya et al. (1993); Edad.Est= Este estudio, edad estimada con el peso del otolito.

**Tabla 48.** Resumen de los descriptores estadísticos para 1000 valores alternativos e igualmente probables de la tasa de mortalidad natural estimada con el modelo empírico de Rickther & Efanov (1976). Para la nomenclatura ver Tabla 46.

**Tabla 49.** Resumen de los descriptores estadísticos para 1000 valores alternativos e igualmente probables de la tasa de mortalidad natural estimada con el modelo empírico de Alverson y Carney (1975). Para la nomenclatura ver Tabla 46.

**Tabla 50.** Distribuciones de frecuencias observadas y esperadas según una distribución binomial negativa del número de larvas de *Anisakis* sp. en el jurel *T. s. murphyi*. Los parámetros de la distribución son  $x = 0.5106$  y  $k = 0.14662$ .

**Tabla 51.** Distribuciones de frecuencias porcentuales del número de larvas de *Anisakis* por clase de edad del jurel *T. s. murphyi*. Al pie de la Tabla se indica el número de ejemplares por cada clase de edad.

**Tabla 52.** Prevalencia (P, %), abundancia (A, N° promedio por jurel) y dispersión (varianza/promedio) de *Anisakis* en jurel según clases de edad.

**Tabla 53.** Comparación entre el radio y peso del otolito (promedios) a la edad de lecturas en otolitos enteros comunicadas por otros autores en relación con los determinados en este estudio sobre la base de la relación "edad-peso del otolito" de 33 ejemplares de *T. s. murphyi*.

### 3.2. FIGURAS

**Figura 1.** Distribución de frecuencia en porcentaje de la longitud horquilla (a), radio del otolito (b), peso del otolito (c), grosor del otolito (d) y ancho del otolito (e) de los ejemplares de jurel muestreados en los puertos desembarques de la pesquería centro-sur, durante el desarrollo del proyecto.

**Figura 2.** Observaciones de la tasa de crecimiento del otolito con respecto a la distancia al núcleo y el modelo ajustado para el jurel de la zona centro-sur.

**Figura 3.** Lecturas individuales de la tasa de crecimiento del otolito de 60 ejemplares, ordenados por tamaño del otolito (RO = radio otolito). A la información se le aplicó un promedio móvil cada dos periodos.

**Figura 4.** Comparaciones entre el peso del otolito izquierdo y derecho (a), peso del lector 1 y lector 2 (b), y peso del otolito húmedo y seco (c). Se muestra la línea de regresión ajustada y sus parámetros, en el cual la pendiente es significativamente igual a 1 en los tres casos.

**Figura 5.** Relaciones entre la longitud horquilla del jurel con el radio (a), ancho (b), grosor (c) y peso del otolito (d). En el cual se ajustaron un modelo potencial para los dos primeros casos, uno lineal para el tercero y un modelo potencial con intercepto para el último.

**Figura 6.** Residuo del ajuste del peso del otolito con respecto a la longitud horquilla para el jurel de la zona centro-sur.

**Figura 7.** Relación entre el peso (mg) y radio del otolito ( $\mu\text{m}$ ) del jurel, mostrando el modelo logarítmico ajustado.

**Figura 8.** Relación entre el radio del otolito ( $\mu\text{m}$ ) y la longitud horquilla (cm) mostrando el modelo lineal ajustado.

**Figura 9.** Relación observada entre la longitud horquilla (cm) y la edad (años), en jurel de la zona centro-sur, estimada a través de la aplicación de la técnica de los microincrementos diarios.

**Figura 10.** Relación entre la edad y el peso del otolito en 33 ejemplares de *T. s. murphyi*.

**Figura 11.** Ajuste de MULTIFAN a la distribución de frecuencia de pesos de los otolito de *T. s. murphyi* en 1996.

**Figura 12.** Curva de crecimiento en función de los grupos de edad para *T. s. murphyi*. La línea gruesa corresponde al ajuste del modelo de von Bertalanffy sin restricción sobre los parámetros y la línea delgada al ajuste del modelo de von Bertalanffy dejando fija la longitud asintótica en 75 cm LH.

**Figura 13.** Curva de crecimiento utilizando la edad estimada con el peso del otolito (arriba) y residuos de la relación en función de la edad.

**Figura 14.** Relación entre la longitud horquilla (cm) y el peso total (g) ajustado a un modelo potencial.

**Figura 15.** Distribución de frecuencia de las distancias a cada marca hialina encontrada en los otolitos de jurel. Las marcas no representan anillos anuales.

**Figura 16.** Índice de incremento marginal mensual para jurel durante 1996. El promedio considera a todos los ejemplares.

**Figura 17.** Tasa de crecimiento de los otolitos suavizadas mediante la transformada rápida de Fourier (FFT) para relacionarlas con las marcas hialinas. Las flechas indican aproximadamente la formación de marcas hialinas según las lecturas efectuadas en los otolitos enteros.

**Figura 18.** Tasa de crecimiento de los otolitos suavizadas mediante la técnica de "Lowess" para relacionarlas con las marcas hialinas. Las flechas indican aproximadamente la formación de marcas hialinas según las lecturas efectuadas en los otolitos enteros.

**Figura 19.** Relación entre la longitud y la edad de jurel asignada a partir del análisis de otolitos enteros y seccionados.

**Figura 20.** Distribución de edades de jurel estimadas en otolitos (entero y seccionado), por lector.

**Figura 21.** Edad promedio e intervalo de confianza al 95% para las 12 combinaciones lector-lectura-método (el primero, segundo y tercer dígito representa al lector, lectura y método, respectivamente).

**Figura 22.** Graficación del sesgo a la edad, de seis comparaciones pareadas lector-método. La barra representa el intervalo de confianza al 95% de la edad promedio asignada por un lector a todos los peces que fueron asignados a una edad dada por el lector control (X). La recta representa una equivalencia 1:1.

**Figura 23.** Relación entre la longitud horquilla y el radio del otolito al momento de la captura (n=55). Datos provenientes del experimento de lecturas.

**Figura 24.** Distribución de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* en las capturas de la flota de San Antonio y Talcahuano durante 1996.

**Figura 25.** Curvas de crecimiento seleccionadas para *T. s. murphyi*.

**Figura 26.** Comparación de la tasa de crecimiento promedio ( $dL/dt$ ) para dos fracciones de tamaños de *T. s. murphyi*, arriba: fracción 20-30 cm LH; abajo: fracción 50-60 cm LH.

**Figura 27.** Modelo 3 de MULTIFAN, con 12 clases de edad, ajustado a los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería de altura rusa (1987-1991).

**Figura 28.** Modelo 7 de MULTIFAN, con 12 clases de edad, ajustado a los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería de altura rusa (1987-1991).

**Figura 29.** Modelo 3 de MULTIFAN, con 12 clases de edad, ajustado a los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile (1991-1995).

**Figura 30.** Modelo 7 de MULTIFAN, con 11 clases de edad, ajustado a los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile (1991-1995).

**Figura 31.** Modelo 3 de MULTIFAN, con 9 clases de edad, ajustado a los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería industrial de cerco que desembarcó en Talcahuano en 1996 (enero-noviembre).

**Figura 32.** Modelo 7 de MULTIFAN, con 9 clases de edad, ajustado a los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería industrial de cerco que desembarcó en Talcahuano en 1996 (enero-noviembre).

**Figura 33.** Distribución de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi*, obtenidas a partir de la pesca exploratoria realizada por el B/I Academic Knipovich en 1973 (Tabla 4 de Nekrasov, 1994).

**Figura 34.** Ajuste del modelo ad hoc a la distribución de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* proveniente del B/I Academic Knipovich, condicionado a los parámetros de crecimiento de Nosove et al. (1989).

**Figura 35.** Relación entre la tasa de mortalidad natural y el índice de crecimiento efectivo de *T. s. murphyi*.

**Figura 36.** Clases de edad presentes en la estructura de tallas de *T. s. murphyi* del B/I Academic Knipovich en 1973. Separación de clases de edad utilizando MIX y condicionando las longitudes promedio al modelo de crecimiento de Nekrasov (1987) (ver Tabla 42).

**Figura 37.** Curvas de pesca según descomposición de grupos de edad condicionado al crecimiento descrito por a) Nekrasov (1987) y b) Shcherbich (1991).

**Figura 38.** Curvas de pesca según descomposición de grupos de edad condicionado al crecimiento descrito por a) Kochkin (1994) y b) Araya et al. (1993).

**Figura 39.** Estimaciones empíricas de mortalidad natural según 10 conjuntos de parámetros de crecimiento en longitud disponibles para *T. s. murphyi*.

**Figura 40.** Número de larvas *Anisakis* sp. según la edad de *T. s. murphyi*. NOTA: 2462 observaciones ocultas.

**Figura 41.** Función objetivo (estadístico A) y tasa de mortalidad natural estimada en función de dos valores para la longitud asintótica de jurel y 8 valores de K entre K=0,05 y 0,12 con incrementos de 0,01.

## 5. ANTECEDENTES

Las evaluaciones de la abundancia del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) mediante métodos indirectos, como el Análisis Secuencial de Población, se basan en la descomposición de la estructura de tamaños en el desembarque en estructura de edades, para lo que se requiere de las mejores estimaciones de edad y de crecimiento (Cubillos y Arancibia, 1995), así como de la tasa de mortalidad natural.

Sin embargo, parece haber fuertes discrepancias en lo que respecta a la edad y crecimiento (Araya *et al.*, 1993a; Böhm *et al.*, 1994; Cubillos *et al.*, 1995; Cubillos y Arancibia, 1995) y tasa de mortalidad natural, apreciándose diferencias notables en el valor de ésta para *Trachurus symmetricus murphyi*. En efecto, Arancibia *et al.* (1995) informan un valor de  $0,4 \text{ año}^{-1}$ , mientras que Serra & Barría (1988) utilizan  $0,25 \text{ año}^{-1}$ .

En el último tiempo, el avance más importante en la determinación de la edad en peces ha sido el descubrimiento de los anillos de crecimiento diario en los otolitos (Pannella, 1971). Esta técnica, se ha aplicado a varias especies de peces y en diferentes estados de desarrollo (Brothers *et al.*, 1976; Jones, 1986; Garland, 1987), aunque se ha visto limitada la aplicación en ejemplares adultos, debido a problemas para obtener buenas preparaciones que permitan realizar lecturas apropiadas, resolución del microscopio óptico, como también al tedioso proceso de contabilizar todos los microincrementos (Ralston y Miyamoto, 1981).

A partir de fines de la década del '70, se ha desarrollado un método más eficiente para determinar la edad y la tasa de crecimiento diario de los otolitos (Ralston, 1976; Ralston y Williams, 1988; Smith y Kostlan, 1991; Gauldie, 1994). Este método, se basa en la integración de la tasa de crecimiento del otolito (densidad de los microincrementos diarios), permitiendo determinar la edad de cada ejemplar y los parámetros de crecimiento.

La metodología antes referida ha sido aplicada en jurel por Araya *et al.* (1995) en ejemplares capturados en la zona norte de Chile, en el marco de los proyectos FIP Estudio biológico pesquero del recurso jurel en la zona norte y en la zona centro-sur. En estos estudios, además, se aplicaron las técnicas de lectura de otolitos enteros y en cortes; en donde se obtuvieron resultados muy dispares con respecto a los anillos diarios. Razón por la cual se pretende que el presente proyecto de respuesta a las dudas en el conocimiento del crecimiento en esta especie en la zona centro-sur de Chile.



Dada la importancia del jurel a nivel regional y nacional, el Consejo del Fondo de Investigación Pesquera (FIP) ha identificado e incluido el presente proyecto en el programa de investigación 1995. De acuerdo con los Términos Básicos de Referencia (TBR), los objetivos son los siguientes:

## 6. OBJETIVO GENERAL

Validar los métodos aplicados en la estimación de la edad y crecimiento, y determinar la mortalidad natural en el recurso jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) capturado en la zona centro-sur de Chile (Regiones IV a IX).

## 7. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Validar las estimaciones del crecimiento en longitud y peso del recurso jurel mediante el análisis individual y comparado de diferentes técnicas y/o procedimientos.
- b) Validar las estimaciones de edad del recurso jurel mediante el análisis individual y comparado de diferentes técnicas y/o procedimientos.
- c) Determinar la mortalidad natural del recurso jurel mediante el análisis individual y comparado de diferentes técnicas y/o procedimientos.

## 8. METODOLOGIA DE TRABAJO

### 8.1. AREA DE ESTUDIO

El área que cubre este estudio está referida a aquella donde se ejerce la mayor actividad pesquera debida a la flota industrial de cerco de la Octava Región, y que se extiende actualmente y principalmente entre los 31°S y 40°S hasta una distancia cercana a las 160 millas desde la costa.

## 8.2. OBTENCION DE MUESTRAS

### • Frecuencia de tallas

Con el objeto de determinar la estructura de tallas de jurel en las capturas mensuales de la flota, se fijó un mínimo de 52 unidades básicas de muestreo (UBM) en Talcahuano y 17 en San Antonio. La UBM consiste en una bandeja de 30 Kg de capacidad, la que se utiliza para tomar una muestra aleatoria de la bodega o descarga de una embarcación. Este número de UBM se distribuyó regularmente durante cada semana de un mes, correspondiéndole a cada una al menos 13 UBM. Además, con el objeto de evitar sesgos debido a la selección de los barcos, el número de UBM se distribuyó por categorías de embarcación, donde los estratos fueron definidos de acuerdo con la capacidad de bodega de las embarcaciones (Tabla 1).

### • Muestras de otolitos sagittae

Para la aplicación del método de la densidad de los microincrementos diarios, el diseño de muestreo responde a un doble muestreo estratificado en donde se consideran los intervalos de tallas como estrato; la primera etapa corresponde a un muestreo aleatorio simple de la frecuencia de tallas, la segunda etapa a un submuestreo estratificado por clase de talla. Bajo un criterio fijo de submuestreo (Chugunova, 1963), se consideró 10 pares de otolitos por clase de talla de 1 cm mensuales. A cada ejemplar muestreado se le registró su longitud horquilla, peso total y se le extrajeron los otolitos.

## 8.3. ANALISIS DE LA EDAD

### 8.3.1. METODO DE LA DENSIDAD DE LOS INCREMENTOS DIARIOS, INCORPORANDO EL PESO DEL OTOLITO

#### 8.3.1.1. MEDICION DEL RADIO Y PESO DEL OTOLITO

Se midió bajo lupa el radio postrostral de los otolitos *sagittae*; este radio corresponde a la distancia entre el núcleo y el borde posterior del mismo. Además, se registró el peso del otolito, en una balanza analítica marca Sartorius con una precisión de 0,0001 g.

Con el fin de detectar errores en las mediciones y, además, para determinar si era necesario deshidratar los otolitos antes de registrar el peso final, se realizaron las siguientes comparaciones del peso del otolito: (a) entre el otolito izquierdo y derecho; (b) entre dos lectores; y (c) entre peso húmedo y peso seco. Se compararon los coeficientes de regresión de los ajustes realizados entre ambas variables para cada caso, utilizando el test "t", el número de observaciones fue de 34. Para secar los otolitos, estos fueron puestos en un horno a 60 °C por 12 horas (Fletcher, 1991).

### **8.3.1.2. SUBMUESTREO DE OTOLITOS PARA ANALISIS MICROESTRUCTURAL**

Para el análisis microestructural, se tomó al azar, en forma mensual 50 otolitos provenientes de igual número de individuos de jurel.

### **8.3.1.3. PREPARACION DEL OTOLITO**

Las lecturas y mediciones de los microincrementos diarios de crecimiento de los otolitos se realizaron desde secciones delgadas del otolito, siguiendo la metodología y modificaciones propuestas por Brothers et al. (1976), Campana y Neilson (1985) y Wild (1986), la que consiste en obtener una sección de la vista frontal del otolito, puliendo cada muestra con una pulidora Buehler-Ecomet 2, con lija de diversos granos (diámetro: de 600 a 800), utilizando para el pulido final alúmina de micropulido, hasta llegar al núcleo.

El proceso de pulido se siguió bajo un microscopio Nikon modelo Biophot, para evitar la eliminación del núcleo, hasta obtener el grosor requerido (10 mm aproximadamente), con lo que se permite la transmisión de la luz. De esta manera, son observados los microincrementos de crecimiento al microscopio óptico.

### **8.3.1.4. LECTURA Y MEDICIONES DE LOS INCREMENTOS DIARIOS EN LA MUESTRA PREPARADA DEL OTOLITO**

- **Lectura de las preparaciones**

Las secciones delgadas de los otolitos se examinaron y leyeron por dos lectores en un microscopio Nikon de luz transmitida, con aumento de 1000X. Las lecturas se realizaron, en sectores entre el

núcleo y el borde postrostral, seleccionando a lo largo de este eje de crecimiento los segmentos en que los microincrementos eran lo suficientemente claros e interpretables; esto es, que se observaran estructuras "bipartitas", vale decir compuestas de una zona clara y una oscura (Taubert y Coble, 1977; Wild y Foreman, 1980; Mugiya et al., 1981). Entre el núcleo y el borde postrostral del otolito se determinó la densidad de los incrementos diarios de crecimiento a diferentes distancias del punto medio del segmento y el núcleo; todas estas mediciones se realizaron con un micrómetro ocular.

- **Control de la precisión en las lecturas de los incrementos diarios**

Con el fin de evitar errores sistemáticos que pudieran estar cometiendo uno de los lectores y controlar la precisión de las lecturas de los incrementos diarios, mediante el test de razón de máxima verosimilitud se comparó las funciones de las tasas de crecimiento del otolito obtenidas por cada lector (el ajuste de las funciones de explica mas adelante).

- **Procesamiento de la información**

Con los datos de la longitud del segmento del otolito ( $\mu\text{m}$ ) y el número de incrementos diarios presentes en aquél, se procedió a calcular la tasa de crecimiento del otolito, mediante la siguiente aproximación:

1)...

$$\frac{\Delta x}{\Delta \text{incrementos}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \approx \frac{dx}{dt}$$

donde: dx es la longitud del segmento ( $\mu\text{m}$ ) a una distancia "x" del núcleo; dt es el incremento de tiempo (días), que corresponde al número de incrementos diarios.

La serie de pares ordenados (dx/dt; x) se ajustó a un modelo matemático determinado,  $dx/dt = f(x)$ , mediante análisis de regresión. Otros autores han ajustado distintos modelos a la tasa de crecimiento del otolito de distintas especies, es así como, Ralston y Miyamoto (1981) ajustan una función exponencial a información de **Pristipomoides filamentosus**, Smith y Kostlan (1991) ajustan una función del tipo gama para **Etelis carbunculus**, Gauldie (1996) ajusta una línea recta para **Macruronus novaezelandiae**, cuyo modelo de regresión no fue estadísticamente significativo. Para efectos del presente proyecto, el modelo ajustado se determinó sobre la base de la significancia de los parámetros, la sumatoria de los residuos al cuadrado y análisis de residuos (Zar, 1984).

Posteriormente, al tener el modelo que explique el crecimiento del otolito, se despeja  $dt$ , tratándola como una integral definida, limitada por el núcleo ( $x=0$ ) y el radio ( $X$ ) corregido por el peso del mismo otolito al momento de la captura del ejemplar, entregando de esta forma un estimado de la edad del pez, en días ( $T$ ), cuya expresión analítica es:

2)...

$$\int_{t=0}^T dt = \int_{x=0}^x f(x)^{-1} dx$$

La evaluación de la integral definida se realizó mediante el programa computacional MTOOL de Maher (1988), que utiliza la Regla de Simpson de integración numérica. Al programa se le ingresa los coeficientes del modelo de regresión y el radio del otolito ( $\mu\text{m}$ ) corregido por el peso del mismo.

- **Corrección del radio por el peso del otolito**

El supuesto subyacente para utilizar el peso del otolito, es que esta variable es un buen predictor del tiempo vivido por el pez. El método se basa en que después de un cierto tamaño que alcanza el otolito, éste no incrementa en longitud o ancho, sino que continua incrementándose en espesor, y por ende en peso con la edad (Boehlert, 1985). Por consiguiente, se corrigió el radio mediante el modelo de regresión que relaciona el radio con el peso del otolito con el radio, i.e.

3)...

$$RO = a + \ln WO$$

donde RO y WO corresponden al radio ( $\mu\text{m}$ ) y peso (g) del otolito.

### 8.3.2. ANALISIS DE MARCAS ANUALES Y HIALINAS PRESENTES EN LOS OTOLITOS

#### 8.3.2.1. VERIFICACIÓN DE LA DETERMINACIÓN DE LA EDAD DE JUREL EN OTOLITOS ENTEROS Y CORTES TRANSVERSALES

##### a) Antecedentes

La estimación de la edad de los peces del género **Trachurus**, utilizando los otolitos, puede presentar diversos grados de dificultad (ICSEAF, 1986; Morales-Nin, 1988). Al aplicar diferentes métodos se pueden obtener distintos resultados, como es el caso de **Trachurus symmetricus murphyi** en que se han aplicado las técnicas de determinación de edad en otolitos enteros, secciones transversales e integración numérica de microincrementos (Alegria *et al.*, 1995 ; Arancibia *et al.*, 1995). También se han observado discrepancias en los resultados de estudios de edad de esta especie realizados por numerosos autores que utilizaron la metodología de determinación de edad en otolitos enteros (Kochkin, 1994).

Las zonas de crecimiento observadas en otolitos de peces del género **Trachurus** no siempre están constituidas por un anillo opaco y uno hialino o translúcido. En otolitos enteros de **T. t. capensis** (ICSEAF, 1986) y en otolitos seccionados de **T. t. trachurus** (Arruda 1987); **T. t. capensis**, (Shcherbich, 1992; Kerstan, 1995), y **T. s murphyi** (Kochkin, 1994) se han observado zonas de crecimiento formadas por anillos dobles o múltiples. Este hecho aumenta la posibilidad de interpretación errónea. La formación del anillo juvenil antes del depósito del primer anillo hialino (ICSEAF, 1986) puede reducir la exactitud de las estimaciones.

En este sentido es importante la validación del método de lectura, entendiéndose por validación la confirmación del significado temporal de un incremento de crecimiento, esto es, la determinación de la exactitud de la edad determinada en referencia a la edad verdadera (Wilson *et al.*, 1987; Kimura y Lyons, 1991). Existen varios métodos de validación de la edad, tales como el marcaje de los ejemplares combinando marcas externas con inyecciones de oxitetraciclina, seguimiento de clases inusualmente fuertes a través del tiempo, determinación de la edad en peces jóvenes cuya edad sea previamente conocida y últimamente se ha estado desarrollando una técnica basada en radioisótopos (Kimura y Lyons, 1991). Aún cuando la validación debiera ser parte de todo estudio de edad (Beamish y McFarlane, 1983) en la práctica estas técnicas pueden ser aplicadas sólo a algunas especies de peces, por razones relacionadas con las características biológicas de las

especies, con dificultades prácticas o con el aspecto económico por lo oneroso que resulta su implementación.

Por esta razón, la mayoría de los estudios publicados hasta la fecha se refieren al proceso denominado verificación; es decir, la confirmación de la interpretación numérica de la estructura analizada, concepto análogo a establecer la precisión o reproductibilidad de la determinación de la edad, considerando la precisión como el grado de reproductibilidad o consistencia del conteo de las bandas concéntricas (Wilson *et al.*, 1987).

Los objetivos de esta sección son:

- Verificar la interpretación de la edad de jurel determinada mediante la técnica tradicional de lectura de anillos macroestructurales de crecimiento en el otolito entero, confrontada con el método de lectura de anillos en secciones transversales de otolitos, y
- Establecer el grado de consistencia y de precisión que existe en los resultados obtenidos entre e intra-lector y entre métodos.

#### **b) Experimento de lectura**

Para verificar la edad de jurel se desarrolló un estudio comparativo de dos métodos de lectura (otolito entero y otolito seccionado), con el propósito de probar si existen o no diferencias en la edad del jurel, derivadas de la interpretación de los anillos macroestructurales del otolito usando ambas técnicas; además, se evaluó la consistencia en la determinación de la edad entre lectores y lecturas.

El otolito entero corresponde al método que tradicionalmente se ha empleado en la asignación de edad en jurel, estructura que no necesita una mayor elaboración, por lo tanto con este método las muestras pueden ser procesadas más rápidamente. El método de lectura de secciones transversales, en cambio, tiene asociado un mayor costo en preparación e interpretación.

En la experiencia se utilizó una muestra de otolitos de 55 ejemplares, los cuales fueron leídos independientemente por tres lectores experimentados, dos de ellos especializados en otolitos de jurel

y uno que no tenía experiencia previa en esta especie, aunque experimentado en leer otolitos de otras especies, el cual recibió un adiestramiento previo. Las estructuras enteras fueron analizadas por dos lectores. Cada lector examinó la misma estructura, efectuando tres réplicas con un desfase de tiempo razonable. Posteriormente los otolitos fueron seccionados y leídos nuevamente por dos lectores, replicando tres veces las lecturas. En total se realizaron 660 lecturas (55 peces por 2 métodos por 2 lectores por 3 lecturas), que generaron la siguiente matriz de datos

N° Ind.	Método											
	Otolito Entero						Otolito Seccionado					
	Lector 1			Lector 2			Lector 1			Lector 2		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
1	X <sub>111 1</sub>	X <sub>112 1</sub>	X <sub>113 1</sub>	.	.	.	.	.	.	X <sub>221 1</sub>	X <sub>222 1</sub>	X <sub>223 1</sub>
2	X <sub>111 2</sub>	X <sub>112 2</sub>	X <sub>113 2</sub>	.	.	.	.	.	.	X <sub>221 2</sub>	X <sub>222 2</sub>	X <sub>223 2</sub>
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
55	X <sub>111 55</sub>	X <sub>112 55</sub>	X <sub>113 55</sub>	.	.	.	.	.	.	X <sub>221 55</sub>	X <sub>222 55</sub>	X <sub>223 55</sub>

### c) Lectura de otolitos

La lectura de los otolitos se basa en la identificación y conteo de los anillos hialinos anuales que se observan oscuros bajo luz incidente. El anillo hialino (annulus) se define como una zona constituida por uno o varios anillos hialinos estrechamente agrupados, interpretados como el incremento hialino anual; se depositan en el otolito durante o cerca de un período de disminución o detención del crecimiento. El anillo hialino aparece oscuro bajo luz reflejada o incidente, mientras que con luz transmitida, se ve claro y opaco. El anillo opaco está formado por uno o varios anillos densos agrupados, interpretados como el incremento opaco anual que se deposita sobre el otolito durante un período de crecimiento rápido; esta zona opaca inhibe el paso de la luz, aparece clara bajo la luz reflejada y oscura con la luz transmitida (Chilton y Beamish, 1982; ICSEAF, 1986). El conjunto de un anillo opaco interno más uno hialino externo, constituye un anillo de crecimiento.



- **Otolitos enteros**

Para el examen e interpretación de la estructura externa de los otolitos, se emplearon microscopios estereoscópicos marca Nikon modelo SMZ-10 e iluminación incidente contra fondo negro. Los otolitos se observaron sumergidos en una solución clarificante de glicerina y alcohol. Se trabaja en la cara cóncava del otolito, empezando por ubicar el foco, esto es, el punto real de origen del otolito entero, a partir del cual se empieza a contar los anillos hacia el borde y se usa como referencia para las mediciones. Los anillos hialinos, una vez identificados como zonas oscuras en toda la extensión del otolito, se contaron a lo largo del eje axial repitiendo la cuenta hacia otros ejes. Se midió el radio total del otolito y el radio de cada anillo identificado desde el foco hasta su borde externo posterior, utilizando una reglilla micrométrica de 100 divisiones, en que cada división equivale a 100 micrones. Se calificó y registró el tipo de borde que presentan los otolitos (hialino u opaco).

- **Cortes transversales de otolitos**

Mediante la técnica de Gili y Cid (1993), se prepararon secciones transversales del otolito derecho, que incluyen el foco. Los cortes transversales de los otolitos incluidos en Eukitt, se realizaron con una máquina de corte lento marca ISOMET-BUEHLER, provista de dos discos de corte diamantados de 10 cm de diámetro y 0,3 mm de grosor. La lámina obtenida se monta en una placa porta-objetos numerada con el sector ventral del corte hacia la derecha y se fija con Eukitt. La superficie expuesta se pule mediante una lija al agua de grano fino (1500) y se cubre con una nueva película de Eukitt.

La lectura de los anillos hialinos en los cortes se realizó utilizando un microscopio estereoscópico Nikon, con aumento de 20x, con iluminación incidente contra fondo negro. Los anillos se contaron hacia el sector ventral del corte y se corroboró en diferentes zonas del mismo. Se utilizó una reglilla micrométrica de 100 divisiones (100 DMO) inserta en el ocular, para medir el radio del corte y de cada uno de los anillos identificados, desde el foco hasta el borde ventral, que es la zona donde los anillos se observan algo más espaciados, pudiendo ser medidos con mayor facilidad. La conversión a milímetros de las medidas se realizó multiplicando los valores registrados por el factor 0,05.

#### **d) Análisis estadístico**

El análisis estadístico se basa en el supuesto de que las repeticiones de las lecturas son estadísticamente independientes, esto significa que cada lector no tuvo conocimiento del resultado del otro lector, ni de sus lecturas anteriores.

Para detectar sesgos en las lecturas se empleó un método gráfico que consiste en graficar la edad entre dos lectores, considerando a uno como control (Campana *et al.*, 1995). Se grafica las lecturas de edad de un lector (Y) representada con la media y su intervalo de confianza al 95%, correspondiente a cada una de las categorías de edad reportadas por el otro lector considerado como control (X).

La precisión de la estimación de edad son comparadas a través del porcentaje de error promedio (APE) descrito por Beamish y Fournier (1981)

$$4) \dots \quad APE = \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j}$$

donde:

- $X_{ij}$  = Edad i-ésima determinada en el j-ésimo pez
- $X_j$  = Edad promedio calculada para el j-ésimo pez
- R = Número de veces que cada pez es leído

Además, se empleó un índice propuesto por Chang (1982), el cual emplea un coeficiente de variación (C.V.) como test de reproductibilidad en la determinación de la edad entre e intralectores. Este último índice ha demostrado ser una medida de precisión más robusta en este tipo de estudios (Campana *et al.*, 1995)

$$5) \dots \quad CV_j = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j}$$

### 8.3.2.2. ANALISIS DE LA CONSISTENCIA DE MARCAS HIALINAS

Se ha demostrado que la determinación de la edad en peces, basado en métodos tradicionales (anillos anuales o semianuales de crecimiento en estructuras óseas, como los otolitos), puede conducir a severas subestimaciones o sobrestimaciones de la edad (Wild, 1986; Arruda, 1987;

Beamish y McFarlane, 1987), influyendo luego seriamente en la descomposición de la estructura de tamaños del desembarque en estructura de edades y posteriormente, permitiendo arribar a fuertes diferencias en los estimados de abundancia del stock.

Arruda (1987) documenta que en los otolitos de **T. trachurus** se forman anualmente no sólo uno, sino dos anillos hialinos, el primero durante el otoño tardío y el segundo durante el invierno. Una situación similar ocurriría en **T. japonicus**, formándose dos anillos hialinos por año en el hueso urohial (Kim *et al.*, 1969). Macer (1977) también se refiere a la posibilidad de la formación de más de un anillo hialino y uno opaco cada año en otolitos de **T. trachurus**, aunque sin aportar evidencias concluyentes.

La determinación de la edad en peces, utilizando la macroestructura de los otolitos, se basa en el recuento de anillos opacos o hialinos dispuestos generalmente alternadamente alrededor de un núcleo opaco, formado durante el primer período de crecimiento (Chilton y Beamish, 1982).

Con el fin de identificar los probables anillos verdaderos y además para comparar las lecturas macroestructurales entre los diferentes lectores, es que se procedió a identificar marcas hialinas con modificaciones a las técnicas propuestas por FAO (1982) y a las usadas en Chile, tanto en **T. s. murphyi** como en otras especies (Pavez y Saa, 1978; Aguayo *et al.*, 1981; Aguayo y Steffens, 1986; Castillo y Arrizaga, 1987). Las lecturas de marcas hialinas se realizaron en los otolitos enteros, por la cara externa, hidratados previamente en agua destilada por una hora, y luego sumergidos en alcohol 95° sobre un portaobjetos cóncavo, observándolos con luz reflejada sobre fondo oscuro. Se utilizó como fuente de luz haces epiaxiales de luz de fibra óptica. Se realizó tres lecturas a cada otolito derecho, por diferentes lectores, independientemente, quienes tomaron las siguientes mediciones e información: tipo borde, radio máximo y radio a cada marca hialina. Las observaciones se realizaron en estereomicroscopio Nikon modelo SMZ-10, a un aumento de 10X y equipado con un ocular micrométrico de 100 divisiones (dmo), donde cada división corresponde a 100 µm. Cada lector recibió los otolitos en sobres, los que contenían sólo un código, por lo que el personal técnico desconocía absolutamente el tamaño del pez. Esto se realizó para reducir sesgos en las estimaciones.

El criterio que utilizaron los lectores para discernir qué marca hialina medir, fue considerar aquellas marcas que estén lo suficientemente claras y posibles de medir, por lo que no necesariamente la marca tiene que rodear completamente al núcleo. De esta forma, se evitó que los lectores supieran *a priori* qué anillo registrar y contar.

Las mediciones realizadas por los lectores a cada marca hialina del otolito se agruparon en una distribución de frecuencia con intervalos de tamaños de 10 dmo, con el fin de identificar modas que

permitan discernir entre anillos anuales verdaderos y falsos. El criterio que se utilizó para discriminar entre los distintos anillos se basa en Junquera *et al.* (1988) y consistió en sumar las lecturas de las distribuciones de frecuencias que presenten la misma moda, tanto las provenientes de un mismo lector como al combinarlas.

Debido a que la distribución de frecuencia de la distancia núcleo-marca hialina toma en cuenta tanto la presencia de anillos hialinos verdaderos como falsos, se asignaron edades considerando todas las posibles combinaciones. Esto permitió establecer diferentes tasas de crecimiento del otolito, las que se compararon con aquellas obtenidas a partir de las otras lecturas, tal como lo aplicó Cubillos (1994). Además, se complementó el análisis graficando las distancias de cada marca hialina con respecto al peso del otolito que habría tenido dicha marca y bajo el supuesto que la edad y el peso del otolito presentan una relación directa, se realizaron distintas combinaciones hasta encontrar las que se ubican en una línea recta.

La precisión de las lecturas (número de marcas que identifica cada lector) se calculó mediante una modificación al índice de error promedio (APE) para estimaciones repetidas, propuesto por Beamish y Fournier (1981); entendiéndose como precisión en las lecturas la repetibilidad de una medida individual (Campana y Jones, 1992), el índice se define en la Ecuación (4).

Además, para definir la precisión en la identificación de las diferentes marcas hialinas, se compararon las distribuciones de frecuencias de cada marca considerada por los lectores mediante el test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov.

### 8.3.3. INDICE DE INCREMENTO MARGINAL DE LOS OTOLITOS

El índice de incremento marginal es un método de validación que describe la formación de los anillos de crecimiento (hialino y opaco) en una base mensual, oscilando entre 0 y 1 (Samamé, 1977). Para valores bajos del índice se interpreta como el comienzo de formación de un anillo opaco y para valores altos el término de formación de un anillo hialino, por lo que, entre 0 y 1, se tiene la formación de un anillo opaco y uno hialino. El índice se expresa por:

6)...

$$IIM_j = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

6.1)...

$$IIM_j = N^{-1} \sum_{j=1} IIM$$

donde:  $IIM_i$  es el incremento marginal del  $i$ -ésimo ejemplar, e  $IIM_j$  es el incremento marginal para la clase de talla  $j$ -ésimo, compuesta por  $N$  ejemplares;  $R$  es el radio total del otolito (mm);  $r_n$  radio del último anillo hialino (mm) completamente formado y  $r_{n-1}$  radio penúltimo anillo hialino (mm).

El índice  $IIM_j$  se calculó por mes y por clase de talla de 2 cm de longitud horquilla, basado en que la diferencia de las longitudes promedios para edades mayores, en la pesquería de **T. s. murphyi** de Chile centro-sur, es de alrededor de 2 cm (Cubillos *et al.*, 1995).

#### 8.3.4. RELACION ENTRE LA DENSIDAD DE LOS INCREMENTOS DIARIOS CON LAS MARCAS HIALINAS Y LA DISTANCIA AL FOCO

Se realizó un análisis de la información de la densidad de los incrementos diarios, con el fin de detectar la relación que existe entre ancho promedio de los incrementos y las distintas marcas hialinas que se encuentran en el otolito del **T. s. murphyi**. La metodología aplicada consiste en el suavizamiento de las curvas mediante la transformada rápida de Fourier.

#### 8.4. ANALISIS DEL CRECIMIENTO DE **T. s. murphyi**

##### 8.4.1. MODELO DE CRECIMIENTO

El crecimiento en longitud y peso de **T. s. murphyi** se asume es descrito mediante el modelo general de crecimiento de von Bertalanffy. La expresión del crecimiento en longitud es:

7)...

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

donde  $L_\infty$  es la longitud asintótica (cm), que corresponde a la longitud horquilla promedio que alcanzarían los individuos de **T. s. murphyi** si crecieran indefinidamente;  $K$  es el coeficiente de

crecimiento ( $t_0^{-1}$ );  $t_0$  es la edad hipotética del pez (años) cuando su longitud es cero, siempre y cuando creciera de acuerdo al modelo de von Bertalanffy;  $L_j$  es la longitud horquilla promedio (cm) a predecir correspondiente a la edad "t" (años).

La estimación de los parámetros de crecimiento será realizada mediante procedimientos de ajustes no lineales, utilizando el algoritmo de Marquardt implementado en el programa Statgraphics.

## 8.4.2. INFORMACION REQUERIDA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DEL MODELO DE CRECIMIENTO.

### 8.4.2.1. RETROCALCULO DE LONGITUDES

En general, el método del retrocálculo puede ser válido, sí y sólo sí la función radio del otolito-longitud del pez explique el crecimiento de los individuos que no están presentes en la pesquería (Araya y Martínez, 1995). Normalmente, el retrocálculo en estas situaciones se realiza sin evaluar la desviación que pueden tener los resultados al trabajar con un rango limitado de edades de la población. Smale y Taylor (1987) estudian el efecto de esta condición, denominada por Cohen (1950, fide Smale y Taylor op. cit.) como "truncamiento de la muestra", y la consideran como la principal fuente de error en la estimación de los parámetros de la relación longitud pez - radio otolito. A través de su estudio, ellos concluyen que el efecto que produce este truncamiento es acortar e inclinar las distribuciones de los datos de la relación en cada uno de sus extremos, desviar los estimados de la media, e influir en los parámetros de la regresión.

La metodología que se utilizó para obtener las longitudes promedio que habrían tenido los peces a una edad determinada, se realizó con la metodología indicada en Francis (1990), considerando la hipótesis de proporcionalidad de la longitud del pez, en la cual la longitud a la edad t para el pez j ( $LH_{tj}$ ) está dada por:

$$8)... \quad LH_{tj} = g(R_{tj}) \left( \frac{LH_{cj}}{g(R_{cj})} \right)$$

donde:  $g(R)$  es la función de regresión estimada para predecir la longitud horquilla desde el radio del otolito;  $LH_{cj}$ : longitud del pez j al momento de la captura. Pudiendo ser la función  $g(R)$  lineal,

potencial, exponencial o polinomial, dependiendo cual función describa mejor el crecimiento. La expresión corrige la desviación entre la longitud que se estima a través del modelo de regresión y la longitud actual al momento de la captura.

La expresión anterior de retrocálculo corrige la desviación entre la longitud que se estima a través del modelo de regresión y la longitud actual al momento de la captura. Para cada pez de la muestra, se aplicaron los siguientes pasos:

- a) Estimación del radio promedio que habría tenido un ejemplar a una edad  $t$
- b) Estimación de la longitud promedio para el pez  $j$  con radio  $R_c$  desde la función  $g(R)$ ;
- c) Cálculo del coeficiente: longitud de captura ( $LH_c$ ) dividido por la longitud promedio, estimada en (b);
- d) Estimación de la longitud promedio al momento de tener un tamaño de radio correspondiente a la edad  $i$ , mediante la función  $g(R)$ ;
- e) Ajuste de la longitud estimada en (d) por el coeficiente estimado en (c), esto es,  $(c)*(d)$ .

#### **8.4.3. SEGUIMIENTO DE COHORTES MEDIANTE TÉCNICAS DE PROGRESIÓN MODAL**

Los datos básicos para el análisis de progresión modal corresponde a distribuciones de frecuencia de tallas obtenidas a partir de las capturas de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile, las cuales cubren el período comprendido entre el primer trimestre de 1991 hasta el cuarto trimestre de 1995.

La versión de MULTIFAN sólo permite analizar 15 muestras de frecuencia de tallas, de tal manera que se optó por eliminar algunos trimestres del análisis de los datos históricos, particularmente en las muestras intermedias, considerando como criterio aquellas muestras cuya mayor frecuencia se encontrase en un rango de tallas intermedias.

Además, se analiza los datos de frecuencia de tamaños de jurel trimestrales provenientes de muestreos de las capturas de la flota de altura rusa del período comprendido entre enero de 1987 y octubre de 1991 (Grechina, 1992). En el caso de esta información también se optó por eliminar

algunos trimestres del análisis de acuerdo con los mismos criterios establecidos para la zona centro-sur.

También se analiza, en una escala mensual, las distribuciones de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* que fueron muestreadas en la zona centro-sur durante 1996.

Para el análisis de las distribuciones de frecuencia, como se indico previamente, se utilizó el programa MULTIFAN de Fournier *et al.*, (1990). Este programa, si bien no remueve completamente las decisiones subjetivas en el análisis de frecuencias de tallas, al menos introduce limitantes objetivas a la forma de hipótesis estructurales sobre cuál modelo resulta ser más adecuado para los datos que se están analizando. Además, MULTIFAN tiene la ventaja de analizar otros parámetros importantes tal como, la selectividad del primer grupo de edad, la dependencia de la desviación estándar en función de la talla promedio a cada grupo de edad y, permite estimar las proporciones de las distintas clases de edad que se encuentran en la distribución de frecuencia de tallas.

El algoritmo de MULTIFAN se basa en un modelo no-lineal, permitiendo una estimación robusta de los parámetros de crecimiento. Un método de máxima verosimilitud se utiliza para estimar la proporción de peces a cada edad, en cada una de las muestras, y por supuesto los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy, con o sin oscilación estacional en la tasa de crecimiento. Además, MULTIFAN calcula desviaciones estándar y correlaciones de todos los parámetros estimados. Por otra parte, el uso del método de máxima verosimilitud ayuda a discriminar objetivamente entre modelos alternativos que se diferencian estructuralmente.

Los principales supuestos del método son:

- i. La longitud de los peces en cada clase de edad presenta una distribución normal alrededor de la longitud promedio de cada grupo de edad.
- ii. La longitud promedio, a cada edad, es descrita por una curva de crecimiento del tipo von Bertalanffy.
- iii. La desviación estándar de las longitudes actuales alrededor de las longitudes promedio a cada edad, son funciones simples de la longitud promedio a cada edad



La secuencia analítica del programa MULTIFAN, consiste en los siguientes pasos:

**a) Proceso de inicialización.**

Esta es la parte más importante del análisis, donde se toman decisiones en base a los aspectos biológicos del recurso. En esta etapa se debe indicar: (i) el "Mes 1", que contiene el grupo de peces con la talla modal más pequeña en la serie de tiempo; (ii) la desviación estándar de una moda bien definida, y (iii) algunas longitudes promedio para asegurar que el modelo ajuste las modas apropiadamente y exhiba un comportamiento estable. Finalmente, se debe indicar: (iv) el número de clases de edad que se supone están presentes en la distribución de frecuencias de talla, y (v) valores probables del parámetro de crecimiento  $K$ . En **T. s. murphyi**, la elección se realizó en base al análisis comparativo del crecimiento efectivo desarrollado por Cubillos y Arancibia (1995).

**b) Estimación inicial o búsqueda sistemática inicial**

En esta etapa se estiman los parámetros, considerando el modelo con las hipótesis estructurales más simples, para cada número total de clases de edad y manteniendo constante el parámetro  $K$  de crecimiento.

**c) Estimación del parámetro  $K$  de crecimiento**

Sólo después que todos los otros parámetros han sido estimados, se procede a estimar el valor definitivo de  $K$ .

**d) Modificación de la búsqueda inicial**

Según las siguientes hipótesis estructurales del modelo: (i) dependencia de la desviación estándar con la talla promedio a edad ( $L_2$ ); (ii) sesgo por selección de la longitud promedio de la primera clase de edad ( $b_1$ ); y, (iii) parámetros de amplitud ( $C$ ) y fase ( $ts$ ) del crecimiento estacional. En **T. s. murphyi** se analizará todas las combinaciones posibles de estas hipótesis, lo que conllevará a la estimación de 8 modelos, cuya estructura se presenta en la Tabla 2.

e) **Selección de los modelos con distinto número de clases de edad**

El modelo seleccionado, entre distinto número de clases de edad, será aquel que genere un significativo incremento en la función de máxima probabilidad entre clases de edad consecutivas. Para ello, se utiliza un nivel de confianza del 90%, recomendado por Fournier *et al.* (1990) para reducir la probabilidad de ocurrencia de un error de tipo 2, *i.e.* rechazar un modelo conteniendo una clase de edad extra cuando ésta se encuentra realmente presente en la distribución de frecuencia de tallas.

f) **Selección de modelos con hipótesis estructurales alternativas**

Esta es la etapa final, donde se debe seleccionar entre modelos con hipótesis estructurales alternativas. En esta etapa se selecciona el modelo que tiene el más alto incremento en el valor de máxima probabilidad, al ser incluido un parámetro más en el modelo. Esto se realiza a través de la función Chi-cuadrado, esta vez al nivel del 95% de confianza. Por ejemplo, entre un modelo que no toma en cuenta el sesgo por selección de la primera clase de edad versus uno que sí lo considera, a un mismo número de clases de edad.

#### 8.4.4. INDICE DE CRECIMIENTO EFECTIVO ( $\phi'$ )

El crecimiento efectivo de *T. s. murphyi* será caracterizado, además, a través del índice promedio de crecimiento efectivo (growth performance index) de Pauly y Munro (1984), el cual, para un grupo de peces, presenta una distribución normal con coeficientes de variación que decrecen desde el nivel de familia al de especie. El índice se calcula según la siguiente expresión:

9)... 
$$\phi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_{\infty}$$

donde:  $\phi'$  es el índice de crecimiento efectivo; K,  $L_{\infty}$  son los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy.

El valor promedio y la desviación estándar de este índice permitirá caracterizar el crecimiento de *T. s. murphyi*, con respecto a grupos de peces del mismo género, antecedentes que serán recopilados de la literatura. Este análisis completará la revisión y análisis realizados y publicados recientemente por Cubillos y Arancibia (1995).

Para *T. s. murphyi* se ha recopilado un total de 22 parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy.

#### 8.4.5. COMPARACION Y VALIDACION DE LOS PARAMETROS DE CRECIMIENTO DISPONIBLES EN LA LITERATURA

A partir de los resultados obtenidos con MULTIFAN, se realizó una comparación del crecimiento y utilizando indicadores de mínima diferencia se validó algunos parámetros de crecimiento en longitud disponibles en la literatura, los cuales se han estimado nuevamente utilizando los datos longitud-edad disponibles.

La comparación se realizó fijando la primera longitud estimada por MULTIFAN para enero de 1996. A partir de ésta se determinó la edad de esa longitud promedio utilizando los parámetros de crecimiento que se está comparando. Posteriormente se suma una unidad de tiempo (1 mes) para obtener las longitudes promedio a la edad que predice los parámetros de crecimiento, esto se realiza hasta completar el número de clases de edad que encontró MULTIFAN. La comparación se realiza de acuerdo con dos criterios: (a) la suma total de diferencias al cuadrado entre las longitudes que predice los parámetros de crecimiento a comparar respecto de aquellas obtenidas con MULTIFAN; y, (b) el error porcentual total. Además, estos indicadores se analizan por clases edad con el objeto de indagar en qué momento ocurre una subestimación o sobreestimación del crecimiento respecto de los resultados con MULTIFAN.

Por otra parte, se consideró adecuado comparar los parámetros que describen las curvas de crecimiento utilizando el test  $T^2$  de Hotelling y la comparación de la y tasa de crecimiento para una rango de longitudes.

El primer método se basa en lo propuesto por Bernard (1981), pero con la formulación propuesta por Cerrato (1990), i.e.

10)...

$$T^2 = (P_1 - P_2)' S_{P_1-P_2}^{-1} (P_1 - P_2)$$

donde  $(P1-P2)'$  es un vector traspuesto de  $(P1-P2)$ , siendo este último el vector diferencia de parámetros (vector columna). En esta formulación  $S_{P1-P2}$  es la matriz de varianza-covarianza del vector diferencia de estimaciones. La prueba considera como hipótesis nula que los vectores de los parámetros de crecimiento son iguales, y la regla de decisión indica que se rechaza la hipótesis nula si el estadístico calculado supera el valor crítico ( $T_0^2$ ), i.e.

$$11)... \quad T_0^2 = 3 \frac{N_1 + N_2 - 6}{N_1 + N_2 - 8} F_{\alpha(3, N_1 + N_2 - 6)}$$

donde F representa el percentil de la distribución de Fisher con 3 y  $N_1+N_2-6$  grados de libertad.

El segundo método se basa en comparar la tasa de crecimiento en longitud, obtenida a partir de la primera derivada del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, i.e.

$$12)... \quad \frac{dl}{dt} = KL_{\infty} - KL_t$$

La comparación de la tasa de crecimiento promedio se realiza para el rango de longitudes 20-30 cm y 50-60 cm. Se generan Rmax valores alternativos e igualmente probable para la tasa de crecimiento promedio en base al error estándar de los parámetros Loo y K, tomando en cuenta la correlación entre ellos. A partir de los Rmax valores de la tasa de crecimiento, se determinan los límites de confianza de 95% con un método percentil y se compara con la tasa de crecimiento estimada a partir de otros conjuntos de parámetros de crecimiento. Si los límites de confianza se traslapan, se acepta la hipótesis nula, i.e. Ho.: las tasas de crecimiento son iguales.

## 8.5. TASA DE MORTALIDAD NATURAL

Con el objeto de estimar la tasa de mortalidad natural de **T. s. murphyi**, se ha acogido los comentarios del evaluador de la propuesta técnica, del primer informe de avance y del pre-informe final. La metodología de estimación se orienta al análisis de la distribución de frecuencia de tamaños para la población de un período en que la tasa de explotación era despreciable. Para ello, se utilizó dos aproximaciones: una a través del programa MULTIFAN y otra, especificando un modelo que

permita describir la disminución del número de ejemplares en la distribución de frecuencia de tallas de **T. s. murphyi**, según parámetros de crecimiento conocidos del modelo de von Bertalanffy.

### 8.5.1. MULTIFAN

Se utilizó el programa MULTIFAN, que para la estimación de la tasa de mortalidad, asume que las clases de edad terminales son todas muestreadas con igual probabilidad de selección en algunas muestras de distribuciones de frecuencia de tamaños. Si  $N_s$  es el número de distribuciones de frecuencia de tamaños que se utiliza para la estimación de la tasa de mortalidad natural y se define  $r_j$  por

$$13)... \quad r_j = \frac{1}{N_s} \sum_i \ln(p_{ji} + 0,001) \quad \text{para } 1 \leq j \leq N_j.$$

La siguiente suma

$$14)... \quad \text{switch}(23) / 10 \sum_{j=\text{switch}(24)}^{N_j} (r_j - c + jM)^2$$

se sustrae de la función de log-verosimilitud. Las cantidades  $c$  y  $M$  son parámetros que se estiman, mientras que  $\text{switch}(24)$  es igual a la primera clase de edad completamente reclutada en los datos.  $\text{Switch}(23)$  es un código interno del programa MULTIFAN e indica que dicha cantidad debe ser descontada de la función de log-verosimilitud.

La información utilizada se refiere a datos de frecuencia de tamaños de **T. s. murphyi** que representan la estructura de tallas de un estado de explotación incipiente, obtenidos en 1973 sobre la plataforma continental de Chile a bordo del B/I Academic Knipovich (Tabla 4 de Nekrasov, 1994). Con el objeto de utilizar el método de estimación de MULTIFAN, la distribución de frecuencia de tamaños se repitió 10 veces para analizar la distribución de frecuencia bajo el supuesto de una condición de equilibrio.

Los modelos estructurales que se consideró fueron cuatro, correspondiendo a los primeros cuatro consignados en la Tabla 2; esto es, Modelo (1), que considera la desviación estándar constante e

independiente de los grupos de edad; Modelo (2), que toma en cuenta un sesgo por selección de la longitud promedio del primer grupo de edad; Modelo (3), donde la desviación estándar es dependiente de la edad; y Modelo (4), donde ambas hipótesis estructurales de los modelos (2) y (3) son tomadas en cuenta.

Para los efectos de la estimación de la tasa de mortalidad se supuso que los individuos fueron completamente reclutados a partir del segundo grupo de edad presente en la distribución de frecuencia de tallas.

### 8.5.2. MODELO *AD HOC* ALTERNATIVO CON PARAMETROS DE CRECIMIENTO CONOCIDOS

Alternativamente, dado que se cuenta con parámetros de crecimiento reunidos de la literatura, se ha desarrollado un método en planilla electrónica Excel 5.0 que permite estimar los parámetros de un modelo ( $\theta_k$ ) que describe la fracción descendente de los datos de frecuencia de tamaños de jurel obtenida a partir de los muestreos del B/I Academic Knipovich.

El modelo supone que en la distribución de frecuencia de tamaños está presente un número determinado de clases de edad ( $t=1,2,\dots,T_{max}$ ), y que desde la primer grupo de edad hasta el último, la abundancia disminuye continuamente según el siguiente modelo

$$15) \dots \quad N_{t+1} = N_t \exp(-M)$$

donde  $N$  es la abundancia y  $M$  es la tasa de mortalidad natural. Para facilitar la estimación, sólo interesa la disminución relativa de la abundancia, de tal manera que la abundancia del primer grupo de edad es una cantidad desconocida y se fijó en la unidad.

El primer parámetro del modelo ( $\theta_1$ ) contiene la tasa de mortalidad natural ( $M=\theta_1$ ), el cual define la declinación de la abundancia de jurel con la edad. El primer grupo de edad presente en la muestra de frecuencia de longitudes se expresa a través de la longitud promedio, de tal manera que el segundo parámetro ( $\theta_2$ ), contiene la longitud promedio del primer grupo de edad presente en los datos de frecuencia de longitudes. A partir de este parámetro es posible determinar la edad del primer grupo de edad utilizando la siguiente ecuación

16)...

$$t(1) = t_0 - \frac{1}{K} \ln(1 - \theta_2 / L\infty)$$

Luego, la longitud promedio de los demás grupos de edad ( $t=2,3,\dots,T_{max}$ ), se estima con los parámetros conocidos del modelo de crecimiento en longitud, según la siguiente secuencia de edades

17)...

$$t(2)=t(1)+1, t(3)=t(2)+1, \dots, t(n)=t(n-1)+1$$

Bajo el supuesto de un análisis de curva de captura tradicional, después de una cierta edad todos los ejemplares son 100% vulnerados por el arte de pesca y todas las clases de edad se reclutan con una abundancia similar (ver Ricker, 1975). En consecuencia, la abundancia relativa de cada grupo de edad ( $N_t$ ) multiplicada por un factor de selección ( $p_t$ ) igual a la unidad indicará el supuesto que la distribución de edades es igual a la de la población. Por ende, existirán tantos valores de  $p_t$  como número de clases se consideren estén presente en los datos de frecuencia de tamaños.

Otros supuestos del modelo son:

- La longitud de los peces en cada clase de edad tiene una distribución normal, con media dada por los parámetros conocidos del modelo de crecimiento de von Bertalanffy.
- La desviación estándar de cada clase de edad ( $\sigma_t$ ) se considera constante.

Con respecto al último supuesto, inicialmente y después de varias pruebas, se consideró un valor constante ( $\sigma = 2,5$ ) para cada clase de edad. Este es un valor de la desviación estándar que más tarde se consideró como un parámetro desconocido adicional en el modelo. Además, la desviación estándar se puede modelar como un término dependiente de la edad (Fournier et al., 1990), utilizándose en este estudio la siguiente relación simple:

18)...

$$\sigma_{t+1} = \lambda \sigma_t$$

donde el subíndice  $t$  denota edad y  $\lambda$  es un factor constante de declinación ( $\lambda < 1$ ) o de aumento ( $\lambda > 1$ ) de la desviación estándar. El modelo puede estimar la desviación estándar del primer grupo de edad y el factor  $\lambda$ .

El modelo estima, para cada clase de longitud ( $L$ ), la frecuencia según

$$19) \dots \hat{f}_L = \sum_{t=1}^{Tmax} q N_t p_t \rho_{L,t} = \sum_{t=1}^{Tmax} n_t \rho_{L,t}$$

donde  $\rho_{L,t}$  viene dado por la función de distribución normal, mientras que  $q$  es una especie de coeficiente de capturabilidad si la abundancia real fuera a ser estimada.

Para controlar el proceso de estimación, la proporción de cada longitud estimada, i.e.

$$20) \dots \hat{Q}_L = \frac{\hat{f}_L}{\sum_{L=1}^{Lmax} \hat{f}_L}$$

se compara con la observada ( $Q_L$ ) utilizando el estadístico  $A$  de Schnute & Fournier (1980), i.e.

$$21) \dots A = -2 \sum_{L=1}^{Lmax} f_L \ln(\hat{Q}_L / Q_L)$$

donde  $f_L$  es el número de peces observado en la clase de longitud  $L$ . El estadístico  $A$  se consideró como la función objetivo en el proceso de estimación. De acuerdo con Fournier et al. (1990), minimizar el estadístico  $A$  es equivalente a maximizar una función de log-verosimilitud. El método de estimación de los parámetros fue Newton, con derivadas progresivas y estimación lineal en planilla electrónica utilizando la macro automática Solver del programa Excel 5.0. Para evitar mínimos locales, se probó diferentes combinaciones de los valores de los parámetros iniciales que permiten inicializar Solver. Sólo se aceptó las soluciones con el mensaje "Solver ha hallado una solución, se



han cumplido todas los supuestos y restricciones...". La Tabla 3 resume los parámetros del modelo que son directamente estimados con el algoritmo.

### **8.5.3. ANALISIS DE CURVA DE CAPTURA EDAD-ESTRUCTURADA TRADICIONAL**

Con el objeto de comparar los resultados del modelo *ad hoc*, se utilizó el siguiente procedimiento metodológico para estimar la tasa de mortalidad natural mediante un análisis de curva de captura tradicional:

- a) Estimación del número de clases de edad presente en la distribución de frecuencia de tallas,
- b) Estimación de la contribución relativa de cada clase de edad respecto del total de individuos en la muestra,
- c) Estimación de la mortalidad natural utilizando la porción descendente de la curva de captura mediante el coeficiente de regresión lineal.

La estimación del número de total de clases de edad y la proporción de cada grupo de edad se realizó mediante el algoritmo de MacDonald & Pitcher (1979) implementado en el programa Mix (MacDonald & Green, 1988). Las longitudes promedio iniciales correspondieron a las estimadas en el método *ad hoc* y la desviación estándar de cada componente normal se consideró constante. La estimación fue quasi-Newton sin restricciones para las proporciones ni la desviación estándar, mientras que las medias estuvieron condicionadas al modelo de crecimiento.

Una vez obtenida la proporción de cada grupo de edad, el número total de individuos observado en la muestra se multiplicó por la proporción a la edad para obtener el número de individuos por clases de edad. Se graficó el logaritmo de éstos respecto de la edad y se determinó la tasa de mortalidad natural mediante regresión lineal.

### **8.5.4. METODOS EMPIRICOS**

Se utilizan los métodos empíricos de: a) Pauly (1980), que utiliza los parámetros de crecimiento en longitud y la temperatura del ambiente; b) Rickther & Efanov (1976), que incorpora la edad de maduración masiva; y c), método de Alverson & Carney (1975), que emplea la edad crítica, cuando el stock se encontraba en explotación incipiente.

En la aplicación de los métodos empíricos se utilizaron los parámetros de crecimiento seleccionados de la literatura e informes finales de proyectos de investigación y que han sido recopilados para los fines de este proyecto. La edad de primera madurez sexual (T50%), requerida para aplicar el método de Rickther y Efanov (1976), se estima para una longitud de 25 cm LH (Andrianov, 1994) utilizando los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy. La edad de longevidad (Tmax) se estima para una longitud que representa el 95% de la longitud asintótica (Taylor, 1960; Beverton, 1963), y el estimador de la edad crítica corresponde a un cuarto de Tmax (Alverson & Carney, 1975).

Para analizar la precisión de los estimados de M, se estimó la varianza 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 ( $M_R$ ), generados mediante una forma paramétrica de la distribución del error, donde  $R= 1,2,\dots, R_{max}$  es un número  $\geq 100$ . Para el presente estudio se considera un  $R_{max}=1000$ , donde el estimado de la varianza asociada se calculó según la siguiente expresión:

$$22)... \quad VAR(M) = \frac{\sum_{R=1}^{R_{MAX}} (M_R - \bar{M})^2}{R_{MAX} - 1}$$

donde:

$$23)... \quad \bar{M} = \frac{\sum_{R=1}^{R_{MAX}} M_R}{R_{MAX}}$$

Para la generación de 1000 valores alternativos e igualmente probables, se utilizó los errores estándar de los parámetros de crecimiento y su correlación y la desviación estándar de los coeficientes de cada modelo empírico, lo que permitió internar la incertidumbre. A partir de los 1000 valores alternativos de mortalidad natural se determinó el promedio e intervalo de confianza, obtenido este último por un método percentil. En el caso del método de Pauly se consideró una distribución uniforme para la temperatura en el rango entre 9 y 14°C, para el método de Rickther & Efanov se supuso un coeficiente de variación de 10% para las constantes de la ecuación, con variabilidad independiente para cada una de ellas. A su vez, en el método de Alverson & Carney,

se consideró una distribución uniforme entre 0,2 y 0,4 para el estimador de la edad crítica en base a Tmax.

### 8.5.5. MORTALIDAD INDUCIDA POR PARASITOS

- **Antecedentes**

Los métodos empíricos utilizan y/o relacionan, por ejemplo, los parámetros de crecimiento en longitud y la temperatura del ambiente (Pauly, 1980), o la longevidad (Alagaraja, 1984), para deducir aspectos de la historia de vida de los organismos en estudio. Entre ellos se cuenta el que utiliza la fauna de parásitos (Lester 1984; Rousset et al., 1996).

El empleo del método de la estimación de la mortalidad natural inducida por parásitos posee dificultades, por lo que se han desarrollado algunas técnicas que permiten evaluarla indirectamente (Crofton, 1971; Anderson y Gordon, 1982; Adjei et al., 1986). En general, el método de uso más frecuente es el que utiliza las variaciones de la distribución de los parásitos en función de la edad de los hospedadores, que puede aportar indicios acerca de los patrones de mortalidad. Bajo el supuesto que la mortalidad de los hospedadores es inducida por la acumulación de parásitos, se ha observado que cuando la tasa de adquisición de parásitos es variable (no es la misma para los individuos hospedadores a través del tiempo), tanto la abundancia de parásitos en los individuos hospedadores como la relación entre la varianza de la abundancia y su promedio (dispersión), son máximas a edades intermedias del hospedador y declinan en hospedadores de más edad.

Para este proyecto se propuso utilizar la comparación de la frecuencia observada del parasitismo con una distribución de frecuencias proyectada basada en datos de peces levemente infectados, y la observación de la disminución de la relación varianza/promedio de la abundancia de los parásitos con la edad del hospedador, con el parasitismo por *Anisakis* sp. en jurel, ya que este parásito es frecuente y se acumula a lo largo de la ontogenia del hospedador (George Nascimento et al., 1983; George Nascimento & Arancibia, 1992). Ambos métodos suponen que la mortalidad inducida por el parásito es función de la cantidad de parásitos en cada individuo hospedador (Crofton, 1971), y por ende su efecto debe ser más notorio en los peces de más edad (Lester, 1984; Rousset et al., 1996). La hipótesis de trabajo sostiene que si este parásito es causante de parte de la mortalidad natural, entonces la distribución de frecuencias del número de parásitos por pez estará truncada (es decir, habrá menos peces con muchos parásitos que lo esperado en una distribución binomial negativa). Además, la hipótesis sostiene que la relación entre la varianza y el promedio de la abundancia parasitaria disminuye con la abundancia parasitaria y por consiguiente, con la edad del jurel.

Entre los supuestos más importantes se cuenta que la tasa de adquisición de parásitos aumenta a través de la edad del hospedador como consecuencia de la mayor ingesta diaria de alimento (la fuente de infección) en peces de mayor tamaño (edad). Otro supuesto es que la tasa de mortalidad de los parásitos en los hospedadores es igual a cero, ya que estos parásitos se acumulan sin multiplicarse en la cavidad celomática de los peces (Williams y Jones, 1994).

- **Aspectos metodológicos**

Se supuso que el parasitismo estaba en estado estacionario y por ende se utilizaron los datos de años anteriores, que comprenden un total de 3.897 jureles muestreados entre 1990 y 1996. En este último año se enfatizó en muestreos adicionales ( $n= 1.000$ ) en la cola derecha de la distribución de tamaños de los jureles, ya que son los datos más escasos. Se muestreo las vísceras de los peces ya que es ahí donde se localizan los parásitos, a partir de muestreos en las líneas de producción en empresas que efectúan sus desembarques en la VIII Región. No se consideró necesario un muestreo por estaciones del año o por localidades porque los antecedentes señalan la ausencia de diferencias en la relación entre la abundancia parasitaria y las épocas del año (corregidas para la edad de los peces) y las localidades geográficas (George Nascimento y Arancibia, 1992). Para la transformación de la longitud horquilla de los jureles a su edad en años se consideró  $t_0 = -0.11$ ,  $L_{\infty} = 71.6$  cm, y  $K = 0.138$  (ver Cubillos y Arancibia, 1995).

El cálculo de las frecuencias esperadas de la distribución binomial negativa fue realizado mediante el empleo del algoritmo de máxima verosimilitud, según Elliot (1971). La bondad del ajuste de la distribución de frecuencias observadas de la abundancia de Anisakis a la distribución binomial negativa fue realizado mediante la prueba de Chi cuadrado, con  $(s-p+1)$  grados de libertad, donde  $s$ = número de clases de edad,  $p$ = número de parámetros de la distribución binomial negativa (Elliot, 1971).

La correlación entre la dispersión de la abundancia de Anisakis y las clases de edad del jurel fue calculada mediante el coeficiente de Spearman (Zar, 1984).

## 9. RESULTADOS

### 9.1. ANALISIS DE LA EDAD

#### 9.1.2. METODO DE INTEGRACION DE LA DENSIDAD DE LOS INCREMENTOS DIARIOS, MEJORADO CON EL PESO DEL OTOLITO

Se colectaron 3747 otolitos distribuidos entre las clases de tallas 16 y 60 cm de longitud horquilla (LH), entre los meses de enero y diciembre, exceptuando el mes de noviembre (Tabla 4).

La distribución de frecuencia de tallas de todo el período se indica en la Figura 1, así como también las distribuciones de frecuencia de los radios (RO), pesos (WO), grosores y anchos de los otolitos (Fig. 1a, b, c, d y e respectivamente). Se puede observar el comportamiento de las variables del otolito con respecto a la longitud horquilla, en que esta última presenta una distribución que tiende a una normal con asimetría positiva. El RO presenta una distribución más simétrica, mientras que el WO claramente presenta una distribución log-normal mucho más notoria que la LH. Por otro lado, el grosor como el ancho del otolito presenta distribuciones polimodales.

En las lecturas de los microincrementos realizadas por dos lectores no se encontró diferencias significativas entre las funciones ajustadas, por lo que para efectos del análisis se consideró la información generada por el lector 1 que tiene un mayor número de lecturas y mayor experiencia.

En el análisis microestructural, se realizaron entre los dos lectores, un total de 3696 lecturas de la tasa de crecimiento del otolito (Tabla 5). El mejor ajuste entre la tasa de crecimiento del otolito y la distancia al núcleo se obtuvo con el modelo de Deriso (Figura 2), el cual resulta ser bastante flexible dado que su forma depende del valor que tome el parámetro  $c$  (Deriso 1980 fide Hilborn y Walters, 1992), siendo su expresión:

$$24) \dots \quad \frac{dx}{dt} = ax(1-bcx)^{1/c}$$

donde:

$$a = 0,0896$$

$$b = 0,0027$$

$$c = -0,2585$$

$$(n= 3160; R^2 = 0,705)$$

El modelo describe la tasa de crecimiento instantánea de un otolito promedio como una función del tamaño del mismo. Se observa que la tasa de crecimiento aumenta muy rápidamente en los primeros 800  $\mu\text{m}$  para posteriormente disminuir gradualmente. En la misma Figura 2, se aprecia que las lecturas abarcan desde los 50 a 4700  $\mu\text{m}$ ; es decir, es posible distinguir microincrementos hasta esta última distancia. Por otro lado, la gran variabilidad en la tasa de crecimiento para una misma distancia al núcleo, puede estar dado por considerar en los análisis individuos de clases anuales diferentes, los cuales pueden tener tasas de crecimiento diferentes. En consecuencia, una de las desventajas de la Figura 2 es el colapso de la variabilidad individual de la tasa de crecimiento de otolitos individuales.

Con el fin de mostrar algunas tendencias individuales en las lecturas de la tasa de crecimiento del otolito, se tomó una muestra aleatoria de 60 otolitos y se graficó para cada uno de éstos la tasa de crecimiento instantánea en función de la distancia al núcleo, siendo suavizada mediante un promedio móvil cada dos períodos (Figura 3). La secuencia individual está graficada en orden ascendente por el radio de los otolitos analizados, observándose que hacia los 1000  $\mu\text{m}$  tiende a producir una baja en la tasa de crecimiento, luego aumentaría para nuevamente disminuir a los 1900-2000  $\mu\text{m}$ . Posteriormente ocurre cierta tendencia al incremento en la tasa de crecimiento, pero dicho incremento es inferior a los previamente descritos. La hipótesis nula es que los descensos de la tasa de crecimiento están relacionados con la formación de marcas hialinas y los aumentos con la formación de anillos opacos en los otolitos.

En los otolitos más grandes, se aprecia además que por sobre los 4000-4300  $\mu\text{m}$  es posible leer solamente en algunos sectores, lo que correspondería a sectores con tasas de crecimiento mayores a 1  $\mu\text{m}$ , siendo éste el límite de resolución del microscopio óptico.

En cuanto al peso del otolito, los resultados obtenidos (Fig. 4a, b y c) indican que no existen diferencias significativas en el peso del otolito izquierdo y derecho ( $t_{(2,0,5;32)} = 2,724$ ;  $t_{\text{calc}} = 1,490$ ); entre lectores ( $t_{(2,0,5;32)} = 2,724$ ;  $t_{\text{calc}} = -0,457$ ). Entre peso húmedo y seco, tampoco hubo diferencias significativas ( $t_{(2,0,5;32)} = 2,724$ ;  $t_{\text{calc}} = 1,325$ ), por lo tanto se utilizó el peso húmedo de los otolitos para los análisis.

En la Figura 5 a, b, c y d, se observa el comportamiento del radio, ancho, grosor y peso del otolito, respectivamente, en función de la longitud horquilla, los modelos ajustados han sido el potencial para el radio y ancho del otolito; el modelo lineal para el grosor y el potencial con intercepto para el peso del otolito (Tabla 6).

El peso del otolito, en función de la longitud del pez, sigue una tendencia prácticamente lineal hasta los 39-40 cm. Posteriormente el peso del otolito exhibe una gran variabilidad respecto a la talla. Si el

peso del otolito es una variable que se correlaciona significativamente con la edad del pez, la variabilidad del peso del otolito en ejemplares sobre los 39 cm se puede asociar a una mayor o menor tasa de crecimiento en longitud. En los residuos de la relación (Figura 6), se observa que a una longitud determinada los individuos que tienen más alto peso, residuos positivos, se podrían asociar a ejemplares que presentan una baja tasa de crecimiento en longitud y lo contrario ocurriría con los residuos negativos, que sería individuos con otolitos más liviano y con una alta de crecimiento. De esto último se desprende, que los individuos más pequeños encontrados en las muestreos son ejemplares con una alta de crecimiento.

Con respecto a la relación peso-radio del otolito (Figura 7), la mejor función ajustada correspondió a un modelo del tipo " $y = a + b \ln x$ " ( $a=55,09$ ;  $b=1225,41$ ;  $r^2= 0,877$ ). Esta relación indica que el radio del otolito no aumenta en la misma proporción que el peso del otolito. Además, se puede apreciar que las distancias horizontales son mayores a las verticales, en otras palabras se pueden encontrar para un mismo radio, individuos con distinto peso del otolito.

El modelo mejor ajustado a las observaciones radio otolito-longitud horquilla correspondió a un modelo del tipo " $y=a+bx$ " ( $a=-15,578$ ;  $b=0,0121$ ;  $r^2=0,763$ ) (Figura 8).

Las edades estimadas con el método de integración de la tasa de crecimiento instantánea del otolito, corregida por el peso del otolito, se muestra en la Figura 9, mientras que el retrocálculo de las longitudes se presenta en la Tabla 7. Se ha encontrado individuos entre los 1,5 y 6,5 años en las capturas. Los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy que explican dicha relación son  $L_{\infty}=79,2$  cm (e.e.= 3,707);  $K=0,189$  año<sup>-1</sup> (e.e.=0,017) y  $t_0=0,537$  años (e.e.= 0,074). La suma de cuadrados de los residuos fue 12845,24 ( $n=1495$ ) y la varianza explicada alcanzó a 87,95%.

El modelo de crecimiento obtenido (Figura 9), se basa en la estimación de la edad para la tasa de crecimiento instantánea promedio en base al modelo de Deriso (Figura 2). Debido a que este modelo solamente describe la tasa de crecimiento instantánea de un otolito promedio ("virtual") de jurel, la edad individual se determina integrando esta función para los radios individuales suponiendo que para todos los individuos el crecimiento del otolito es adecuadamente descrito por el modelo ajustado (Figura 2). Esta situación es también aplicable al retrocálculo, donde la variabilidad individual no se toma en cuenta ya que el radio a la edad de un individuo es la misma. Sólo la razón entre el radio estimado y observado al momento de la captura genera las desviaciones del promedio, aspecto que sólo es un componente de la variabilidad individual.

La historia del crecimiento individual puede ser diferente (Figura 3) y es lo que provoca la gran variabilidad observada alrededor de la curva en la Figura 2. Considerando estos aspectos, se

procedió a ajustar la función de Deriso a datos disponibles de 57 ejemplares de jurel individualizados en la Figura 3.

Se evaluó el grado de ajuste y se estimó la edad para cada individuo integrando desde el núcleo hasta el radio del otolito, según el modelo obtenido para cada ejemplar. Sin embargo, sólo se consideró las funciones que describieron adecuadamente la tasa de crecimiento del otolito, de tal manera que la relación edad-peso del otolito se logró establecer con sólo 33 pares de datos de los 57 disponibles (Figura 10), observándose que el peso del otolito explica 61% de la edad individual, lo que se considera aceptable. Los residuos de la relación indican que la varianza de la edad se incrementa con el peso del otolito, aspecto que podría estar relacionado con la historia del crecimiento individual. Por otra parte, una relación simple que podría ser adecuada consiste en obtener la pendiente a partir de las medias de los datos de la edad ( $\approx 4,639$  años) y del peso del otolito ( $\approx 32,39$  mg). Esto es similar a una regresión ponderada por el inverso de la varianza de la edad estimada, suponiendo que la varianza de Y (edad) se incrementa proporcionalmente con la variable X (peso del otolito). La razón entre medias es 0,1432 años/mg, de tal manera al multiplicar el peso promedio de cada grupo de edad por este factor se podría contar con una estimación de la edad en años.

Un análisis adicional para validar el uso del peso del otolito consiste en investigar la evolución temporal de la distribución de frecuencia del peso del otolito (Tabla 8). En otras palabras, investigar si las modas que se podrían considerar relacionadas con clases de edad, progresan y persisten en el tiempo. Debido a que en algunos meses se contó con una baja cantidad de pesos de otolitos, ya sea porque la mayoría de los otolitos no se encontraban completos (se quiebran con facilidad) o bien no se encontraban en condiciones satisfactorias para pesarlos (sucios con materia orgánica), se consideró adecuado agrupar por trimestres los datos de frecuencia del peso del otolito de la Tabla 8. Para el análisis de progresión de modas se utilizó el programa MULTIFAN, estructurando la búsqueda con un coeficiente de crecimiento K menor a 0,1 con el objeto de eliminar la curvatura del modelo de crecimiento subyacente. La idea de minimizar el efecto de la curvatura utilizando un bajo K radica en tratar que la búsqueda a través de MULTIFAN ajuste las medias en forma aproximadamente equidistante ya que la hipótesis subyacente indica que la edad es directamente proporcional al peso del otolito. Por otra parte, debido a que los parámetros K y Loo del modelo de crecimiento de von Bertalanffy están correlacionados, se espera que al utilizar un valor bajo de K el Loo sea excesivamente grande. En el análisis se consideró al primer trimestre (enero-marzo) como "Mes 1", el segundo trimestre como mes 4, el tercero como mes 7 y el cuarto trimestre como mes 10. No hubo restricciones de medias ni de proporciones.

El mejor modelo ajustado por MULTIFAN a los datos de frecuencia de peso del otolito contiene 10 clases de edad (Figura 11, Tabla 9). Los pesos promedio de cada clase de edad para el primer



trimestre se presentan en la Tabla 10, y utilizando la relación edad-peso del otolito de la Figura 10, se puede observar que la edad estimada según los pesos promedio detectados por MULTIFAN siguen una secuencia anual. Estos resultados, en consecuencia, son una evidencia clara de que el peso del otolito está relacionado directamente con la edad de *T. s. murphyi* y que se puede utilizar éste para asignar grupos de edad y analizar el crecimiento del recurso.

Se destaca que el número de clases de edad detectados en la distribución de peso de otolitos se corresponde bastante bien con el número de clases de edad identificados con MULTIFAN para el análisis de las frecuencias de tamaños de *T. s. murphyi* en 1996 (ver más adelante). En este contexto, con el objeto de asignar grupos de edad a los individuos en base al peso del otolito, es necesario determinar los valores que separan las diferentes clases de edad. Debido a que las clases de pesos promedio deben ser equidistantes, se construyó una tabla de equivalencia tomando como referencia el peso promedio del primer grupo de edad detectado con MULTIFAN, siendo los intervalos incrementados cada 7,3 mg (Tabla 11). Fletcher (1995) utiliza aproximadamente 25 mg en el caso de *Sardinops sagax neopilchardus*.

En consecuencia, en base a las estimaciones de la edad individual integrando la tasa instantánea de crecimiento del otolito y haciendo uso del peso del otolito, se puede establecer una clave talla-edad para el recurso jurel (Tabla 12), y analizar la distribución de tallas en función de los grupos de edad (Figura 12). Los parámetros que describen el crecimiento en función de los grupos de edad son  $L_{\infty} = 60,8$  cm (e.e.=1,192);  $K = 0,168$  año<sup>-1</sup> (e.e.=0,009);  $t_0 = -1,232$  (e.e.=0,109). La suma de cuadrados de los residuos fue 14806,62 (n=1495) y la varianza explicada alcanzó a 86,1%.

Al utilizar el peso del otolito para estimar la edad de cada ejemplar, se puede determinar una función de crecimiento más apropiada que la clasificación en grupos de edad (Figura 13), estando las diferencias en la posición de la longitud promedio respecto de la edad y de la clase de edad (Tabla 13). Los parámetros que describe el crecimiento en longitud a la edad son  $L_{\infty} = 56,528$ .cm (e.e.=0,7104);  $K = 0,225$  año<sup>-1</sup> (e.e.=0,009);  $t_0 = -0,130$  (e.e.=0,0735). La suma de cuadrados de los residuos fue 11740,977 (n=1495) y la varianza explicada alcanzó a 88,95%.

La relación longitud horquilla-peso pez se observa en la Figura 14, siendo los parámetros estimados:  $a=0,0145$ ;  $b=2,935$  y  $r^2=0,969$ .

Con respecto a las lecturas de las marcas hialinas en otolitos enteros, se encuentran 19 marcas hialinas en individuos que comprenden entre los 16 y 60 cm de LH. La media, desviación estándar y coeficiente de variación de las marcas hialinas encontradas en los otolitos de jurel, se presentan en la Tabla 14 y la distribución de frecuencia de las marcas en la Figura 15. En las distribuciones de frecuencia de las distancias a cada marca hialina se observa que éstas tienden a ser normales con

modas bien evidentes, excepto en aquellas con baja representación numérica correspondientes a las de mayor radio. Se destaca que éstas no reflejan a los verdaderos anillos hialinos, ya que muchas de estas marcas pueden estar asociadas a la presencia de anillos falsos.

El análisis del índice de incremento marginal por mes y para todo el rango de tallas, se muestra en la Figura 16, en ésta se aprecia que durante el ciclo anual ocurre la formación de dos marcas hialinas, una en verano y otra en invierno.

Al suavizar las observaciones de la tasa de crecimiento del otolito versus la distancia al núcleo (Figura 17 y 18), se encuentra dos tendencias en el crecimiento del otolito; una de corto término y otra de mayor extensión. La de corto término evidencia que el ancho de los incrementos diarios fluctúa con una periodicidad aún no determinada, donde algunas de las bajas en el ancho son coincidentes con las marcas hialinas que se detectan en la lecturas de los otolitos enteros, los cuales están representadas por las flechas en las figuras.

Por otro lado, la tendencia de mayor extensión muestra que a pesar que el ancho de los incrementos diarios presenta una fluctuación, ésta tiende a disminuir a medida que el otolito crece (Figura 17 y 18).

### **9.1.3. ANALISIS DE MARCAS ANUALES Y HIALINAS PRESENTES EN LOS OTOLITOS SAGITTAE**

#### **9.1.3.1. VERIFICACIÓN DE LA DETERMINACIÓN DE LA EDAD DE JUREL EN OTOLITOS ENTEROS Y CORTES TRANSVERSALES**

##### **a) Descripción del otolito *T. s. murphyi***

Cuando se examina el otolito entero, éste muestra zonas concéntricas opacas y hialinas alrededor del núcleo opaco, en cuyo centro se identifica el foco. De acuerdo con este patrón, los intervalos entre zonas (hialina a hialina) decrecen más o menos monotónicamente, decrecimiento que constituye la base de la determinación de la edad. El patrón macroestructural interno es básicamente igual, excepto que en los cortes los anillos hialinos y opacos tienen un ancho semejante, mientras que el ancho de los anillos hialinos observados en los otolitos enteros es una fracción del ancho de los anillos opacos. En *T. s. murphyi*, este patrón básico se ve alterado por la complejidad de la estructura, especialmente de las tres primeras zonas de crecimiento.

El patrón estructural externo de un otolito típico de *T. s. murphyi* muestra un núcleo opaco de tamaño variable, con el foco claramente identificable y una o más bandas hialinas débiles y delgadas. Una de estas bandas, más definida y oscura a la luz refleja, es el anillo juvenil (ICSEAF, 1986), de relativamente fácil identificación. Tanto la ubicación del anillo juvenil como el tamaño del núcleo varían según la fecha de nacimiento del pez. El primer anillo hialino es, generalmente, una banda más ancha y marcada, a la que anteceden algunos "preanillos" o anillos secundarios débiles, o bien un conjunto de anillos más finos muy juntos, que se extienden alrededor de todo el núcleo, apenas prolongándose en el rostrum. La estructura del segundo anillo es más compleja, constituida por varios anillos hialinos delgados separados por bandas opacas muy finas, que aparecen fusionados en la parte ventral del otolito. El tercer anillo hialino es semejante, pero la banda hialina externa del conjunto es más marcada. Los demás anillos hialinos, que corresponden a los peces adultos, están constituidos, generalmente, por una sola banda y la distancia entre ellos decrece paulatinamente.

Una sección transversal típica de otolito de jurel muestra un núcleo opaco, blanco a la luz incidente, en cuyo centro el foco es fácilmente distinguible. En esta zona opaca hay varias líneas hialinas finas más o menos perceptibles y una más marcada que corresponde al anillo juvenil (ICSEAF, 1986), que al pasar frente al *sulcus* bordea su fondo. El núcleo está delimitado por el primer anillo hialino formado por un haz de dos o más bandas hialinas delgadas y nítidas rodeadas por una zona opaca blanca más amplia en la que suele observarse una o dos marcas hialinas muy débiles. El segundo anillo hialino tiene características semejantes al primero. Ambos grupos de anillos tienden a converger hacia el *sulcus*, en cuyos bordes se identifican como una sola banda. El tercer anillo hialino también tiene una conformación compleja constituida por dos o tres anillos hialinos separados por finas líneas opacas, rodeadas por un anillo hialino generalmente más marcado, los que tienden a fusionarse hacia el *sulcus*, en cuyo borde este tercer anillo hialino aparece formado por dos bandas hialinas estrechamente adosadas, separadas por una muy delgada línea opaca. Similar constitución se observa en el cuarto anillo, aunque es más común que esté formado por dos anillos hialinos muy juntos, patrón estructural que se repite en los demás anillos hialinos de peces adultos.

Los resultados obtenidos en este estudio, señalan que los otolitos examinados conforman un grupo cuya estructura es compleja y difícil de interpretar. Algunos otolitos resultaron ser prácticamente ilegibles; sin embargo, dado que las lecturas se hicieron dentro del marco de un diseño de experimento, donde se probaron diferentes técnicas y lectores, se realizó un esfuerzo extraordinario para leerlos todos, aunque con ello se pudo aumentar el margen de error de las lecturas.

## b) Análisis estadístico

Los otolitos utilizados para la interpretación y asignación de edad, provenían de jureles de talla entre 22 y 47 cm de longitud horquilla, con edades estimadas entre 1 y 11 años. En la Tabla 15 se entregan las lecturas resultantes de cada una de las combinaciones método-lector-lectura.

Las lecturas obtenidas de los otolitos enteros en relación a la talla de los peces se muestran en la Figura 19. Las tres lecturas del lector 1 muestran un 36% de coincidencia total y al considerar como válidas a las que se repiten dos veces, este porcentaje aumenta al 94%. En tanto, el lector 2, logra un 25% de coincidencia total, incrementándose al 95% al considerar dos réplicas iguales.

La distribución de la edad obtenida de la lectura de secciones transversales respecto a la talla de los ejemplares es muy semejante a la lograda con otolitos enteros, mostrando mayor variación en las edades extremas (Figura 19). El lector 1 atribuyó igual edad en las tres lecturas al 29% de las secciones de otolitos, mientras que al considerar como válidas la repetición de dos lecturas, obtuvo un 96% de coincidencia. Los resultados de las lecturas del lector 2 muestran un 36% de coincidencia total, aumentando al 94% al considerar dos réplicas iguales.

En términos globales, el porcentaje de coincidencia en las tres lecturas para la combinación método-lector fluctuó entre un 25 y un 36%, nivel que aumentó a alrededor de un 95% si se consideran dos réplicas iguales.

Las distribuciones de edades estimadas a partir de la observación de otolitos enteros y seccionados presenta una estructura similar (Figura 20). El rango de edad observado en las cuatro combinaciones (método-lector) fue prácticamente igual (9 años), exceptuando el lector 2 que al analizar otolitos seccionados asignó la edad 1 a dos de sus observaciones. La edades promedio fluctuaron entre 5,3 y 5,9 años con varianzas muy similares.

En la Figura 21 se entregan las edades promedio con su respectivo intervalo de confianza (95%) para cada una de las lecturas realizadas por los lectores empleando los dos métodos (en el eje x el primer dígito corresponde al lector, el segundo a la lectura y el tercero al método). La edad promedio de la muestra fluctuó entre 5,27 y 6,14 años. En términos generales se observó una mayor estabilidad en la edad promedio asignada entre lecturas y entre lectores al analizar cortes de otolitos (método 2).

## - Sesgo

Las comparaciones de las lecturas obtenidas con la aplicación de cada metodología se presentan en las Tablas 16 y 17. Se tomó como referencia los resultados logrados por el lector más experimentado en determinación de edad en otolitos de jurel. La distribución de las lecturas efectuadas por el lector 2 en otolito entero, con menos experiencia en lectura de otolitos de jurel, sugiere que éste sobrestima la edad, en tanto que en las otras comparaciones no se evidencia un sesgo importante.

En el análisis gráfico del sesgo de lectura se consideró el total de observaciones que realizó cada lector con los respectivos métodos ( $55 \times 3 = 165$ ), bajo el supuesto que las lecturas son estadísticamente independientes. En la Figura 22 se muestra las lecturas de edades de un lector versus otro, representada como el promedio y un intervalo de confianza al 95%, correspondiente a cada categoría de edad reportada por el lector control; además, se representa una línea de referencia (edad X = edad Y). Los desvíos respecto a esta línea permiten interpretar la presencia o ausencia de sesgo y si éste es sistemático o aleatorio.

En el rango superior de edad, la gran amplitud de algunos intervalos de confianza obedecen al bajo número de ejemplares en la muestra con esas edades. En términos globales, no es tan obvia la presencia de sesgo entre métodos y entre lectores (Figura 22), lo que permite concluir que se están identificando adecuadamente los anillos de crecimiento. Sin embargo, analizando cada una de las combinaciones método-lector se confirma que al observar el otolito entero el lector 2 tiende a sobreestimar la edad respecto al lector 1 en las edades menores (Figura 22a), presumiblemente asociado por una parte a la complejidad de la estructura del otolito de los peces jóvenes, y por otra parte, por la falta de experiencia del lector 2 en lecturas de otolitos de jurel. En cuanto a las edades mayores, los dos lectores tienden a observar lo mismo.

En la comparación gráfica de las lecturas de cortes de los lectores 1 y 2 respecto al lector 1 de otolito entero, no se detectó un sesgo sistemático, pero sí errores menores en algunas edades, sin perder de vista que los métodos de preparación y de lectura de los anillos son diferentes (Figura 22b y 22c). Las comparaciones de estos mismos lectores con respecto al lector 2 que observó otolitos enteros, mostraron una mayor consistencia en las primeras edades pero se detecta un sesgo a nivel de las edades 8 y 9 (Figura 22d y 22e). En las lecturas de corte no hay presencia de sesgo, exceptuando la edad 8 en que el lector 2 tiende a subestimar la edad respecto al lector 1 (Figura 22f).

En síntesis, se puede señalar que no existen sesgos importantes en las lecturas de edad en jurel al comparar los métodos y los lectores, exceptuando la edad 8 y en algunos casos la edad 9 que tiende a ser subestimada en los otolitos seccionados.

#### - Precisión

En la Tabla 18 se entregan dos medidas de precisión para los lectores obtenidas a partir de tres lecturas independientes realizadas en cada pez, en una muestra de 55 ejemplares de jurel. Tanto con el porcentaje de error promedio (APE) como con el coeficiente de variación (CV) se llega a conclusiones similares respecto al lector que presenta la mayor precisión al asignar la edad en jurel. El lector 1 observando otolitos enteros fue el más consistente en sus lecturas, seguido por el lector 1 que asignó la edad en cortes de otolito, estos dos lectores son los más experimentados en el análisis de estas estructuras, respectivamente. En ambos métodos el lector 2, que corresponde a la misma persona, presentó el mayor CV, lo cual se relaciona con la baja experiencia de este lector en la asignación de edad en jurel.

Por otra parte, en la Tabla 19 se entregan los mismos dos índices de precisión al comparar las edades asignadas entre lectores. Para este efecto, de las tres lecturas efectuadas por cada lector se tomó la edad más frecuente y se procedió a comparar los lectores al interior de los métodos; además, se comparó entre métodos a los dos lectores más experimentados. Los resultados indican que al analizar el otolito entero los lectores presentaron una mayor precisión entre ellos (CV = 9,9%), que al observar cortes de otolito (CV = 12,8). Al comparar entre métodos este índice fue de un 10,1%.

#### 9.1.3.2. ANALISIS DE LA CONSISTENCIA DE MARCAS HIALINAS

Cómo se aprecia en la Tabla 14, en las lecturas de marcas hialinas -que no necesariamente representan anillos anuales-, se pueden encontrar en promedio hasta 19 marcas, lo que da cuenta de la probabilidad de sobreestimar la edad de *T. s. murphyi*. Al utilizar los otolitos del experimento de lectura de edades (Tabla 15), se solicitó a dos lectores independientes que realizarán un conteo y medición de la distancia entre el núcleo a cada marcas hialinas identificada (3 veces cada uno).

Se advierte que el lector 1 presenta valores promedio de 5,75; 7,82; y 4,52 para el APE, CV y D, respectivamente. Mientras que el lector 2, para el mismo orden de los indicadores son 9,74; 13,29; y 7,67. Estos últimos son mayores que los del lector 1 y por lo tanto el conteo de marcas hialinas es

impreciso interlectores ya que el lector 2 distingue en promedio un mayor número de marcas que el lector 1 (Tabla 20).

La distancia promedio "núcleo-marca hialina" para las tres lecturas realizadas por el Lector 1, indica que desde la primera lectura a la tercera ocurre una disminución en el número de marcas hialinas; aspecto que se podría deber a que inicialmente el lector tiende a identificar cualquier marca hialina presente en los otolitos, mientras que posteriormente sólo identifica aquellas más marcadas y nítidas (Tabla 21). Por otra parte, el coeficiente de variación de las primeras tres marcas hialinas es prácticamente superior al 10%. Al parecer ello se debe a la variabilidad del núcleo opaco y a la posición de las primeras bandas hialinas que preceden al primer anillo, que a veces se presenta a la forma de un conjunto de anillos más finos muy juntos alrededor del núcleo.

Bajo el supuesto de que el lector 1 en la tercera lectura de los otolitos está identificando, en promedio, las marcas hialinas más nítidas y marcadas, entonces se puede asignar una edad equivalente a los radios promedio según los radios promedio a la edad, que comunicado algunos autores para *T. s. murphyi* mediante la técnica de lectura en otolitos enteros y mediante el método de integración de la densidad de microincrementos diarios (Tabla 22).

A su vez, utilizando una relación lineal entre la longitud horquilla y el radio del otolito (Figura 23), se retrocalculó la longitud a cada marca hialina según el método de retrocálculo de Francis (1990), con el objeto de analizar la incidencia del número de marcas sobre el crecimiento de *T. s. murphyi*. La edad equivalente asignada a los radios promedio de las marcas hialinas se indican en la Tabla 23. El método de lectura en otolitos enteros utilizado por Gili et al. (1995) y Alegría et al. (1995) identifican la marca nº 4 como el primer anillo verdadero y la marca nº 6 como el segundo anillo anual verdadero, para posteriormente identificar como anillo anual todas las marcas hialinas siguientes. En el caso de Shcherbich (1991), su primera edad es coincidente con la 4ª marca hialina, para posteriormente ser semejante a la de Kochkin (1994). El caso más extremo ocurre con los resultados de este estudio, donde al primer año el radio promedio sería equivalente con la marca hialina nº 3, mientras que el radio promedio de la marca hialina nº 8 equivaldría a la edad 2 y la marca nº 10 con la tercera edad y la nº 12 con la cuarta. Similar conclusión se obtiene al realizar el mismo análisis comparativo con un tamaño de muestra más alto de marcas hialinas registradas por el lector 1 (Tabla 14).

De acuerdo con los resultados encontrados, la identificación de las marcas hialinas relacionadas con las tres primeros años de vida de *T. s. murphyi* aparecen siendo altamente difíciles de discernir con el método de lectura de otolitos enteros, lo que de alguna manera u otra está relacionada con la inmadurez de los ejemplares. En efecto, después de los 23 a 25 cm de longitud horquilla, ejemplares de *T. s. murphyi* han alcanzado la madurez sexual (Andrianov, 1994), siendo altamente probable que la depositación de las marcas hialinas después de la talla de primera madurez sexual esté relacionadas con la reproducción del recurso que tiende a ocurrir una sola vez en el año. El método

de integración de la densidad de microincrementos indica que entre la edad 1 y 2 ocurren en promedio cuatro marcas hialinas, y entre la 2 y 3 sólo una marca hialina. De acuerdo con este método, ejemplares de 22,7 cm tendrían alrededor de 2 años de edad y aquellos de 28,2 cm cerca de 3 años de edad.

En consecuencia, y tal como lo plantea Nekrasov (1994), los dos primeros anillos anuales verdaderos -y tal vez el tercero-, no son tan claros como los subsiguientes. Son más vagos y variables en su posición respecto del núcleo porque en los dos primeros años de vida se fijan en los otolitos marcas relacionadas con las condiciones del hábitat impuesta por el invierno, mientras que a partir del tercer anillo en la estructura se fijaría no sólo las condiciones invernales sino también las marcas asociadas con el desove, que se extiende entre octubre y enero, principalmente.

## **9.2. ANALISIS DEL CRECIMIENTO**

### **9.2.1. FRECUENCIAS DE TALLAS**

- **Tamaños de muestra obtenidos**

El número de ejemplares de *T. s. murphyi* en los desembarques de San Antonio y Talcahuano, obtenidos para determinar la estructura de tallas mensuales según el plan de muestreo se presenta en la Tabla 24. En San Antonio se obtuvieron muestras regularmente desde enero hasta agosto, pero a contar de septiembre y hasta noviembre no se registro actividades de pesca en dicha localidad.

- **Distribución de frecuencia de tallas en 1996**

La evolución mensual de la distribución de frecuencia de tamaños de jurel en las capturas de la flota industrial de cerco se muestra en las Figura 24, para San Antonio y Talcahuano. Se observa que la evolución de la distribución de frecuencia de tamaños es similar en ambos puertos, lo que en parte se debe a la homogeneidad de las zonas de pesca.

En San Antonio, las capturas de enero estuvieron sustentadas básicamente por ejemplares de un tamaño modal de 28 cm LH, situación que se repitió en febrero y marzo (Figura 24). A contar de abril, sin embargo, se observó una importante presencia de *T. s. murphyi* juvenil representado por los grupos modales de 23-24 cm LH. No obstante, la moda en los 27-28 cm LH continuó siendo



importante. Se destaca el amplio rango de tallas en las capturas, el cual abarca desde 18 cm LH hasta cerca de 50 a 55 cm.

En las capturas de la flota de Talcahuano, la evolución de la estructura de tamaños exhibe un comportamiento similar a la de San Antonio. En efecto, entre enero y marzo, los individuos de *T. s. murphyi* de un tamaño modal de 27 cm LH sostienen las capturas, junto con ejemplares de entre 33 y 36 cm LH (Figura 24). A partir de abril se torna importante la fracción juvenil en las capturas, llegándose a capturar ejemplares de 16 cm en mayo. Entre junio y julio, sin embargo, la presencia de ejemplares de cerca de 30 cm vuelven a ser importantes, aunque la moda de juveniles persiste. Las capturas de septiembre y octubre estuvieron básicamente sustentadas en jurel de gran tamaño corporal, registrándose individuos de hasta 61 cm LH.

### 9.2.2. INDICE DE CRECIMIENTO EFECTIVO ( $\phi'$ )

Se recopiló 22 estudios de edad y crecimiento de *T. s. murphyi*, los cuales han permitido determinar los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy ( $L_{\infty}$ ,  $K$  y  $t_0$ ) y, por lo tanto, el índice de crecimiento efectivo de Pauly & Munro (1984) (Tabla 25).

No obstante lo anterior, algunos parámetros de crecimiento disponibles pueden ser cuestionables desde el punto de vista de la representatividad del crecimiento de la especie en cuestión, así como de la representatividad y calidad de las muestras utilizadas, como también en la rigurosidad de los métodos utilizados para obtener los pares de datos longitud-edad.

La longitud máxima que se ha sido reportada para *T. s. murphyi*, por investigadores rusos, alcanza a 74 cm LH en muestras obtenidas dentro de la zona económica exclusiva de Chile por el B/I Academic Knipovich (Nekrasov, 1994), siendo más frecuente los tamaños de 68 a 70 cm LH. En este contexto, la longitud asintótica de *T. s. murphyi* mayores o iguales a 70 cm LH se pueden considerar aceptables para describir el crecimiento de los individuos de la población, no sólo de la fracción explotable.

Kaiser (1973) utiliza lectura de otolitos, pero en los resultados finales utiliza un método de regresión para estimar la longitud de las tres primeras edades. Para las edades IV y V analiza la distribución de frecuencia de longitudes, y finalmente para estimar la longitud de los grupos de edad VII a XI aplica el método de Ford-Walford. En consecuencia, los resultados de Kaiser aparecen cuestionables ya que la lectura de otolitos sólo se restringió a un rango de edades, aunque el rango de tamaños abarcó

desde 34 a 63,5 cm LH. Por otra parte, el autor no utiliza ningún método para validar la lectura de edades en los otolitos.

Pavez & Saa (1978) analizan una muestra pequeña proveniente de la pesca artesanal. El estudio no es riguroso en cuanto a la obtención de resultados en pasos intermedios, presentándose inmediatamente los pares de datos longitud-edad. Con el objeto de lograr convergencia en los estimados de los parámetros de crecimiento, los autores imponen la longitud a la edad 1 y 2. Los autores, además, no comunican aspectos relativos a la validación de las edades leídas.

Abramov & Kotlyar (1980) realiza un análisis del crecimiento de machos y hembras de *T. s. murphyi* a partir de muestras colectadas en aguas frente a Perú, analizando un amplio rango de tamaños (11,2 a 63,2 cm LH). El autor, a su vez realiza una distinción entre edad y grupo de edad.

Aguayo et al. (1981) realizan un estudio más detallado. Sin embargo, algunos procedimientos aparecen cuestionables particularmente porque estos autores utilizan un método de regresión funcional "inversa" para retrocalcular las longitudes a edades pretéritas, método no recomendado (Carlander, 1981). En efecto, con este método se determinan longitudes promedio para radios menores a los encontrados en las muestras; además, la inconveniencia del método se confirma al observar la presencia del fenómeno de Lee en sus resultados. Otros aspectos cuestionables radican en la interpretación del porcentaje de bordes opacos y del incremento marginal, utilizados para validar la lectura de edades.

El trabajo de Nekrasov (1982), basado en lectura de edades en escamas se encuentra en ruso y, por lo tanto de difícil análisis. Sólo se ha podido comentar los resultados generales que constituyen los pares de datos longitud-edad. En igual categoría caen los trabajos de Nekrasov (1987), Nosov et al. (1989) y Shcherbich (1991). En este último, se aprecia intentos de validación de las zonas de crecimiento lento de los otolitos y la lectura de otolitos y escamas de peces de un amplio rango de tamaños (3, 3 a 62,8 cm LH). El trabajo de Shevchuk & Chur (1984) se basa en el análisis de progresión modal y lectura de otolitos y sus resultados aparecen siendo cuestionados por Nekrasov (1994). Se destaca que en varios trabajos de investigadores rusos no se aclara si la tasa de crecimiento está referida a la edad absoluta de los peces o a un grupo de edad, sólo los trabajos de Abramov & Kotlyar (1980), Kochkin (1994) y Shcherbich (1991) lo hacen en términos explícitos.

Castillo & Arrizaga (1987), utiliza un método de regresión para estimar las longitudes a edades pretéritas. Sin embargo, la ecuación citada no da cuenta de la dispersión entre la longitud del pez y el radio de los otolitos. La validación de la lectura de edades es mal interpretada, tanto en lo que a la frecuencia de bordes concierne como al incremento marginal. Además, si se analiza el crecimiento a

partir de los datos observados se obtienen resultados notablemente diferentes de aquél que se basa en las longitudes estimadas con el método de regresión.

Cubillos et al. (1995) estudian el crecimiento de *T. s. murphyi* mediante análisis de progresión modal. Aunque el análisis se realizó cuidadosa y objetivamente, el estudio está sujeto a una limitación importante que podría tener incidencia en la sobreestimación del crecimiento. En efecto, es probable que en los grupos modales que tienen una alta representación (alta proporción en la muestra) se encuentre más de una clase de edad. Si este fuera el caso, entonces la secuencia de edades asignadas a las clases de edad identificadas debería ser otra.

El resto de los estudios de edad y crecimiento se basa en informes de proyectos del Fondo de Investigación Pesquera (Alegría et al., 1995; FIP 93-18), en los cuales la edad y crecimiento de *T. s. murphyi* forman parte de algunos objetivos específicos. El análisis de la edad se basa en la lectura de otolitos enteros, cortes transversales y el método de integración de la densidad de los microincrementos de crecimiento diario. Araya et al. (1993) validan la formación de anillos de crecimiento diarios en ejemplares adultos de *T. s. murphyi*, tal como ha sido fundamentado en la propuesta técnica de este proyecto. Como resultados de estos proyectos, se han obtenido pares de datos longitud-edad principalmente a través de la longitud observada-edad y longitud-edad retrocalculada. Esta última aparece cuestionable ya que requiere una validación con ejemplares pequeños en las muestras, de tal manera que se ha preferido sólo considerar aquellos parámetros de crecimiento que se basan en las longitudes y edades observadas al momento de la captura.

De acuerdo con la revisión de los trabajos publicados sobre la descripción del crecimiento de *T. s. murphyi*, se ha seleccionado los estudios que se indican en la Tabla 26 para los pares de datos edad-longitud, mientras que la Tabla 27 se presenta la re-estimación de los parámetros de crecimiento utilizando regresión no-lineal.

Gráficamente, las curvas de crecimiento de estos trabajos -seleccionados por calidad y rigurosidad en la aplicación de los procedimientos-, llegan a ser muy comparables entre sí con leves diferencias (Figura 25). Las curvas de crecimiento de Araya et al. (1993) y Shcherbich (1991) describen un crecimiento más rápido que el resto. A su vez, los trabajos de Nekrasov (1982, 1987) y Kochkin (1994) indican tasas de crecimiento muy similares, mientras que los resultados de Gili et al. (1995) son comparables con los resultados de Abramov & Kotlyar (1980) y Nosov et al. (1989) (Figura 25).

El test de hipótesis sobre la igualdad de parámetros de crecimiento con el estadístico  $T^2$  de Hotelling, indica que todas las diferencias significativas entre la mayoría de los conjuntos de parámetros de crecimiento (Tabla 28). Los que no presentan diferencias significativas son parámetros de crecimiento, son los parámetros de crecimiento según Abramov & Kotlyar con los de Nekrasov (1982)

y de Gili et al. (1995, cortes); los parámetros en base a Nekrasov (1982) con los de Gili et al. (1995, cortes); y los parámetros basados en Nekrasov (1987) con los obtenidos a partir de Gili et al. (1995). En otras comparaciones, el estadístico calculado superó muy levemente el límite crítico; tal es el caso de la comparación Shcherbich-Araya, Nekrasov (1982)-Nekrasov (1987) y Abramov & Kotlyar con Nekrasov (1987). En estos casos, el rechazo de la hipótesis nula debe tomarse con prudencia, ya que podrían estar presente errores de tipo II involucrados en la decisión.

La comparación de la tasa de crecimiento promedio ( $dL/dt$ ) en los intervalos de tallas 20-30 cm LH y 50-60 cm LH se muestran en la Figura 26. Se observa que en la fracción de tallas 20-30 cm la tasa de crecimiento no es estadísticamente diferente entre Nekrasov (1987), Nekrasov (1982), Abramov & Kotlyar (1980), Nosov et al. (1989), Kochkin (1994), y Gili et al. (1995a,b), los cuales en promedio predicen tasas de crecimiento promedio entre 3,76 cm (Nekrasov, 1982) y 5,3 cm por año (Kochkin, 1994). El crecimiento descrito con los parámetros de Shcherbich (1991) y Araya et al. (1993) se escapan del resto, y entre éstos existen diferencias significativas.

En la fracción de tamaños 50-60 cm, la tasa de crecimiento promedio no es estadísticamente diferente. No obstante, el trabajo de Araya et al. (1993) se aparta significativamente de los demás, excepto con Shcherbich (1991) y Nekrasov (1982). Asimismo, aparte de las tasas de crecimiento en base a los resultados de Shcherbich y Araya et al. (1993), se observa que los trabajos en general predicen tasas de crecimiento cercana a los 2 cm por año y los trabajos de Gili et al. (1995a,b) están más cerca de 1 cm por año.

Los parámetros de crecimiento basados en Nekrasov (1982) están sujetos a una mayor incertidumbre, razón por la cual los intervalos de confianza de las tasas de crecimiento son más amplios. Por otra parte, los límites de confianza más estrechos de algunas tasas de crecimiento se deben a la fuerte correlación existente entre los parámetros de crecimiento ajustados, así como al buen grado de ajuste del modelo a los datos observados. Se destaca que a veces resulta conveniente ajustar el modelo de crecimiento a los datos de longitud observada promedio a la edad para minimizar la influencia de la variabilidad individual. No obstante, en recursos cuyas características de crecimiento como *T. s. murphyi*, la fracción de datos disponibles para el ajuste es de notable importancia dada la escasa curvatura del crecimiento.

De acuerdo a lo expuesto y sobre la base del análisis de comparación de las tasas de crecimiento, la mayor problemática con el crecimiento de *T. s. murphyi* podría ser consecuencia de la interpretación de la edad de los ejemplares más jóvenes. En efecto, los problemas de sobreestimación y subestimación de la edad en los ejemplares juveniles (menores a 30 cm LH) podría generar una mayor o menor curvatura, tal como lo sugiere la Tabla 23.

Con relación a la selección de estas curvas de crecimiento, el índice de crecimiento efectivo para *T. s. murphyi* alcanza a un promedio de 2,740 con un coeficiente e variación cercano al 4% (Tabla 27).

### 9.2.3. ANALISIS DEL CRECIMIENTO CON MULTIFAN

- **Sector oceánico (1987-1991)**

Se seleccionó 15 trimestres para realizar el análisis con MULTIFAN, donde se consideró como "mes 1" el primer trimestre de cada año, como "mes 4" al segundo, como "mes 7" al tercero y como "mes 10" al cuarto trimestre.

Los resultados de MULTIFAN se indican en la Tabla 29 para los 8 modelos estructurales, identificándose el modelo 3 y 7 con 12 clases de edad como aquellos que generaron un incremento significativo en la función de máxima verosimilitud (Figuras 27 y 28, respectivamente). El detalle de los resultados para estos modelos se indican la Tabla 30 y 31.

- **Sector costero (1991-1995)**

Los trimestres de este conjunto de datos se identificaron con los mismos meses que para el caso anterior. Estos datos se describen mejor con el modelo 3 con 12 clases de edad. La inclusión de los parámetros que describen el crecimiento estacional no generaron un incremento significativo en la log-verosimilitud para 12 clases de edad (Tabla 32). Este fue significativo solamente en la comparación con los modelos con 11 clases de edad. Estos modelos describen adecuadamente los datos de frecuencia de tallas (Figuras 29 y 30). El detalle de los resultados para estos modelos se indican la Tabla 33 y 34.

- **Análisis mensual de las frecuencias de tamaños en 1996**

El análisis con MULTIFAN de los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* obtenidos en 1996, indican que el Modelo 3 con 9 clases de edad analizados y el Modelo 8 con 9 clases de edad son los que mejor describen los datos observados siendo mejor el Modelo 8 (Tabla 35; Figura 31 y 32). El detalle de los resultados para el "mes 1" se indican la Tabla 36 y 37.

El análisis con MULTIFAN de los datos trimestrales de frecuencias de tamaño de *T. s. murphyi*, provenientes de dos pesquerías completamente distintas, resultan ser altamente concordantes en cuanto al número de clases de edad presente en los datos, pero la tasa de crecimiento es levemente diferente. Además, el mejor modelo para los datos de la pesquería de altura rusa incluye cambios estacionales en la tasa de crecimiento, aspecto que no es significativo en los datos trimestrales de la pesquería de la zona centro-sur de Chile.

El análisis de los datos mensuales de 1996, indica que el crecimiento en las distribuciones de frecuencia de tamaños sólo se identifica 9 clases de edad, ya sea o no considerando la hipótesis de cambios estacionales en la tasa de crecimiento. Apreciándose, en general, que la tasa de crecimiento es mayor que en los resultados previos.

Las divergencias entre los análisis se podría atribuir a tres aspectos importantes que deben tenerse en cuenta:

- a) El análisis trimestral puede resultar inválido, en términos de que ciertas características de la progresión modal se vea alterada al agrupar los meses en trimestres;
- b) El ingreso de algunas clases anuales y la tasa de crecimiento de algunas de las clases anuales o cohortes haya cambiado en el período de estudio, lo que obliga a MULTIFAN a combinar tasas de crecimiento distintas en un único modelo; y,
- c) En los datos de 1996 una clase de edad no esté representada en los datos, lo que genera un aumento en la tasa de crecimiento.

La alternativa (c) es la más seria de todas, particularmente desde el punto de vista de la situación del recurso y su pesquería. No obstante, por muy baja que sea la abundancia de una clase anual de este recurso, al menos en las muestras debería manifestarse tal condición. En efecto, la cobertura espacial de la flota y la alta eficiencia en detección de cardúmenes y agregaciones obliga a que esta alternativa sea la menos probable. La alternativa (b) parece ser la más razonable desde el punto de vista del análisis. El retraso no sólo de la aparición de una cohorte sino que un cambio en la tasa de crecimiento aparecen siendo eventos más probables que la virtual ausencia de una clase anual completa. La alternativa (a) puede ser importante, pero no tanto como para que su efecto se vea reflejado en el análisis de dos conjuntos de datos que provienen de pesquerías distintas.

En consecuencia, se plantea que el modelo estructural que describe la evolución mensual de los datos de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* de 1996 es el que estaría dando cuenta de la tasa de crecimiento de este recurso. En efecto, el análisis de la progresión modal en una escala mensual parece ser más apropiado que sobre la base de un análisis trimestral que abarcan un período de tiempo extenso donde eventos como la alternativa (b) pudieran estar presente en los datos.

#### 9.2.4. COMPARACION Y VALIDACION DEL CRECIMIENTO

Con el objeto de comparar y validar los parámetros de crecimiento seleccionados de la literatura, se comparó la tasa de crecimiento para dos fracciones de tallas, i.e. 20 a 30 cm y 50 a 60 cm de longitud horquilla, según procedimientos antes descritos y cuyos resultados se presentaron en la Figura 26. Se consideró que el análisis de los datos de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* del año 1996 con MULTIFAN da cuenta de la tasa de crecimiento del recurso. Esta consideración radica en el hecho de haber tomado en cuenta todos los factores fundamentales que podrían incidir en la distribución de frecuencia de tallas observada de *T. s. murphyi*. En la comparación, no obstante no se considera la hipótesis de cambios estacionales en la tasa de crecimiento, ya que hasta la fecha es un aspecto que no ha sido considerado por otros investigadores.

La tasa de crecimiento que predice los parámetros encontrados por MULTIFAN es de alrededor de 5 cm por año para la fracción 20-30 cm LH, no siendo estadísticamente diferente a la que genera los parámetros de Kochkin (1994). En la fracción 50-60 cm, la tasa de crecimiento obtenida con MULTIFAN de aproximadamente 1,5 cm/año no es diferente de aquellas que se basan en los parámetros de Nekrasov (1982), Abramov & Kotlyar (1980), Kochkin (1994) y los de Gili et al. (1995) (Figura 26).

Con relación a la tasa de crecimiento que se estiman con los parámetros de crecimientos basados en la integración de la tasa de crecimiento del otolito modificada con el peso del otolito, se observa que los parámetros de crecimiento basados en la edad estimada generan una tasa de crecimiento cercana a 7 cm/año en la fracción 20-30 cm, solamente similar a la tasa de crecimiento basada en los parámetros de Shcherbich (1991) y Araya et al. (1993). En la fracción 50-55 cm LH, la tasa de crecimiento es muy baja y similar a la de Gili et al. (1995) (Figura 26). Esta baja tasa de crecimiento en la fracción más grande se debe a la proximidad de los tamaños a la longitud asintótica.

El agrupamiento en clases de edad, indica que la tasa de crecimiento no es diferente de Kochkin (1994) y Shcherbich (1991) en la fracción de tallas 20-30 cm. En cambio, en la fracción 50-60 cm, la tasa de crecimiento es muy baja (ca. 1 cm/año), pero no es estadísticamente diferente de la tasa de crecimiento que se basa en Kochkin (1994) y Gili et al. (1995) (Figura 26).

#### 9.2.5. MORTALIDAD NATURAL

Los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* que representan un estado de explotación incipiente, obtenidos en 1973 sobre la plataforma continental de Chile a bordo del B/I Academic

Knipovich, se presentan la Tabla 38. La frecuencia de tallas fue construida cada 2 cm LH, observándose un rango comprendido entre 32 y 74 cm LH a partir de una muestra de 2725 ejemplares de *T. s. murphyi*. La longitud promedio alcanzó a 47,96 cm LH con un coeficiente de variación cercano al 18% (Tabla 38).

El histograma de frecuencia muestra la presencia de al menos tres modas importantes, una principal en los 42 cm LH, otra en los 52 cm LH y una tercera en los 60 cm LH (Figura 33). En la estimación de la tasa de mortalidad natural, uno de los supuestos básicos es considerar que todas las clases de edad presente en los datos se reclutaron con una abundancia similar (reclutamiento constante).

#### 9.2.5.1. ESTIMACION CON MULTIFAN

En la estimación con MULTIFAN no se considera la hipótesis de cambios estacionales en la tasa de crecimiento, razón por la cual sólo se analiza cuatro modelos estructurales. El modelo que genera un incremento significativo en la función de máxima verosimilitud fue el modelo 4 (Tabla 39), el cual indica que en los datos la longitud del primer grupo de edad sufre un sesgo por selección y que la desviación estándar es dependiente de la edad, en este caso con una tendencia a disminuir (Tabla 40).

La tasa de mortalidad natural se estima en  $0,38 \text{ año}^{-1}$ , lo que está asociado -de alguna manera u otra-, con la alta tasa de crecimiento estimada ( $K \geq 0,107 \text{ año}^{-1}$ ) (Tabla 40). Los resultados de MULTIFAN indican que al menos 11 grupos de edad se encuentran participando en la estructura de tallas de B/I Academic Knipovich. Estos 11 grupos de edad se distribuyen en el rango 32-70 cm de longitud horquilla, de tal manera que la tasa de crecimiento debe ser relativamente alta como para que el incremento en la talla media del modelo de crecimiento no sea inferior a las clases de talla de 2 cm. En todo caso, los resultados con MULTIFAN deben considerarse con precaución ya que lo ideal para obtener buenos resultados es considerar una serie de tiempo de frecuencia de tallas.

#### 9.2.5.2. ESTIMACION CON EL MODELO AD HOC

El resumen de los parámetros estimados para el modelo *ad hoc* se presenta en la Tabla 41, cuyos resultados están condicionado a la tasa de crecimiento de los parámetros del modelo de von Bertalanffy seleccionados. El más bajo valor del estadístico A de Schnute & Fournier (1980) se logró con los parámetros de crecimiento de Nosov et al. (1989) (Figura 34), seguido por la estimación condicionada a los parámetros de Gili et al. (1995a).



En todos los resultados, la longitud promedio del primer grupo de edad fue estimada cercana a los 38 cm LH. A su vez, la desviación estándar del primer grupo de edad fue muy similar en todos los casos ( $>2$ ), pero las diferencias ocurrieron en el segundo parámetro que permite internalizar la hipótesis de dependencia de la desviación estándar con la edad, aunque muy cercanos a la unidad.

En general, las estimaciones de mortalidad natural se correlacionaron positivamente con el índice de crecimiento efectivo (Figura 35). Tasas de mortalidad natural mayores a  $0,3 \text{ año}^{-1}$  fueron estimadas con aquellos parámetros de crecimiento que permiten alcanzar más rápidamente los 70 cm LH, tal es el caso de los parámetros de Shcherbich (1991) y Araya et al. (1993). Además, con los parámetros de crecimiento de Araya et al. (1993) se observa que la desviación estándar disminuye con la edad ( $\lambda=0,968$ , Tabla 41), tal como ocurrió con los resultados de MULTIFAN.

### 9.2.5.3. ESTIMACION DE LA MORTALIDAD NATURAL CON CURVAS DE CAPTURA

Se analizó la distribución de frecuencias de tallas con el programa MIX, condicionando la búsqueda de las longitudes promedio a cada uno de los modelos de crecimiento disponibles en la literatura. Las tallas promedio por grupos de edad se basó en los resultados del modelo ad hoc dejando sin restricciones las proporciones y la desviación estándar (que se consideró constante entre grupos de edad).

Sólo cuatro modelos de crecimiento permitieron una explicación satisfactoria de la estructura de tallas de *T. s. murphyi* obtenida por el B/I Academic Knipovich, siendo las longitudes promedio de los modelos de crecimiento de Nekrasov (1987), Shcherbich (1991), Kochkin (1994) y Araya et al. (1993), los más satisfactorios en orden decreciente (Tabla 42, 43, 44 y 45, respectivamente). La Figura 36, muestra a modo de ejemplo el ajuste logrado con las tres primeras longitudes medias en base al modelo de Nekrasov (1987).

Multiplicando la proporción de cada grupo de edad por el tamaño de muestra ( $n=2725$ ), se obtiene el número de individuos por de edad. El logaritmo de este número graficado versus la edad, genera una disminución cuya pendiente es un estimador de la tasa de mortalidad (Figuras 37 y 38). El resumen de la estimación de las distintas tasas de mortalidad se muestra en la Tabla 46, apreciándose según los límites de confianza de 95% que no existen diferencias significativas entre las estimaciones. La estimación más precisa ocurre con los parámetros de Kochkin (1994), seguido por la estimación basada en el crecimiento de Araya et al. (1993).

#### 9.2.5.4. ESTIMACION DE LA MORTALIDAD NATURAL CON METODOS EMPIRICOS

Considerando los parámetros de crecimiento seleccionados para *T. s. murphyi* a partir de la literatura científica e informes finales de proyectos (Tabla 27), la tasa de mortalidad natural se estimó para cada uno de ellos utilizando métodos empíricos, cuya varianza de cada uno se obtuvo generando valores alternativos e igualmente probables en base a la distribución del error de los parámetros de crecimiento y de los coeficientes de los modelos empíricos. Los resultados se presentan en las Tabla 47, 48 y 49, según los modelos empíricos de Pauly (1980), Rickther & Efanov (1976) y Alverson & Carney (1975).

El coeficiente de variación de los valores de M para *T. s. murphyi* obtenidas con el método de Pauly (1980) fluctúa entre 35% y 54%, siendo más precisos el método de Rickther & Efanov (1976) con coeficientes de variación que fluctúan entre 15% y 33%. El método de Alverson & Carney presenta coeficientes de variación entre 30% y 41%.

Los límites de confianza de 95% indican que en las estimaciones de mortalidad natural con el modelo empírico de Pauly (1980) y Rickther & Efanov (1976) no son estadísticamente diferentes entre los distintos parámetros de crecimiento utilizados (Figura 39). Solamente en las estimaciones de M con el método de Alverson & Carney (1975) ocurren algunas diferencias significativas que dependen de los parámetros de crecimiento utilizados, tal es el caso de la estimación de M con los parámetros de Gili et al. (1995a) respecto de los parámetros de Araya et al. (1993) y los parámetros obtenidos en este estudio, según la edad estimada con el peso del otolito.

#### 9.2.5.5. MORTALIDAD POR PARASITOS

El 22,38% de los 3.897 jureles considerados en los análisis albergaban larvas de *Anisakis* tipo I, que corresponderían a la especie *Anisakis simplex*. De ellos se recolectaron 1.990 parásitos. La edad promedio de los jureles fue de 4.82 años, con varianza= 2.849.

El promedio de parásitos por jurel ( $\bar{x}$ = 0.5106), y su varianza  $s^2$ = 2.753891, originan una estimación según la ecuación de máxima verosimilitud del parámetro  $k$ = 0.14662. La distribución de frecuencias observadas del número de parásitos por jurel se desvía significativamente de la esperada por una distribución binomial negativa (Tabla 50. Esta desviación consiste en que hay un exceso de ejemplares no parasitados, lo que se debe probablemente a que durante 1996 se muestrearon

direccionalmente los ejemplares de mayor edad, que están más frecuentemente y más parasitados que los de menor edad.

La prevalencia, la abundancia media y la dispersión de la abundancia de parásitos aumentan en forma monotonica con la edad del jurel (Tablas 51 y 52; Figura 40), lo que sugiere que *Anisakis* no es un agente de mortalidad natural, sino una parasitosis inocua para el jurel. En conclusión, esta parasitosis no es una fuente de información relevante para mejorar las estimaciones de mortalidad natural del jurel.

## **10. DISCUSION**

### **10.1 SOBRE LA EDAD Y CRECIMIENTO**

Los objetivos de este proyecto están orientados a validar los métodos aplicados en la estimación de la edad y crecimiento del jurel, específicamente: a) validar las estimaciones del crecimiento en longitud y peso mediante el análisis individual y comparado de diferentes técnicas y/o procedimientos; y, b) validar las estimaciones de edad del recurso jurel mediante el análisis individual y comparado de diferentes técnicas y/o procedimientos.

#### **10.1.1. SOBRE EL METODO DE INTEGRACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO DEL OTOLITO**

Conforme el otolito de jurel crece, éste tiende a curvarse siendo difícil obtener secciones que registren una secuencia completa del crecimiento del individuo como para aplicar la técnica de lectura directa de microincrementos diarios. Esta y otras dificultades asociadas a la obtención de preparaciones adecuadas para la lectura y el tedioso proceso de contar todos los microincrementos han impedido que la determinación de la edad con la técnica de anillos diarios se desarrolle para los peces adultos.

No obstante, el método de integración de la tasa de crecimiento del otolito o método de la densidad de los microincrementos diarios (Ralston, 1976; Ralston y Miyamoto, 1983; Ralston y Williams, 1988; Gauldie, 1994) ha permitido ocupar indirectamente el conteo de los microincrementos diarios en la determinación de la edad de ejemplares adultos. Sin embargo, varios autores han indicado ciertas limitaciones, entre ellas:

- i. Al disminuir la tasa de crecimiento, es posible que el grosor de los microincrementos quede por debajo del límite de detección del microscopio óptico, lo que tendría incidencia en la subestimación de la edad (Morales-Nin y Ralston, 1990).
- ii. El método asume que la formación de incrementos diarios es continua a través de la vida. Sin embargo, períodos cortos sin crecimiento del otolito probablemente no inciden significativamente en la pérdida de exactitud (Campana y Jones, 1992).
- iii. De mayor importancia es la posibilidad que el ancho de los incrementos diarios lleguen a ser tan ténues con la edad hasta el punto de no ser evidentes. Si esto puede ocurrir, ninguno de los incrementos en los peces más viejos podrían ser contados y la correspondiente tasa instantánea de crecimiento del otolito estaría basada solamente en el período de crecimiento más rápido. El cálculo resultante sería una subestimación de la edad actual de los peces (Ralston y Williams, 1989). Estos autores fueron incapaces de medir anchos de microincrementos en diámetros de otolitos mayores a 7500  $\mu\text{m}$  en *Pristipomoides zonatus*, de tal manera que Ralston y Williams (1989) expresaron mayor confianza en sus estimaciones de edad de los peces más pequeños.
- iv. Las secuencias de microincrementos medidos (contados) representan sin sesgo el correspondiente intervalo del otolito, lo que implica que las lecturas no deberían estar restringidas a solamente las zonas donde el ancho de los microincrementos es de fácil interpretación (Campana y Jones, 1992).

Se debe agregar que las estimaciones de edad para los individuos no son independientes ya que se utiliza -indistintamente para cada individuo- la misma función que describe la tasa instantánea del otolito promedio. Una aproximación no utilizada en este estudio consiste en dividir la secuencia de anchos de microincrementos en intervalos constantes que cubran todo el rango posible de radio de otolitos, por ejemplo cada 100  $\mu\text{m}$ . Dentro de cada intervalo la tasa de crecimiento del otolito se divide por el ancho del intervalo para estimar el número de días necesarios para completar el crecimiento a través del intervalo. Para cada pez, la suma de intervalos (días) divididas por 365 permite estimar una edad en años (Ralston y Williams 1989).

No obstante lo anterior, el hecho es que indistintamente para cada individuo se asume que la tasa de crecimiento promedio del otolito es un buen descriptor del crecimiento individual. En este trabajo se demuestra que la tasa de crecimiento de los otolitos es bastante variable entre individuos (Figura 3), no obstante se pudo estimar la edad para 33 ejemplares. Este es un aspecto que al parecer no ha sido explorado antes, i.e. mantener la individualidad con el método de densidad de los microincrementos. Sin embargo algunas desventajas pueden emerger, como por ejemplo: a) la función ajustada a la relación "ancho de microincrementos-distancia al núcleo" debería cubrir la

mayor parte de dicha distancia para evitar extrapolaciones, de lo contrario la función matemática ajustada podría no ser un buen descriptor de la tasa de crecimiento instantánea del otolito; y, b) en otolitos de peces viejos, los problemas de resolución del microscopio óptico podrían incidir en los resultados, generando subestimaciones de la edad (y por ende, sobrestimando la tasa de crecimiento).

En consecuencia, queda de manifiesto la necesidad de seguir investigando la aproximación utilizada en este estudio, ya que la restricción relativa a que la estimación de la edad se realiza para cada individuo asumiendo que el otolito de cada ejemplar crece como el otolito promedio ha sido superada. De esta manera, se ha podido contar con estimaciones de edades de 1,4 a 12,7 años y no solamente desde 1,5 hasta los 6,5 años cuando se utiliza la curva de crecimiento promedio. Para validar los problemas asociados a la resolución del microscopio óptico es altamente recomendable analizar el grosor de los microincrementos con microscopía electrónica de barrido. En efecto, considerando las limitaciones expuestas es probable que con la técnica de integración de la tasa de crecimiento promedio del otolito se subestime la edad del jurel.

#### **10.1.2. SOBRE LA UTILIDAD DEL PESO DEL OTOLITO**

En este proyecto se presenta evidencia concreta sobre la hipótesis que el peso del otolito de los ejemplares de **T. s. murphyi** provee estimaciones adecuadas de su edad. Sustenta esta hipótesis dos resultados independientes: a) la relación directa existente entre la edad y el peso de los otolitos de 33 individuos de **T. s. murphyi**, siendo la edad estimada con el método de integración de la tasa de crecimiento; y b) el número de componentes normales presentes en la distribución de frecuencia del peso de los otolitos, cuyas medias se asociaron directamente con una secuencia de edades.

Es probable que la evidencia de la hipótesis sea cuestionable, particularmente desde el punto de vista de que la relación "edad-peso del otolito" solamente explica el 61% de la variabilidad observada en la edad. Sin embargo, se debe destacar que la edad se estimó a partir del método de densidad de los microincrementos, lo que implica ajustar un modelo a la tasa de crecimiento instantánea del otolito de cada individuo, despejar la diferencial asociada a la edad, para posteriormente integrar desde el núcleo hasta el radio del otolito. Este proceso podría generar variabilidad adicional a la estimación de la edad.

Por otra parte, el poder predictivo se podría mejorar incorporando otros atributos asociados con la morfología del otolito de jurel. Por ejemplo, más del 90% de las edades de **Sardinella aurita**

(Pawson, 1990), *Nototheniops mudifrons* (Radtke y Hourigan, 1990) y *Makaira nigricans* (Wilson et al., 1991) han sido correctamente estimadas utilizando una combinación peso y tamaño del otolito.

El número de clases de edad presentes en la distribución de frecuencia del peso de los otolitos se corresponde notablemente con el número de grupos de edad identificados en la distribución de frecuencia de longitudes de los ejemplares de *T. s. murphyi*. En el caso del peso del otolito se encuentra una clase de edad más, lo que puede ser consecuencia de la naturaleza log-normal de la distribución del peso del otolito respecto de la distribución de longitudes.

De acuerdo a lo expuesto, la técnica del uso del peso del otolito para estimar la edad de *T. s. murphyi* es una herramienta de enorme potencial que se debe verificar y evaluar. En efecto, antes se deben corregir o mejorar las estimaciones de edad de individuos viejos en los cuales ocurran problemas asociados con la resolución del microscopio óptico si la edad se estima con la técnica de la densidad de los microincrementos aplicada a los individuos.

Se destaca que una de las ventajas del uso del otolito radica en cuantificar directamente el grado de precisión. Además, no se introducen elementos subjetivos en la estimación, como aquellos relativos a la experiencia de los lectores de edad e interpretación y apreciación relativa de cada lector como en el caso de los métodos tradicionales. Los problemas asociados con la precisión en las predicciones es un aspecto que no se analiza en este trabajo, i.e. la predicción utilizando una variable independiente que puede contener errores de medición.

Otra ventaja es la disminución de los costos en horas-hombre dedicados a la lecturas en programas de vigilancia biológico-pesquera. En este contexto, es altamente recomendable considerar evaluar el uso del peso del otolito para estimar la edad en *T. s. murphyi*, ya que los métodos tradicionales de conteo de anillos anuales son altamente problemáticos en este recurso.

### **10.1.3. SOBRE LA LECTURA DE EDADES EN OTOLITOS ENTEROS Y CORTES TRANSVERSALES**

Diferentes técnicas de determinación de la edad en los peces pueden producir diferencias relativamente grandes en los resultados, especialmente en las edades mayores sino se conocen las relaciones morfológicas entre las estructuras usadas en la estimación de la edad mediante los otolitos. Esto hace necesario establecer un patrón morfológico cualitativo de los otolitos para poder comparar los métodos utilizados. Para comparar las metodologías de lectura de la macroestructura externa en otolitos enteros e interna en secciones transversales, se parte del supuesto que con

ambos procedimientos se observe la misma estructura, esto es, el patrón morfológico externo del otolito es el reflejo de su estructura interna (Gauldie, 1994).

La determinación de la edad de un pez se basa en el supuesto que los anillos de crecimiento puedan ser identificados y contados en estructuras calcificadas. En general, se considera que los peces juveniles de aguas templadas muestran anillos consistentes y de fácil interpretación, pero que se complican gradualmente en los peces maduros (Han Lin Lai *et al.*, 1993). Este parece ser el caso de algunas especies del género **Trachurus**, especialmente las que habitan el Atlántico Norte. En **T. trachurus** se ha constatado que excepto en peces jóvenes, la determinación de la edad es en extremo dificultoso (Macer, 1977; Alegría, 1983, 1984; Arruda, 1987; Eltink y Kuitert, 1989). Semejante observación también se constató en **T. mediterraneus** (Alegría, 1988). Sin embargo, como se puede deducir de la descripción del patrón morfológico del otolito de **T. s. murphyi**, es en la determinación de la edad de los ejemplares juveniles y adultos jóvenes donde se encuentran más problemas de interpretación e identificación de anillos, como también es problemático identificar los primeros anillos en los adultos, en los que luego de reconocidos los 3-4 primeros anillos, la interpretación de los que le siguen presentan menor grado de complicación. Estas dificultades de interpretación del patrón de anillos, también han sido observadas en **T. murphyi** de las costas de Nueva Zelanda. Horn (1993) trabajando con otolitos cortados y quemados de esta misma especie, encontró dificultades en la lectura, especialmente de la estructura de crecimiento de las primeras etapas de vida. Kochkin (1994) también observó este patrón complejo al analizar secciones de otolitos hasta la edad tres, afirmando que en los peces mayores las zonas de crecimiento en los otolitos son más claras.

Kochkin (1994) encontró marcas dobles de crecimiento que se van fusionando en una, a medida que aumenta la edad del jurel las dos bandas hialinas que se depositan anualmente para constituir cada anillo hialino, a partir del cuarto, observada en cortes de otolitos durante el desarrollo de este estudio, aparentemente tienden a fusionarse hacia el *sulcus acústico*, fusión que es más notoria en las edades mayores. Esta conformación de doble anillo hialino muy raramente se ve reflejada en la superficie externa de un otolito entero.

Una interpretación posible de la formación de estos anillos dobles es la aportada por Arruda (1987) que registra dos períodos de crecimiento lento con depósito de material hialino durante el año en **T. trachurus**, llamando anillo preinvernal al más interno y anillo invernal al más externo del conjunto, entre los que se deposita un anillo opaco ancho en uno de los períodos de crecimiento rápido. Sin embargo, en **T. s. murphyi** la separación opaca entre ambas bandas hialinas es apenas marcada, sugiriendo que el período de deposición fue muy breve. Otra posible interpretación es que el anillo hialino más externo sea el anillo de reproducción que, a medida que aumenta la edad, tiende a fusionarse con el anillo invernal y aparecen como uno solo. Gili *et al* (1994) observaron que el máximo

índice de formación de bordes hialinos de los jureles más viejos tiende a desplazarse hacia el período del año de máxima reproducción.

Luego de la deposición de los primeros anillos de crecimiento, cuando el otolito crece en longitud y ancho, los otolitos de jurel adulto cambian su patrón de crecimiento, incrementando más bien su espesor con la edad (Macer, 1977; ICSEAF, 1986; Figura 4) lo que dificulta en los otolitos enteros la identificación de los anillos de crecimiento de los ejemplares mayores. Para obviar este problema se ha recurrido a secciones transversales o cortes-quemados-pulidos, en los que es claramente visible la estructura de doble anillo. Según Beamish (1979), ésta podría llevar a sobrestimar la edad a partir de determinadas edades según la especie.

No obstante que diferentes métodos o técnicas de lectura de edad pueden conducir a resultados distintos, en este estudio al examinar el otolito entero y secciones de éste se llegó a estimados de edad similares. Con ambos métodos se observan igual amplitud de edad, sin que un método sub o sobrestime la edad respecto al otro.

Al realizar comparaciones pareadas, no se detectan sesgos importantes en las lecturas de edad de jurel entre métodos y lectores. En el ámbito de índices de precisión de las lecturas se observó una correlación entre la experiencia de los lectores y la precisión, alcanzando un C.V. de un 7% el lector más experimentado. Sobre la base del comportamiento del sesgo y los niveles de precisión obtenidos, el jurel puede ser catalogado dentro de las especies difíciles de asignarle la edad en otolitos. Es muy probable que el sesgo pueda ser reducido al mínimo, pero los niveles de precisión no disminuirán mayormente, ya que de acuerdo a lo señalado por Kimura & Lyon (1990) en este tipo de estudio existe una variabilidad especie dependiente. En el caso de jurel, las características inherentes a la estructura hacen difícil la interpretación de la edad.

Los resultados de este estudio indican que el otolito entero aparece como la estructura más adecuada para estimar la edad en jurel, porque entrega una mayor precisión en las lecturas y es una estructura más fácil de preparar y procesar. Además, las edades promedio y el rango entre estructuras (entero-seccionado) no fueron significativamente diferentes. Por otra parte, la sobrestimación de la edad de un lector respecto al otro en las edades menores, al analizar el otolito entero, es atribuida a la dificultad de interpretar los primeros anillos, asociado a la inexperiencia de uno de los lectores en el análisis de otolitos de jurel.



#### 10.1.4. SOBRE EL CRECIMIENTO

El crecimiento corporal del jurel es dependiente de la sobre o subestimación de la edad. En párrafos precedentes se indica lo difícil que es asignar la edad a un individuo de jurel utilizando la lectura de otolitos, requiriéndose para ello notable experiencia, particularmente en el reconocimiento del patrón morfológico de los anillos y en el estudio minucioso del patrón de deposición del material hialino y opaco en los otolitos.

Al comparar las tasas de crecimiento, se observa que las mayores diferencias ocurren en la fracción de peces más jóvenes, particularmente en el rango 20-30 cm. Las discrepancias en el número de edades presentes en esta fracción de tamaños podrían ser la causa principal de las diferencias que se aprecian en el crecimiento ¿Son dos, tres o cuatro edades?. Una subestimación de la edad en esta fracción genera una sobreestimación de la tasa de crecimiento, y viceversa.

En términos promedio, al transformar el radio promedio a la edad -de varios autores que han estudiado la edad y crecimiento-, a peso del otolito, se puede establecer alguna correspondencia con los pesos promedio a la edad estimados a partir de la relación edad-peso del otolito (Tabla 52). Si se acepta que la edad de los primeros cuatro años está bien estimada utilizando el peso del otolito y la relación edad-peso del otolito, entonces el problema de sobreestimación de la edad aparece evidente, lo que se debería a un problema de doble anillo; aspecto que se detecta también al analizar el incremento marginal.

Aunque el primer anillo anual aparece siendo bastante concordante, el radio y peso de la edad 2 se corresponde mejor con el tercer anillo de las lecturas de otolitos enteros de Aguayo et al. (1981), Gili et al. (1995), Alegría et al. (1995), quienes utilizan una técnica muy similar entre sí. Esta situación también se observa en el caso de Shcherbich (1991), siendo menos evidente en el caso de Kochkin (1994), cuyo radio al tercer anillo es un 8,5% mayor, mientras el segundo es inferior en 7,5%, ambos respecto de la edad 2. El radio y peso del otolito a la edad 3, se corresponde mejor con la edad 5 de Aguayo et al. (1981), Gili et al. (1995), Alegría et al. (1995), con la edad 4 de Kochkin (1994) y de Shcherbich (1991). El radio y peso a la edad 4, está mejor relacionado con el radio y peso a la edad 7 de Aguayo et al. (1981), Gili et al. (1995), Alegría et al. (1995), y con la edad 5 de Kochkin (1994) y de Scherbich (1991) (Tabla 53).

En consecuencia, si las estimaciones de las primeras cuatro edades con el método de integración de la tasa de crecimiento del otolito a cada individuo y la evidencia existente de la relación edad-peso del otolito son correctas, entonces el problema de formación de doble zonas de crecimientos aparece siendo una de las razones asociadas con la sobrestimación de la edad en la fracción juvenil y de adultos jóvenes de **T. s. murphyi**, particularmente hasta los 30 cm LH. Se destaca que en otras

especies del género las zonas de crecimiento anual no siempre consisten de sólo una zona opaca y otra hialina sino también dobles o múltiples anillos, por ejemplo en *T. t. trachurus* del Atlántico Nororiental (Fariña Perez, 1983; Arruda, 1987), *T. t. capensis* de Namibia y de SudAfrica (Hatanaka & Kawahara, 1985; Wysokinski, 1985; Shcherbich, 1992; Kerstan, 1985), y también para *T. japonicus* (Kim et al., 1969). Por lo tanto, la tasa de crecimiento de *T. s. murphyi* en la fracción juvenil y adultos jóvenes podría ser más alta que aquella que se infiere a partir de la lectura de otolitos enteros o secciones.

## 10.2. MORTALIDAD NATURAL

Otro de los objetivos del proyecto es determinar la tasa de mortalidad natural para el jurel, en base a la aplicación de varios procedimientos y/o métodos.

Pascual y Iribarne (1993) evalúan el poder predictivo de los modelos empíricos más utilizados y encuentran que el error de predicción de las estimaciones de la mortalidad natural es sustancial. El autor propone que al momento de establecer modelos empíricos donde el énfasis está en la predicción, el poder predictivo (valga la redundancia) debe ser evaluado con métodos apropiados y no basar el éxito del modelo solamente en el coeficiente de determinación.

Vetter (1988) indica que los métodos que utilizan parámetros de la historia de vida, presentan dos ventajas: (a) requieren una mínima cantidad de datos, y (b) es útil para demostrar tendencias entre especies y en el desarrollo de la teoría ecológica. No obstante, debido a que solamente generan una estimación simple y ha menudo muy imprecisa estimación de *M* para cualquier grupo dado de peces, no son efectivos para generar estimaciones precisas de *M*. Las extrapolaciones, además, no serán mejor que los métodos utilizados para estimar los valores de *M* utilizados en las regresiones. Las verdaderas tasas de mortalidad y su variabilidad, son todavía muy pobremente conocidas.

En este estudio, se evalúa el grado de precisión de los modelos empíricos más bien que el poder predictivo ya que no se cuenta con observaciones independientes de la tasa de mortalidad natural para *T. s. murphyi*. Aunque, se podría tomar como referencia aquellas estimadas con el modelo ad hoc, MULTIFAN o el análisis de curva de pesca para evaluar el sesgo o la desviación de los modelos empíricos. Esta aproximación no se intentó básicamente porque no se quiso atribuir a ningún valor de mortalidad natural una mayor credibilidad a priori.

Por otra parte, aunque la varianza de la estimación de *M* basada en modelos empíricos podría haber sido obtenida con un método analítico, la generación de valores alternativos e igualmente probables

sobre la base de una función conocida de la distribución del error de no sólo los parámetros que alimentan el modelo sino también del error de las constantes de los modelos, parece en principio ser más eficiente. No obstante, este es un aspecto que debe ser analizado con mayor detención (ver Pascual y Iribarne, 1993).

Considerando los supuestos involucrados en cada estimación de M con modelos empíricos los siguientes aspectos se deben tomar en cuenta: (a) el método de Rickhter y Efanov (1976) genera estimaciones altas de mortalidad natural, tal vez porque el jurel alcanza la edad de primera madurez sexual a una edad más temprana; (b) el método de Pauly (1980) puede generar estimaciones razonables, pero la estimación de M puede ser muy poco precisa con límites de confianza asimétricos siendo el límite superior el más amplio; (c) El método de Alverson y Cartney, supone que la edad o momento de máxima biomasa de una cohorte respecto de la máxima edad ( $T_{max}$ ), o la razón del tamaño crítico al tamaño asintótico, es constante. Beverton (1963), encuentra una correspondencia entre la longevidad, crecimiento y maduración por la amplia constancia de las razones  $1/KT_{max}$  y  $L_m/L_{oo}$ . La otra invariante surge entre el coeficiente de crecimiento K y la mortalidad natural, siendo  $M \cong 1,5 K$ . Estas invariantes han sido recientemente revisadas por Jensen (1996), quien postula que esas tres invariantes de Beverton y Holt no son una relación estadística ya que son el resultado de relaciones ecológicas fundamentales entre los parámetros. En consecuencia, ¿es el momento de máxima biomasa de una cohorte sin explotar de *T. s. murphyi* una proporción fija de la esperanza total de vida?

El método basado en Taylor (1959) fue descartado, ya que en opinión del evaluador del proyecto éste carece de fundamento, ya que no existe justificación teórica ni empírica para la ecuación propuesta por Taylor en términos de la relación entre el momento en que la talla asintótica (o una talla cercana) es alcanzada y la longevidad, citando a Holt (1959, 1960, J. Cons. Int. Explor. Mer 24:374-376 y 25:225-228). En este contexto, también debería quedar fuera de discusión los resultados encontrados con el método de Alverson & Carney (1975). No obstante, Beverton (1963) encuentra empíricamente para algunos clupeiformes que la relación  $L_{max}/L_{oo}$  se encuentra en el rango 0,9–0,99.

Las estimaciones de M basadas en el modelo de Pauly (1980) y de Rickhter y Efanov (1976) no fueron significativamente diferentes, lo que demuestra en parte la imprecisión de estos métodos. El coeficiente de variación supera el 30% en algunos casos y los límites de confianza se sobreponen independientemente de los parámetros de crecimiento utilizados. El método de Alverson & Carney (1975) generó estimaciones de mortalidad natural más precisas, y se presentaron diferencias significativas, las cuales son la expresión de diferencias en la edad máxima ( $T_{max}$ ) determinada con algunos parámetros de crecimiento.

Las estimaciones de mortalidad natural deben ser precisas. Usualmente la mortalidad natural se estima con modelos empíricos utilizando diferentes datos básicos, pero nunca se evalúa la precisión ni tampoco si las estimaciones son o no estadísticamente diferentes. Es deseable que una buena estimación de la mortalidad natural tenga mínima varianza o bien una banda de confianza estrecha. En efecto, solamente las estimaciones precisas de  $M$  pueden otorgar mayor confiabilidad para determinar la tasa de mortalidad por pesca ( $F$ ), por ejemplo cuando la tasa de mortalidad total ( $Z$ ) obtenida desde curvas de captura se le sustrae  $M$  para calcular  $F$  (Gulland y Rosenberg, 1992). Cuando el límite de confianza superior para  $M$  es amplio, podría encerrar la estimación de  $Z$  y, por lo tanto, la estimación de  $F$  estaría sujeta a una gran incertidumbre.

Dado que las estimaciones promedio de mortalidad natural utilizando los modelos empíricos de Pauly (1980) y de Rickhter y Efanov (1976) no son diferentes, los límites de confianza extremos para  $M$  fueron  $0,04-0,71 \text{ año}^{-1}$  y  $0,18-0,93 \text{ año}^{-1}$  para cada método, respectivamente. Las estimaciones de mortalidad natural sobre la base del modelo *ad hoc* se encuentran dentro del rango dado por estos límites de confianza, y las estimaciones utilizando el método tradicional de análisis de curva de captura generó también estimaciones que se encuentran dentro de estos amplios límites.

El modelo *ad hoc* utilizado para estimar  $M$  es una versión edad-estructurada simple que pretende rescatar de los datos de frecuencia de tallas la información que indica la disminución del número de ejemplares. Sin embargo, los resultados del modelo con los valores más bajos de la función objetivo indican que  $M$  se encuentra entre 0,14 y 0,15, dependiendo de los parámetros de crecimiento utilizados. Al respecto, la función objetivo alcanza un mínimo con valores de  $K$  entre 0,09 y 0,10 para un  $L_{\infty}=75 \text{ cm}$ , generando valores de  $M$  entre 0,17 y 0,22 (Figura 41). El supuesto más fuerte en el análisis recae en el supuesto de estructura de edades estable, aspecto que es difícil de probar.

Las estimaciones de  $M$  con el método de curvas de captura no fueron significativamente diferentes, y los límites extremos de  $M$  fueron 0,01 y  $0,56 \text{ año}^{-1}$ . Estos límites son más estrechos y recomendables desde el punto de vista de su utilización en modelos de evaluación de stock.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adjei, E. L., A. Barnes & R. J. G. Lester. 1986. A method for estimating possible parasitic related host mortality, illustrated using data from *Callitetrarhynchus gracilis* (Cestoda: Trypanorhyncha) in lizardfish (*Saurida* spp.). *Parasitology* 92: 227-243.
- Aguayo, M. y H. Steffens. 1986. Edad y crecimiento de *Scomber japonicus* del Norte de Chile. *Invest. Pesq. (Chile)* 33: 61-76.
- Aguayo, M., A. Estay y V. Ojeda. 1981. Determinación de edad y crecimiento de jurel (*Trachurus murphyi*) en las zonas de Arica - Coquimbo y Talcahuano. Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 88 p.
- Alagaraja, K. 1984. Simple method for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. *Indian J. Fish.* 31:177-208.
- Alegria, V. 1983. Some aspects of horse mackerel (*Trachurus trachurus* L.) biology in the Adriatic. *FAO Fish Rep.* 290: 123-125.
- Alegria, V. 1984. Observations on the age and growth of *Trachurus trachurus* (L.) in the middle Adriatic. *Bilj. Inst. Oceanogr. Ribar.* 58: 6p
- Alegria, V. 1988 Observations sur la détermination de l'âge du Chinchard de la Méditerranée dans l'Adriatique moyenne. *Rapp Comm Int. Mer médit.* 31 (2) V-1122.
- Alegria, V., J. Oliva, H. Robotahm, G. Böhm, U. Parker, M. Medina y M. Oliva. 1994. Estudio biológico-pesquero sobre el recurso jurel en la zona norte (Regiones I y II). Pre-informe final, 221 p. + 66 figs. + 93 tablas.
- Alegria, V., Oliva, J., Robotham, H., Miranda, H., Böhm, G., Caballero, L., Boré, D., Parker, U., Baros, V., Peña, S., Claramunt, G., Herrera, G., Padilla, C., Pizarro, P., Medina, M., Arancibia, H., Araya, M., Cubillos, L., Gili, R., Garland, D., Hidalgo, H., Oliva, M. 1995. Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona norte (Regiones I y II). Informe Final Fondo de Investigación Pesquera. Instituto de Fomento Pesquero/Universidad Arturo Prat/Instituto de Investigación Pesquera Octava Región, 221 p.+ tablas y figuras.
- Anderson, R. M. & D. M. Gordon. 1982. Processes influencing the distribution of parasite numbers within host populations with especial emphasis on parasite-induced host mortalities. *Parasitology* 85: 373-398.
- Arancibia, H., L. Cubillos, D. Arcos, A.S. Grechina y L. Vilugrón. 1995. The fishery of horse mackerel (*Trachurus symmetricus murphyi*) in the South Pacific Ocean, with notes on the fishery off Central-southern Chile. *Scientia Marina*, 59(3-4):589-596.
- Arancibia, H., L. Vilugrón y D. Arcos. (Eds). 1995. Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Informe Final, proyecto 018-93. Ins. de Inv. Pesq. Octava Región
- Araya, M. 1994. Determinación de los parámetros de crecimiento del recurso jurel mediante la técnica de los microincrementos diarios. En: Pre-Informe Final Proyecto FIP N° 93-17 "Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona norte (Regiones I y II). Instituto de Fomento Pesquero/Universidad Arturo Prat/Instituto de Investigación Pesquera, 221 p. + 66 figs. + 93 tablas + 4 fotos.

Araya, M. y L. Martínez. 1995. Uso del retrocálculo en estudios de edad y crecimiento en peces. Trabajo presentado en las XV Jornadas de Ciencias del Mar, Coquimbo, Mayo de 1995.

Araya, M. y M. Medina. 1993. Validación de los microincrementos presentes en los otolitos sagittae del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) mediante marcaje con oxitetraciclina. En: "La Pesquería del Recurso Jurel: Presente y Futuro", Resumen de Seminario-Taller. Concepción 26 y 27 de octubre de 1993.

Araya, M., M. Medina y H. Arancibia. 1993a. Edad y crecimiento del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* de la zona centro-sur de Chile mediante el método de lectura de los microincrementos diarios de los otolitos y confección de claves talla/edad. Informe final. Universidad Arturo Prat/Instituto de Investi-gación Pesquera VIII Región, 40 p. + 24 figs. + 15 tablas.

Araya, M., M. Medina, H. Arancibia, L. Cubillos y L. Vilugrón. 1993b. Determinación de la edad mediante la densidad de los microincrementos de crecimiento diario en otolitos sagittae de *Trachurus symmetricus murphyi* de la zona centro-sur de Chile. En: "La Pesquería del Recurso Jurel: Presente y Futuro", Resumen de Seminario-Taller. Concepción 26 y 27 de octubre de 1993.

Arruda, L.M. 1987. On the annual cycle of ring formation in horse mackerel, *Trachurus trachurus*, otoliths off Portugal and its implication on age determination. Proc. V Congr. europ. Ichthyol, Stockholm 1985:229-232.

Beamish R. J. 1979. Differences in the age of Pacific hake (*Merluccius productus*) using whole otoliths and sections of otoliths. J.Fish. Res. Board Can. 36: 141-151.

Beamish, R. J. and D. A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 982-983

Beamish, R.J. and G.A. McFarlane. 1983. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. Trans Amer. Fish. Soc. 112: 735-743.

Beamish, R.J. y G.A. McFarlane. 1987. Currents trends in age determination methodology. Pages 15-42. In: R.C. Summerfelt and G.E. Hall, editors. Age and growth of fish. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Bernard, D.R. 1981. Multivariate analysis as a mean of comparing growth curves. N.Z.J. Mar. Freshwater Res. 10:687-692.

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

Beverton, R.J.H. 1963. Maturation, growth and mortality of clupeid and engraulid stocks in relation to fishing. Rapp. P.-V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer, 154:44-67.

Beyer, J.E. 1987. On the length-weight relationship. Part I. Computing mean weight from length statistics. Fishbyte 5(1): 12-14.

Beyer, J.E. 1991. On the length-weight relationship. Part II. Computing the mean weight of the fish in a given length class. Fishbyte 9(2):50-54.

Bhattacharya, C.G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. Biometrics 23:115-135.

Boehlert, G. 1985. Using objective criteria and multiple regression models for age determination in fishes. Fishery Bulletin: Vol. 83, No. 2.

- Böhm, G., L. Caballero, H. Muñoz, V. Bocic, H. Hidalgo, R. Serra y M. Nilo. 1994. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales. Pesquerías pelágicas zona centro sur 1993. Estado de situación y perspectivas del recurso. Instituto de Fomento Pesquero. SGI/IFOP 94/6, 57 p.
- Boxrucker, J. 1986. A comparison of the otolith and scale methods for aging white crapies in Oklahoma. *North America journal of Fisheries Management*. 6: 122-125.
- Brothers, E.B. 1990. Otolith marking. *American Fisheries Society Symposium* 7:183-202.
- Brothers, E.B., C.P. Mathews y R. Lasker. 1976. Daily growth increments in otoliths from larvae and adult fishes. *Fish. Bull., U.S.* 74:1-8.
- Campana S.E., M.C. Annand and J. I. McMillan. 1995. Graphical and statistical methods for determining the consistency og age determinations. *Trans. of the Am. Fish. Soc.* 124 : 131-138
- Campana, S.E. 1984. Microstructural growth patterns in the otoliths of larval abd juvenile starry flounder, *Platichthys stellatus*. *Can. J. Zool.* 62(8):1507-1512.
- Campana, S.E. y C.M. Jones. 1992. Analysis of otolith microstructure data, p. 73-100. In D.K. Stevenson and S.E. Campana (Ed.) *Otolith microstructure examination and analysis*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 117 p.
- Campana, S.E. y J.D. Neilson. 1982. Daily growth increments in otoliths of starry flounder (*Platichthys stellatus*) and the influence of some environmental variables in their production. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39:937-942.
- Campana, S.E. y J.D. Neilson. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42:1014-1032.
- Carlander, K.D. 1981. Caution on the use of the regression method of back-calculating length from scales measurements. *Fisheries* 6:2-4.
- Castillo, G., y A. Arrizaga. 1987. Edad y crecimiento del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols, 1920) en aguas de Chile Central. *Biol. Pesq.* 16:19-33.
- Chang, W.Y.B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 39 : 1209-1210
- Chilton, D.C. y R.J. Beamish. 1982. Age Determination Methods for Fishes Studied by the Groundfish Program at the Pacific Biological Station. *Can.Spec. publ. Fish. Aquat. Sci.* 60, 102 p.
- Chugonova, N.I. 1963. Age and growth studies in fish. National Science Foundation, Washington D.C., Israel Program for Scientific Traslations, 132 p.
- Crofton, H.D. 1971. A quantitative approach to parasitism. *Parasitology* 62: 179 193.
- Cubillos, L. & H. Arancibia. 1995. Comparative growth performance of the horse mackerel of the genus *Trachurus*, with emphasis on *T. symmetricus murphyi* in Chile. *Scientia Marina* 59 (2 3): 647 652.
- Cubillos, L. 1994. Comparación del crecimiento individual. En: Pre-Informe Final Proyecto FIP N° 93-17 "Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona norte (Regiones I y II). Instituto de Fomento Pesquero/Universidad Arturo Prat/Instituto de Investigación Pesquera, 221 p. + 66 figs. + 93 tablas + 4 fotos.

- Cubillos, L. y H. Arancibia. 1994. Comparative growth performance of jack mackerels of the genus *Trachurus*, with emphasis on *T. symmetricus murphyi* in Chile. *NAGA. The ICLARM Quarterly*. Vol. 17(2):32-35.
- Cubillos, L. y H. Arancibia. 1995. Comparative growth performance of horse mackerel of the genus *Trachurus*, with emphasis on *T. symmetricus murphyi* in Chile. *Scientia Marina* 59(3-4):647-652.
- Cubillos, L., H. Arancibia, A. S. Grechina y R. Alarcón. 1995. Crecimiento del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols), del Pacífico Suroriental mediante análisis de progresión modal. *Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP)*, Talcahuano, Vol. 4 Núm. 4, 22 p.
- Cubillos, L., H. Arancibia, A.S. Grechina y R. Alarcón. 1995. Crecimiento del jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols), del Pacífico Suroriental mediante análisis de progresión modal. *Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP)*, Talcahuano, Vol. 4, Núm. 4, 22 p.
- Cubillos, L.S. y H.F. Arancibia. 1994. Comparative Growth performance of Jack mackerels of the genus *Trachurus*, with Emphasis on *T. symmetricus murphyi* in Chile. *Naga The ICLARM Quarterly*. April 1994 : 32-35.
- Dioses, T.V., H. Alarcón, M.E. Nakama y A. Echeverría. 1989. Desarrollo ovocitario, fecundidad parcial y distribución vertical de los cardúmenes en desove del jurel *Trachurus murphyi*. En: *Resúmenes. International Symposium on Living Resources and Fisheries*. CPPS/FAO/IO/UNEP/CEE. Viña del Mar, Chile, Mayo 1988.
- Dobson A.P., 1989. The population biology of parasitic helminths in animal populations. En: S. A. Levin, T. G. Hallam & L. J. Gross (eds). *Applied mathematical ecology*, Springer-Verlag: 145-175.
- Efron, B. 1982. The jackknife, the bootstrap and other resampling plans. *SIAM Monograph* N° 38.
- Efron, B. 1985. Bootstrap confidence intervals for a class of parametric problems. *Biometrika* 72(1):45-58.
- Elliot, J. M. 1971. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Freshwater biological association scientific publication* N° 25. 144 pp.
- Eltink A. and C.J. Kuitert. 1989. Validation of ageing techniques on otoliths of horse mackerel (*Trachurus trachurus* L.). *Int. Coun. for the Expl. of the Sea*. H : 43
- FAO. 1982. Report of the technical consultation on the methodologies used for age-reading. *FAO Fish. Rep.* 257, 104 p.
- Farifa Perez, A.C. Age and growth of the Galician shelf horse mackerel, (*Trachurus trachurus* L.). *ICES C.M.* 1989/H:43, 15 pp. (mimeo.).
- Fletcher, W. J. 1995. Application of the otolith weight-age relationship for the pilchard, *Sardinops sagax neopilchardus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 657-664.
- Fournier, D.A., J.R. Sibert y M. Terceiro. 1991. Analysis of length frequency samples with relative abundance data for the Gulf of Maine northern shrimp (*Pandalus borealis*) by MULTIFAN method. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48(4):591-598.
- Fournier, D.A., J.R. Sibert, J. Majkowski y J. Hampton. 1990. MULTIFAN a likelihood-based method for estimating growth parameters and age composition from multiple length frequency data sets illustrated using data for bluefin tuna (*Thunus maccoyii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47(2):301-317.
- Francis, R.I.C.C. 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. *J. Fish. Biol.* 36: 883-902.



- Francis, Rl. C. C. 1995. The analysis of otoliths data. -A mathematician's perspective (What, precisely, is your model?). In: Recent developments in fish otolith research. Secord, D.H., J.M. Dean, S.E. Campana editors; A.B. Miller associate editor. (Belle W. Baruch library in marine science; nº 19).
- Gauldie, R. W. 1994. The morphological basis of the fish age estimation method based on the otoliths of *Nemadactylus macropterus*
- Gauldie, R. W. 1996. Ages estimated from average microincrement width in otoliths of *Macruronus novaezelandiae* are verified by length mode progressions. *Bulletin of Marine Science*, 59(3): 498-507.
- Gayanilo, F.C., M. Soriano y D. Pauly. 1988. A draft guide to the Compleat ELEFAN. ICLARM Software 2, 65 p.
- George Nascimento, M. & H. Arancibia. 1992. Stocks ecológicos del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi* Nichols) en tres zonas de pesca frente a Chile, detectados mediante comparación de su fauna parasitaria y morfometría. *Revista Chilena de Historia Natural* 65: 453-470.
- George Nascimento, M. A., J. G. Carvajal & H. C. Alcalá. 1983. Occurrence of *Anisakis* larvae in the jack mackerel, *Trachurus murphyi* Nichols, 1920. *Revista Chilena de Historia Natural* 56 (1): 31-37.
- George-Nascimento, M. y H. Arancibia. 1992. Stocks ecológicos del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en tres zonas de pesca frente a Chile, detectados mediante comparación de su fauna parasitaria y morfometría. *revista Chilena de Historia Natural* 65:453-470.
- George-Nascimento, M., R. Riffo y M. Aldana. 1995. Identificación de unidades ecológicas poblacionales de jurel mediante el análisis de la carga de parásitos y de la morfometría. En: Tercer Informe de Avance, Proyecto FIP 018-93.
- Gili, R. y L. Cid. 1993. Técnica de preparación de cortes de otolitos sagittae de peces. Informe interno. IFOP. Manuscrito.
- Gili, R., V. Bocic y R. Serra. 1995. Análisis de la periodicidad de formación del anillo hialino en otolitos de jurel de la costa de Chile. Informe Interno. IFOP. Manuscrito.
- 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. 26 p. + 21 figs.
- Gulland, J.A. & A.A. Rosenberg. 1992. A review of length-based approaches to assessing fish stocks. *FAO Fish. Tech. Pap.*, (323):102 p.
- Han-Lin Lai, V. F. Gallucci and D. R. Gunderson. 1993. Age determination in biology. A perspective on methods and applications to stock assesment. In *Manual of methods. Fisheries stock assesment. Title XII collaborative Research support program. The University of Maryland.* 233 p
- Han-Lin Lai. 1987. Optimun alocation for estimating age composition using age-length key. *Fishery Bulletin*, vol 85, Nº 2.
- Hansen, J.E., D. Hernández y H.D. Cordo. 1991. Simulaciones de comparación de curvas de crecimiento en peces. *Rev. Frente Mar.* 9(Sec. A):37-45.
- Hatanaka, H. Y S. Kawahara. 1985. Otolith ring formation in Cape horse mackerel off Namibia. *Colln scient. Pap. Int. Commn SE Atl. Fish* 12, 87-94.

- Hilborn, R. y C.J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall, London, 570 p.
- Horn P.L. 1993. Growth, age structure, and productivity of jack mackerels (*Trachurus spp*) in New Zealand waters. *New Zealand Journal of marine and Freshwater Research*. 27: 145-155
- ICSEAF. 1986. Otolith Interpretation Guide. Cape horse mackerel. *int. Commn. SE. Atl. Fish.* 2 24p.
- Jensen, A.L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53:820-822.
- Junquera, S., C. Porteiro y P.H. Moguedet. 1988. Contribution to the interpretation of the ring distribution pattern of horse mackerel (*Trachurus trachurus L.*) otoliths. *ICES C.M.* 1988/H:25, 13 pp.
- Kerstan. M. 1995. Ages and growth rates of agulhas bank horse mackerel *Trachurus trachurus capensis* -comparison of otolith ageing and length frequency analyses. *S. Afr. J. mar. Sci.* 15 : 137-156
- Kim, W.S., Y. Hiyama y Y. Nose. 1969. Age and racial studies of japanese jack mackerel-I. Age and growth as determined by urohyal. *Bull., Jap. Soc. Sci. Fish.*, 36:178-186.
- Kimura, D.K. and D. Lyons. 1991. Between-reader bias and variability in the age-determination process. *Fishery Bulletin, U.S.* 89 : 53-60
- Kochkin, P.N. 1994. Age Determination and Estimate of Growth Rate for the Peruvian Jack Mackerels, *Trachurus symmetricus murphyi*. *J. of Ichthyology* 34(3) : 39-50.
- Laiding, T.E., S. Ralston y J.R. Bence. 1991. Dynamics of growth in the early life history of shortbelly rockfish *Sebastes jordani*. *Fish. Bull. U.S.* 89: 611-621.
- Laiding, T.E., S. Ralston y J.R. Bence. 1991. Dynamics of growth in the early life history of shortbelly rockfish *Sebastes jordani*. *Fish. Bull. U.S.* 89: 611-621.
- Lépez, I., O. Aracena, S. Collado y R. Alarcón. 1995. Determinación de la dinámica reproductiva del recurso jurel. Tercer Informe de Avance, Proyecto FIP 018-93.
- Lester, R. J. 1984. A review of methods for estimating mortality due to parasites in wild fish populations. *Helgolander Meeresuntersuchung* 37:53-64.
- Macer, C. T. 1977. Some aspect of the biology of the horse mackerel (*Trachurus trachurus L.*) in water around Britain. *J. Fish. Biol.*, 10: 51-62.
- Maher, M.J. 1988. Mathtool. An Interactive Mathematical Function Interpreter. User's guide version 1.1., 26 p.
- Maher, M.J. 1988. Mathtool. An Interactive Mathematical Function Interpreter. User's guide version 1.1., 26 p.
- McDonald, P.D.M. y T.J. Pitcher. 1979. Age groups from size-frequency data: a versatile and efficient method for analyzing distribution mixtures. *J. Fish. Res. Board Can.* 36:987-1001.
- Melo, Y.C. 1984. Age studies on anchovy *Engraulis capensis* Gilchrist off south west Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 2:19-31. Philippines. 323 p.
- Morales-Nin B. 1987. Métodos de determinación de la edad en los osteictios en base a estructuras de crecimiento. *Inf. Técn. Inv. Pesq.* 143. 30p

- Morales-Nin, B. 1987. Métodos de determinación de la edad en los osteictos en base a estructuras de crecimiento. *Inf. Técn. Inv. Pesq.* 143:3-30.
- Morales-Nin, B. y S. Ralston. 1990. Age and growth of *Lutjanus kasmira* (Forsk.) in Hawaiian waters. *J. Fish Biol.* 36:191-203.
- Moreau, J. 1987. Mathematical and biological expression of growth in fishes: Recent trends and further developments. Pages. 81-113. In: Summerfelt and G.E. Hall, editors *Age and Growth of Fish*, Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Mugiya, Y., N. Watabe y J. Yamada. 1981. Diurnal rhythm in otolith formation in the goldfish. *Comp. Biochem. Phys.* 68:659-662.
- Neilson, J.D. y G.H. Geen. 1982. Otoliths of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*): daily growth increments and factors influencing their production. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39:1340-1347.
- Nekrasov, V.V. 1994. Edad y ritmo de crecimiento. En: *Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur*. 1994. D. Arcos y A.S. Grechina (Eds.). Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile:43-45.
- Neter, J., W. Wasserman and M.H. Kutner. 1990. *Applied linear statistical models*. Irwin Inc. 3ª Ed., 1181p
- Pascual, M.A. y O.O. Iribarne. 1993. How good are empirical predictions of natural mortality? *Fisheries Research*, 16:17-24.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature of 175 fish stocks. *J. Coun. Int. Explor. Mer* 39(2):175-192.
- Pauly, D. 1984. *Fish population dynamical and tropical waters: A manual for use with programmable calculators*. International Center for living aquatic resources management. Manila, Philippines., 323 p.
- Pauly, D. y J.L. Munro. 1984. Once more on growth comparison in fish and invertebrates. *Fishbyte* 2(1):21.
- Pavez, P. y E. Saa. 1978. Determinación de edad y crecimiento del jurel *Trachurus murphyi* Nichols, 1920. *Investigaciones Marinas* 6(6):89-100.
- Pawson M. G. 1990. Using otolith weight to age fish. *J. Fish. Biol.* 36, 521-531.
- Radtke, R. L. , M. L. Fine and J. Bell. 1985. Somatic and otolith growth in the oyster toadfish (*Opsanus tau* L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, Vol. 90, 259-275.
- Radtke, R.L. y T.F. Hourigan. 1990. Age and growth of the Antarctic fish *Nototheniops mudifrons*. *Fish. Bull. U.S.* 88: 557-571.
- Ralston, S. 1976. Age determination of a tropical reef butterflyfish utilizing daily growth rings of otoliths. *Fish. Bull., U.S.* 74:990-994.
- Ralston, S. y G.T. Miyamoto. 1983. Analyzing the width of daily otolith increments to age the Hawaiian snapper, *Pristipomoides filamentosus*. *Fish. Bull., U.S.* 81:523-535.
- Ralston, S. y Williams. 1989. Numerical integration of daily growth increments: An efficient means of ageing tropical fishes for stock assessment. *Fish. Bull., U.S.* 87:1-16.

- Ricker, W.E. 1992. Back-calculation of fish lengths based on proportionality between scale and length increments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49:1018-1026.
- Rihkter, V.A. y V.N. Efanov. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populatios. *ICNAF Res. Doc.*, 76/VI/8, 12 p.
- Rijnsdorp, A.D y F. Storbeck. 1991. A method to determine the onset of sexual maturity from back-calculated growth curves from otoliths of individual female north sea plaice, *Pleuronectes platessa* L. *ICES C.M.* 1991/G:48.
- Robson, D.S. y D.G. Chapman, 1961. Catch curves and mortality rates. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 90(2):181-189.
- Rousset, F., F. Thomas, T. de Meeus & F. Renaud. 1996. Inference of parasite induced host mortality from distributions of parasite loads. *Ecology* 77: 2203-2211.
- Samamé, M. 1977. Determinación de la edad y el crecimiento de la sardina (*Sardinops sagax sagax*). *Bol. Inst. Mar Perú.* 3(3): 95-112.
- Secor, D.H. y J.M. Dean. 1992. Comparison of otolith-based back-calculation methods to determine individual growth histories of larval striped bass, *Morone saxatilis*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49:1439-1454.
- Serra, R. y R. Gili. 1995 (eds). Taller de Trabajo. Identificación de anillos anuales en otolitos de jurel. Informe Interno. Inst. Fom. Pesq. (Manuscrito).
- Shcherbioch, L.V. 1991. Aging methods for Pacific horse mackerel in the Subarea of Chile, En: Fishery-ecological researches in the South Pacific Ocean, Collection of Scientific Papers. Kaliningrado, 1991, *AtlanNIRO*, pp 35-52 (en ruso).
- Shcherbich L. V. 1992. Methods of age determination in the horse mackerel, *Trachurus capensis*, by scales and otoliths. *Atl. Sc. Res. Ins. of Fish. and Ocean.* V 32(3) : 46-59
- Sjöstrand, B. 1992. Changes in length at age in Baltic herring, studied back-calculation from scales. *ICES C.M.* 1992/J:21.
- Smale, M. A. and W. W. Taylor. 1987. Sources of back-calculation error in estimating growth of lake white fish. In: Age and growth of fish. R. C. Summerfelt and G. E. Hall Editors. Iowa State University Press, Ames. 189-202.
- Smith, K. y E. Kostlan. 1991. Estimates of age and growth of ehu *Etelis carbunculus* in four regions of the pacific from density of daily increments in otoliths. *Fish. Bull.*, U.S. 89:461-472.
- Soriano, M., J. Moreau, J.M. Hoening y D. Pauly. 1992. New functions for the analysis of two-phase growth of juvenile and adult fishes, with application to nile perch. *Trans. Am. Fish. Sci.* 121:486-493.
- Taubert, B.D. y D.W. Coble. 1977. Daily rings in otolith of three species of *Lepomis* and *Tilapia* mossambica. *J. Fish. Res. Board Can.* 34:332-340.
- Vetter, E.F. 1988. Estimation of natural mortality in fish stocks: a review. *Fish. Bull.*, 86:25-43.
- Weber, D. y G.J. Ridgway. 1967. Marking Pacific Salmon with tetracycline antibiotics. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 24:849-865.
- Wild, A. 1986. growth of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the Eastern Pacific Ocean based on otolith increment. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 18(6):422-482.

Wild, A. y T.J. Foreman. 1980. Relación entre el tiempo y los incrementos de los otolitos del atún aleta amarilla y barrilete marcados con tetraciclina. Bol. Int. del Atún Tropical, 17(7):509-560.

Williams, H.H. & A. Jones. 1994. Parasitic worms of fish. Francis & Taylor, London.

Wilson, C.A., R.J. Beamish, E.B., Brothers, K. D. Carlander, J.M. Casselman, J.M. Dean, A. Jearld, Jr, E.D. Prince and A. Wild. 1987. Glosary, p. 527-530. In: R.C. Summerfelt and G.E. Hall (eds.). The age and Growth of fish. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Wilson, C.A., J.M. Dean, E.D. Prince y D.QW. Lee. 1991. An examination of sexual dimorphism in Atlantic and Pacific blue marlin using body weight, sagittae weight, and age estimates. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 151:209-225.

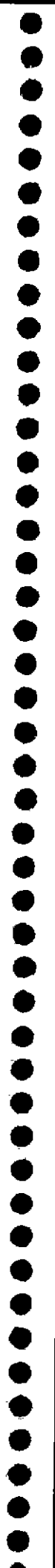
Woodbury, D. y S. Ralston. 1991. Interannual variation in growth rates and back-calculates birthdate distributions of pelagic juvenile rockfishes (*Sebastes* spp.) off the central California Coast. Fish. Bull. U.S. 89:523-533.

Worthington, D. G., P. J. Doherty, and A. J. Fowler. 1995. Variation in the relationship between otolith weight and age: implications for the estimation of age of two tropical damselfish (*Pomacentrus moluccensis* and *P. wardi*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 233-242.

Wysokinski, A. 1985. Horse mackerel age determination using otoliths. Colln scient. Pap. Int Commn SE. Atl. Fish 12, 199-203.

Zar, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A., 405 p.

**TABLAS**



**Tabla 1.** Número mínimo de unidades básicas de muestreo de *T. s. murphyi* contempladas en el plan de muestreo de frecuencia de longitudes para tener representada a toda la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile.

Estratos de CB (m3)	Nº mínimo de unidades básicas de muestreo		
	Talcahuano	San Antonio	Total
100-250	1	1	2
270-300	1	1	2
320-390	2	1	3
400-480	5	1	6
500-570	5	1	6
600-690	14	3	17
700-750	5	1	6
800-950	9	4	13
≥1000	10	4	14
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>17</b>	<b>69</b>

**Tabla 2.** Configuración de la estructura de los modelos considerados para analizar los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi*, un signo + indica que el parámetro fue considerado en el modelo.

PARAMETRO	M O D E L O S							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
K	+	+	+	+	+	+	+	+
L <sub>2</sub>	-	+	-	+	-	+	-	+
b <sub>1</sub>	-	-	+	+	-	-	+	+
C	-	-	-	-	+	+	+	+
ts	-	-	-	-	+	+	+	+

**Tabla 3.** Parámetros del modelo ad hoc que serán estimados para determinar la tasa de mortalidad natural en *T. s. murphyi*.

Parámetro	Definición y unidad	Restricción
M	Mortalidad natural (año <sup>-1</sup> )	$\theta \geq 0,01$
L <sub>1</sub>	Talla media del primer grupo de edad (cm)	$35 \leq \theta \leq 46$
$\sigma_1$	Desviación estándar del 1er grupo de edad	$\theta > 0$
$\lambda$	Tasa de disminución (incremento) de la desviación estándar con la edad	-



Tabla 4. Número de ejemplares de *T. s. murphyi* muestreados en los puertos de desembarques de la pesquería centro-sur. Por mes y clase de talla.

LT (cm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
16								1					1
17							1	2					3
18			10				1	3					14
19			10				1						11
20			11	1			8	3					23
21	8		3	1	1	2	10	9					34
22	21	2	2	3	3	3	2	10	12				55
23	22	3	12	12	15	13	10	12				2	101
24	18	2	9	14	20	14	14	13				10	114
25	22	8	6	14	20	13	15	11				10	119
26	34	14	13	16	20	14	14	10				10	145
27	41	22	16	16	14	16	15	9				9	158
28	41	33	32	16	12	16	14	11				10	185
29	40	30	41	20	21	20	18	10	3			10	213
30	38	24	30	17	21	20	20	13	4			10	197
31	39	20	19	20	21	21	19	11	5	1		10	186
32	30	17	14	20	19	20	15	12	8	2		10	167
33	39	17	8	13	17	18	20	11	5	1		9	158
34	29	21	6	16	22	20	18	3	9	1		9	154
35	23	25	12	12	24	20	19	6	9	9		9	168
36	9	31	13	12	20	20	22	11	10	8		5	161
37	8	22	15	10	20	20	19	20	10	10		8	162
38	3	22	13	10	21	20	19	20	9	10		10	157
39	4	22	4	10	18	20	19	12	3	10		10	132
40	1	18	4	8	14	13	21	20	6	10		6	121
41		16	7	6	6	15	14	14	2	10		8	98
42	2	19	2		7	9	20	12	8	19		10	108
43		17	5	5	6	12	20	8	7	10		4	94
44		22	7	5	6	4	15	6	5	10		6	86
45	5	17	2	3	1	4	8	10	10	10		8	78
46	2	13	3	5	6	6	7	2	10	10		8	72
47	1	8	1			3	4	7	7	9		10	50
48		3	3	1	3	1	5	3	10	6		9	44
49		5		2	1		5	1	10	2		7	33
50	2	2	3	1		1	6	2	10	2		10	39
51		1	3		1		5		10			10	30
52		2	2				1	2	9	1		10	27
53		1					2	1	7			4	15
54						2			4			6	12
55				1				1	4			7	13
56								1	3				4
57								1	1				2
58												2	2
59													0
60									1				1
	482	479	341	290	380	379	454	316	199	151		276	3747

**Tabla 5.** Resumen de las lecturas de los incrementos diarios realizados en los otolitos de jurel de la zona centro-sur.

<b>ANALISIS DE LOS OTOLITOS</b>	<b>Total</b>
N° TOTAL PREPARACIONES	560
N° PREPARACIONES LEIDAS	137
N° TOTAL DE LECTURAS	3696
N° MAX DE LECTURAS POR PREPARACION	69
N° MIN DE LECTURAS POR PREPARACION	6
N° MAX INCREMENTOS POR SEGMENTO	113
N° MIN INCREMENTOS POR SEGMENTO	2

**Tabla 6.** Relaciones morfométricas entre la longitud horquilla y el radio, ancho, grosor y peso del otolito del jurel de la zona centro sur.

<b>LH/</b>	<b>MODELO</b>	<b>a</b>	<b>B</b>	<b>c</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>n</b>
Radio	$y = a \cdot x^b$	652.3426	0.5242		0.768	3705
Ancho	$y = a \cdot x^b$	0.5298	0.5503		0.83	1240
Grosor	$y = a + b \cdot x$	0.2479	0.017		0.712	1240
Peso	$y = a + b \cdot x^c$	7.5078	0.0027	2.5309	0.862	1494

Tabla 7. Longitudes retrocalculadas de jurel en base al método de integración de la tasa de crecimiento del otolito.

EDAD EN CAPTURA	n	LH PROMEDIO	D.E.	E D A D (años)														
				0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5		
1.5	10	18.0	1.333	6.9	11.8	16.7												
2	88	23.3	2.153	7.2	12.3	18.6	20.9											
2.5	295	26.7	2.904	7.3	12.4	19.6	21.1	25.5										
3	331	30.1	2.854	7.3	12.5	20.5	21.2	26.7	29.3									
3.5	294	36.2	3.300	7.8	13.3	22.6	22.6	29.5	32.4	35.1								
4	176	40.2	3.764	7.8	13.4	23.5	22.7	30.7	33.7	36.5	39.1							
4.5	93	44.1	3.135	7.8	13.3	24.2	22.7	31.6	34.7	37.6	40.3	42.8						
5	122	46.2	3.439	7.6	13.0	24.1	22.1	31.4	34.6	37.4	40.1	42.7	45.0					
5.5	45	49.4	3.677	7.6	13.0	24.6	22.0	32.1	35.3	38.3	41.0	43.6	46.0	48.4				
6	31	51.5	3.548	7.5	12.8	24.7	21.7	32.2	35.4	38.4	41.1	43.7	46.2	48.5	50.7			
6.5	10	52.6	4.248	7.3	12.4	24.4	21.1	31.8	34.9	37.8	40.6	43.1	45.6	47.8	50.1	52.2		
			Prom	7.5	12.8	21.7	21.8	28.6	32.4	36.5	40.0	43.0	45.4	48.1	50.6	52.2		
			d.e.	0.680	1.155	2.699	1.967	3.389	3.396	3.131	3.127	3.045	3.242	3.716	3.411	4.015		
			n	1495	1495	1495	1485	1397	1102	771	477	325	208	106	41	10		

Tabla 8. Distribución de frecuencia de pesos de otolitos (mg) de *T. s. murphyi* en 1996.

Peso (mg)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8							1	1				
10							2	5				
12	5	1	3	1			2					
14	16	2	7	3	5	1	10					
16	19	5	9	16	18	9	8	3				2
18	8	5	12	19	13	9	14	2				12
20	39	24	19	14	8	11	8		2			13
22	33	23	13	20	13	21	13	1	3			6
24	17	17	13	13	10	18	7	2	3			5
26	11	11	3	10	8	5	11	1	2	1		12
28	18	6	8	6	12	13	5		2	3		9
30	9	17	9	9	12	6	8	1	7	4		7
32	4	9	9	8	12	7	15	4	4	6		2
34	3	23	5	3	8	10	8	7	3	6		4
36	1	8	1	2	4	5	8	3	1	5		8
38	1	3	2	1	7	2	8	4	1	3		8
40		1		1	1	2	5		1	6		5
42		5	2	2	1	3	4	1	4	3		5
44		5	1	3	1	3	2	2		4		5
46		3	2	1	1		4	3	1	3		1
48		8	1				3	3	1	9		1
50	3	5	3		2	2		2	6	11		2
52		5	2	1		2	1	1	2	4		1
54		3		1	2		1	1	5	8		1
56		4	1	1		1	3	1	3	3		6
58		4	2				2	1	4	3		4
60		5	2	1		2	2		3	1		3
62		2				2	1		1	1		4
64		1				1		2	3	3		4
66	1	3			3	2	1		5			2
68	1					1	1		7	1		1
70												5
72									1			6
74	1	2		1			1		4	1		
76						1			3			
78							1		1			3
80									1			5
82									3			2
84									2			
86									2			3
88												
90												1
92									1			
94												1

**Tabla 9.** Dos veces la log-verosimilitud para el número de clases de edad presentes en las distribución de frecuencia del peso de los otolitos de *T. s. murphyi* en 1996. El valor en **negrita** corresponde a la selección del número de clases de edad que generó un incremento estadísticamente significativo en la log-verosimilitud.

	Nº de clases de edad							
	5	6	7	8	9	10	11	12
2L	2334,99	2366,54	2425,18	2464,21	2497,47	<b>2550,20</b>	2539,82	2538,72
Parámetros	20	24	28	32	36	40	44	48

**Tabla 10.** Parámetros del modelo con 10 clases de edad que describen la evolución temporal de la distribución de frecuencia del peso del otolito. El error estándar se indica entre paréntesis. Se indica además la edad estimada para cada peso promedio utilizando la relación de la Figura 10.

Parámetro y simbología	Valor	Nº de clases de Edad	Peso Otolito promedio (mg)	Edad estimada (años)
Longitud asintótica (L <sub>∞</sub> )	2808,0 (453,28)	1	15,88	2,5
Coef. De crecimiento (K)	0,003 (0,0004)	2	23,10	3,4
Edad de la 1ª clase de edad	2,19 (0,011)	3	30,30	4,4
Desv. Estd. Promedio	2,462 (0,2271)	4	37,48	5,3
Razón de Desv. Estd.	1	5	44,64	6,2
Media 1ª clase de edad	15,88 (0,211)	6	51,78	7,2
Media última clase de edad	80,16 (0,193)	7	58,90	8,1
		8	66,01	9,1
		9	73,09	10,0
		10	80,16	10,9

**Tabla 11.** Peso promedio de otolitos y límite superior para separar clases de edad de *T. s. murphyi*.

<b>Grupo de edad (años)</b>	<b>Promedio (mg)</b>	<b>Límite superior</b>
1	8.6	12.25
2	15.9	19.55
3	23.2	26.85
4	30.5	34.15
5	37.8	41.45
6	45.1	48.75
7	52.4	56.05
8	59.7	63.35
9	67	70.65
10	74.3	77.95
11	81.6	85.25
12	88.9	92.55
13	96.2	99.85

Tabla 12. Clave talla-edad para *T. s. murphyi*. Los grupos de edad se basan en el peso del otolito.

LH (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
16	1												1
17	3												3
18	3												3
19	1												1
20	5	1											6
21	7	2	1										10
22	3	22	1										26
23		47	3										50
24		48	4										52
25		46	7	1									54
26	1	53	14		1								69
27		33	36	1	1								71
28	1	20	58	1									80
29		14	59										73
30		8	58	2	1								69
31		6	58	4		1							69
32		4	40	11									55
33		1	26	19		1							47
34			19	39									58
35		1	6	39	5								51
36		1	8	41	4								54
37		2	6	43	16	1							68
38				34	12	2							48
39			2	23	11	2							38
40			1	14	14	7	3	2	1				42
41				14	15	7	5	3					44
42			1	7	16	12	10	2					48
43				1	9	15	8	4	1	1			39
44				1	8	10	13	6	2		1		41
45				2	3	12	10	3	3	1			34
46				2		13	9	8	3	1			36
47				1	2	6	12	5	5	1			32
48				1	2	5	4	8	1	2	2		25
49				1		2	5	5		2			15
50					2	2	4	4	1	1	2		16
51							1	5	8	1	1	1	17
52							1	3	6	5	3		18
53							1	1	2	1	2	2	9
54								1	5	3	1		10
55								2		4	3		9
56									1				1
58												2	2
60											1		1
<b>Total</b>	25	309	408	302	122	98	86	62	39	23	16	5	1495
<b>Prom.</b>	20.3	25.6	30	36.5	40.1	43.6	45.1	47.1	49.5	50.9	52	54.6	34.7
<b>Cv(%)</b>	13.2	10.4	9.54	8.67	9.2	7.37	6.4	7.82	7.68	6.85	7.06	5.88	24.3

**Tabla 13.** Comparación de las longitudes promedio por grupos de edad (clases) y a la edad de *T. s. murphyi*, según la relación edad-peso del otolito.

Edad o Grupos de edad (años)	LH (cm)	LH (cm)
1	18,4	12,7
2	25,3	21,5
3	31,0	28,5
4	35,7	34,2
5	39,6	38,7
6	42,9	42,3
7	45,5	45,1
8	47,8	47,4
9	49,6	49,3
10	51,1	50,7
Loo=	60,8	56,5
K=	0,168	0,225
to=	-1,232	-0,13

**Tabla 14.** Número de marcas hialinas identificadas en los otolitos de jurel de la zona centro-sur, indicando la distancia promedio al núcleo, desviación estándar, coeficiente de variación y el número de lecturas realizadas.

Número	Distancia	Desviación	Coeficiente de	Número de
1	1080	157.6	14.6	1429
2	1419	155.5	11	1429
3	1704	176.8	10.4	1429
4	1979	198.3	10	1429
5	2249	212.7	9.5	1429
6	2516	232.7	9.3	1424
7	2784	254.6	9.1	1413
8	3059	275.7	9	1382
9	3332	290.7	8.7	1326
10	3589	311.3	8.7	1173
11	3842	322.4	8.4	976
12	4081	328.5	8	726
13	4327	315.3	7.3	481
14	4566	328.4	7.2	276
15	4766	328.4	6.9	115
16	4963	346.4	7	51
17	5156	325	6.3	27
18	5345	250.5	4.7	11
19	5760	219.1	3.8	5



Tabla 15. Lecturas de jurel realizadas mediante los métodos de otolitos enteros y secciones, replicadas tres veces por lector.

N° SERIE	OTOLITOS ENTEROS						SECCIONES DE OTOLITOS					
	LECTOR 1			LECTOR 2			LECTOR 1			LECTOR 2		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
82		3	3				4	4	4	4	4	3
84	6	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	3
86	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	3	3
88	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3
90	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
92	6	5	5	5	5	5	6	5	6	5	5	5
94	6	5	5	6	5	5	5	5	5	6	6	5
96	8	7	8	8	7	8	7	7	7	6	7	7
98	5	5	5	6	5	6	5	5	6	6	6	7
100	5	4	4	6	6	6	5	6	5	5	6	5
102			5	6	6	5	5	5	4	4	4	4
104	8	9	8	9	7	7	7	7	8	7	8	8
106	5	4	4	5	4	5	4	5	5	4	4	4
108	5	5	5	8	6	8	7	6	6	4	4	3
110	3	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3
112	4	3	3	4	4	4	3	4	4	4	4	5
114	6	6	5	5	6	5	5	5	5	6	6	7
116		6		6	7	6	5	6	5	6	6	6
118	6	6	6	7	7	7	6	5	6	6	6	6
120	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	7	7
122	4	3	3	4	4	3	3	3	3	4	4	3
124	6	5	6	6	5	6	5	6	6	5	5	5
126	4	3	3	6	5	6	4	4	5	4	4	4
128	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5
130	6	5	6	6	6	7	5	6	6	7	6	7
132	9	7	8	9	8	7	6	7	7	9	10	10
134	5	5	5	6	6	6	4	4	5	5	5	5
136	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
138	5	5	5	6	5	5	4	4	4	6	5	5
140	10	9	9	10	10	10	9	9	10	11	10	9
142	8	8	7	9	8	8	8	7	7	6	7	7
144	7	7	6	8	8	7	6	7	7	9	8	6
146	7	6	7	8	8	8	6	7	6	7	6	6
148	7	6	6	7	7	8	6	6	6	6	5	8
150	9	8	8	8	7	8	8	7	7	8	8	8
152	9	8	7	9	7	9	7	5	6	8	8	9
154	7	5	5	7	5	5	7	7	7	6	6	6
156	7	6	7	8	7	7	9	8	8	7	7	7
158	11	11	10	11	10	10	11	10	10	11	11	10
160	8	6	6	8	6	8	6	5	5	6	8	8
162	5		5	7	5	5	4	5	4	3	4	4
164	5	5	5	6	6	5	4	5	4	4	5	5
166	6	5	5	7	6	6	5	5	5	4	4	5
168	6	6	6	6	6	6	6	5	5	4	4	5
170	4	4	4	4	5	4	4	5	4	3	3	4
172	2	2	2	2	3	3	2	2	2	1	1	1
174	6	5	5	5	5	5	5	6	5	4	4	4
176	5	5	5	6	5	6	5	6	5	4	4	4
178	6	6	6	6	6	7	8	8	7	5	6	7
180	4	4	4	4	4	4	6	5	4	4	4	4
182	3	3	3	3	4	3	3	3	3	2	2	2
184	6	5	5	5	4	5	6	5	6	4	5	5
186	8	7	7	8	8	7	9	8	9	7	6	7
188	3	2	2	3	4	4	3	3	2	3	3	3
190	4	4	4	5	4	5	5	5	4	3	2	2

**Tabla 16.** Frecuencia de edades de comparaciones pareadas de lectores: otolitos enteros (A) y secciones transversales (B).

A	Lector 2												Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1														0
2														2
3			1											7
4			2	1										7
5				4										15
6				2	4									11
7					7	1								4
8						6	2	1						6
9							1	3						1
10								4	1					0
11										1				1
12											1			0
Total	0	0	3	7	13	15	4	9	1	2	0	0		54

Lector 1

B	Lector 2												Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1														0
2	1													1
3		1												3
4			1											13
5			3	1										16
6				7	3									10
7					7	3								7
8						4	1							2
9							3	2	1					2
10								1	3					7
11										1				2
12											1			2
Total	1	2	4	16	9	9	6	5	0	2	1	0		55

Lector 1

**Tabla 17.** Frecuencia de edades de comparaciones pareadas entre lectores: otolito entero (Lector 1) v/s secciones transversales (Lector 1) (A); otolito entero (Lector 1) v/s secciones transversales (Lector 2) (B).

		Lector 1 Secciones												
A		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1														0
2		1												2
3			1											8
4				2										7
5					2									14
6						4								12
7							1		1					4
8								1		1				6
9									1					1
10										1				0
11											1			1
12												1		0
Total		0	1	3	13	16	10	7	2	2	1	0	0	55

Lector 1 Entero

		Lector 2 Secciones												
B		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1														0
2	1	-												2
3			1											8
4				1										7
5					1									14
6						2								12
7							2		1					4
8								1						6
9									2					1
10										1				0
11											1			1
12												1		0
Total		1	2	4	16	9	9	6	5	0	2	1	0	55

Lector 1 Entero

**Tabla 18.** Medidas de precisión (%) intralector asignando edad a jurel, a través de los métodos otolito entero y cortes.

Método	Lector	APE	CV
Otolito Entero	1	5,40	7,02
	2	6,71	8,74
Otolito Cortes	1	6,03	7,92
	2	6,22	8,19

**Tabla 19.** Medidas de precisión (%) entre lectores asignando edad a jurel, a través de los métodos otolito entero y cortes.

Método	Lector	APE	CV
Otolito Entero	1 v/s 2	6,97	9,86
Otolito Corte	1 v/s 2	9,07	12,82
Entero/Corte	1 v/s 1	7,13	10,09

**Tabla 20.** Estimación del error de porcentaje promedio (APE), coeficiente de variación (V), e índice de precisión (D), para 3 lecturas de marcas hialinas por 2 lectores. Técnica: Otolitos enteros.

Nº	LECTOR 1				LECTOR 2			
	Xj	AEj	Vj	Dj	Xj	AEj	Vj	Dj
82	9.3	4.762	6.186	3.571	8.0	8.333	12.500	7.217
84	10.7	4.167	5.413	3.125	11.0	0.000	0.000	0.000
86	10.7	10.417	14.321	8.268	10.7	16.667	23.593	13.622
88	10.7	8.333	10.825	6.250	10.0	13.333	20.000	11.547
90	9.3	4.762	6.186	3.571	9.0	7.407	11.111	6.415
92	10.3	8.602	11.175	6.452	9.7	11.494	15.802	9.123
94	10.3	8.602	11.175	6.452	8.7	20.513	26.647	15.385
96	13.3	3.333	4.330	2.500	9.7	4.598	5.973	3.448
98	10.3	4.301	5.587	3.226	9.0	7.407	11.111	6.415
100	9.0	14.815	22.222	12.830	9.3	4.762	6.186	3.571
102	11.3	7.843	10.189	5.882	9.7	4.598	5.973	3.448
104	15.3	11.594	16.413	9.476	12.0	5.556	8.333	4.811
106	9.0	7.407	11.111	6.415	9.7	9.195	11.945	6.897
108	10.7	4.167	5.413	3.125	8.7	5.128	6.662	3.846
110	9.7	4.598	5.973	3.448	8.3	5.333	6.928	4.000
112	9.0	0.000	0.000	0.000	9.3	4.762	6.186	3.571
114	11.0	6.061	9.091	5.249	10.3	10.753	14.783	8.535
116	11.0	0.000	0.000	0.000	9.0	7.407	11.111	6.415
118	12.0	5.556	8.333	4.811	11.3	7.843	10.189	5.882
120	12.3	3.604	4.681	2.703	11.0	6.061	9.091	5.249
122	9.0	0.000	0.000	0.000	8.3	5.333	6.928	4.000
124	12.0	5.556	8.333	4.811	10.0	6.667	10.000	5.774
126	9.3	4.762	6.186	3.571	9.3	11.905	16.366	9.449
128	9.3	4.762	6.186	3.571	8.0	16.667	21.651	12.500
130	10.3	4.301	5.587	3.226	9.7	11.494	15.802	9.123
132	13.7	6.504	8.449	4.878	10.7	10.417	14.321	8.268
134	11.0	6.061	9.091	5.249	10.0	13.333	20.000	11.547
136	12.0	0.000	0.000	0.000	9.3	16.667	22.304	12.877
138	9.7	4.598	5.973	3.448	9.3	9.524	12.372	7.143
140	14.0	4.762	7.143	4.124	9.0	0.000	0.000	0.000
142	13.3	3.333	4.330	2.500	10.0	13.333	20.000	11.547
144	13.0	5.128	7.692	4.441	11.3	7.843	10.189	5.882
146	11.7	7.619	9.897	5.714	8.3	5.333	6.928	4.000
148	13.3	3.333	4.330	2.500	10.3	17.204	24.354	14.061
150	12.3	3.604	4.681	2.703	10.3	15.054	20.145	11.631
152	13.0	5.128	7.692	4.441	8.7	12.821	17.625	10.176
154	11.3	9.804	13.478	7.782	9.3	9.524	12.372	7.143
156	12.3	9.009	12.385	7.151	9.0	14.815	19.245	11.111
158	16.7	6.667	9.165	5.292	11.3	3.922	5.094	2.941
160	13.3	3.333	4.330	2.500	7.7	5.797	7.531	4.348
162	12.0	0.000	0.000	0.000	9.0	14.815	19.245	11.111
164	10.0	13.333	17.321	10.000	8.0	8.333	12.500	7.217
166	11.3	3.922	5.094	2.941	9.7	4.598	5.973	3.448
168	10.7	4.167	5.413	3.125	9.3	9.524	12.372	7.143
170	10.3	4.301	5.587	3.226	7.7	14.493	19.924	11.503
172	8.3	10.667	13.856	8.000	7.7	14.493	19.924	11.503
174	10.7	4.167	5.413	3.125	9.3	9.524	12.372	7.143
176	10.0	6.667	10.000	5.774	9.0	14.815	19.245	11.111
178	11.7	7.619	9.897	5.714	9.7	9.195	11.945	6.897
180	10.0	0.000	0.000	0.000	9.0	14.815	19.245	11.111
182	8.7	10.256	13.323	7.692	7.7	11.594	15.061	8.696
184	10.3	8.602	11.175	6.452				
186	13.0	5.128	7.692	4.441	8.3	10.667	13.856	8.000
188	9.7	11.494	15.802	9.123	9.0	7.407	11.111	6.415
190	9.7	4.598	5.973	3.448	8.7	12.821	17.625	10.176
Promedio=		5.747	7.820	4.515		9.739	13.292	7.674

**Tabla 21.** Distancia promedio núcleo-marcas hialina (R prom) y coeficiente de variación (CV) de estas distancias, obtenidas por el Lector 1.

Nº marcas	Lectura 1		Lectura 2		Lectura 3	
	R prom	CV(%)	R prom	CV(%)	R prom	CV(%)
1	10.673	13.3	11.127	16.8	11.400	13.5
2	13.745	10.4	14.200	12.5	14.709	10.4
3	16.382	9.9	16.964	11.2	17.236	10.2
4	19.036	9.0	19.818	10.4	19.964	8.8
5	21.509	7.3	22.655	9.7	22.782	8.5
6	24.182	8.4	25.255	9.2	25.545	7.7
7	26.855	8.4	28.236	8.2	28.182	7.5
8	29.519	7.4	30.926	8.2	30.909	6.9
9	32.204	7.8	33.442	8.2	33.615	7.0
10	34.766	7.6	35.700	8.6	36.289	7.1
11	37.694	7.9	38.000	8.5	39.030	6.6
12	39.960	8.5	40.722	7.9	42.000	7.2
13	42.923	8.8	43.308	8.2	45.333	7.2
14	42.600	4.6	44.857	7.0	49.750	6.6
15	46.000	6.1	49.667	1.2	54.000	5.2
16	48.000	5.9	53.000	0.0		
17	51.000	5.5	56.000	0.0		
18	56.000	0.0				

**Tabla 22.** Radios promedio a la edad ( $\mu$  m) en lectura de otolitos enteros de *T. s. murphyi* y mediante la técnica de integración de la densidad de los incrementos de crecimiento diarios.

Método	Entero						Densidad de microincrementos			
	Edad leída o estimada	Aguayo et al (1981)	Gili et al. (1995)	Alegria et al. (1995)	Kochkin (1994)	Shcherbithch (1991)	Kaiser (1973)	Araya et al. (1995)	Araya et al. (1993)	Este estudio
1		2125	1950	1978	2335	2070	1500	1775	1035	1700
2		2781	2540	2625	2910	2800	2150	2985	2400	2950
3		3218	3060	3118	3400	3265	2850	3920	3500	3750
4		3544	3440	3492	3875	3650	3450	4720	4220	4350
5		3795	3740	3780	4085	3990	4050		4745	4890
6		4001	3990	4014	4360	4230	4350		5180	5300
7		4174	4230	4229	4585	4440	4850		5555	5650
8		4344	4450	4443	4750	4675			5890	5990
9		4515	4660	4625	4890	4870				6280
10		4625	4880	4850	5250	5100				
11			5180	5038						
12				5333						

**Tabla 23.** Distancia núcleo-marca hialina promedio de la tercera lectura del lector 1, longitud horquilla retrocalculada y edad equivalente asignada según el radio a la edad comunicada por algunos autores (Tabla 22).

Nº de marca	R prom	d.e. (Rprom)	LH (cm) retrocal	d.e.(LH)	Edad equivalente asignada				
					Gili et al. (1995)	Alegria et al. (1995)	Shcher-bich (1991)	Kochkin (1994)	Este estudio
1	11.4	1.53	2.7	1.54					
2	14.71	1.54	6.1	1.47					
3	17.24	1.75	8.7	1.65					1
4	19.96	1.75	11.5	1.73	1	1	1		
5	22.78	1.93	14.4	2.10				1	
6	25.55	1.98	17.2	2.34	2	2			
7	28.18	2.11	19.9	2.47			2	2	
8	30.91	2.14	22.7	2.54	3	3			2
9	33.62	2.36	25.4	3.02	4	4	3	3	
10	36.29	2.59	28.2	3.53	5	5	4	4	3
11	39.03	2.57	31.4	3.56	6	6	5	5	
12	42.00	3.01	35	3.62	7	7	6	6	4
13	45.33	3.28	38.6	2.76	8	8	7	7	
14	49.75	3.3	40.8	3.16	9?	9?	?	?	5?
15	54.00	2.83	43.1	4.21	?	?	?	?	?

**Tabla 24.** Número de individuos de *T. s. murphyi* muestreados mensualmente para determinar la estructura de tallas de las capturas de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile en 1996.

MES	SAN ANTONIO	TALCAHUANO	TOTAL
	n	N	n
Ene	1922	5598	7520
Feb	392	4405	4797
Mar	221	5223	5444
Abr	960	5680	6640
May	783	5011	5794
Jun	1034	5184	6218
Jul	1606	4716	6322
Ago	6095	12176	18271
Sep	-	1755	1755
Oct	-	678	678
Nov	-	261	261
Dic	616	4035	4651
Total			

**Tabla 25.** Autores que han estudiado el crecimiento en longitud de *T. s. murphyi* en el Pacífico-Sur. Se indica el área cubierta por el estudio y/o de obtención de muestras, y la metodología general. El asterisco destaca los parámetros no comunicados por los autores, pero que han sido estimados a partir de los datos talla-edad disponibles. Se presenta además el índice de crecimiento efectivo.

N°	Autor	Área de estudio	Metodología general	Loo (LH,cm)	K (año <sup>-1</sup> )	to (año)	Φ'
1	Kaiser (1973)	Antofagasta-Valparaíso	Otolitos enteros y combinación de métodos (*)	84,5	0,141	-0,582	3,003
2	Pavez & Saa (1978)	Valparaíso	Otolitos	106,3	0,109	-0,877	3,090
3	Abramov & Kotlyar (1981)	Perú	Otolitos (*)	72,3	0,093	-1,214	2,688
4	Aguayo et al. (1981)	Talcahuano	Otolitos	44,3	0,181	-0,756	2,550
5	Nekrasov (1982)	Aguas oceánicas	Escamas (*)	74,3	0,086	-2,676	2,676
6	Shevchuk & Chur (1984)	8°S-50°S	Otolitos (*)	90,4	0,115	-1,043	2,973
7	Castillo & Arrizaga (1987)	Talcahuano	Otolitos	65,3	0,074	-2,410	2,499
8	Nekrasov (1987)	Aguas oceánicas	Escamas (*)	96,0	0,060	-2,617	2,743
9	Nosov et al. (1989)	Aguas oceánicas	Escamas (*)	77,8	0,077	-1,613	2,668
10	Kochkin (1994)	Aguas oceánicas	Otolitos	74,2	0,111	-0,809	2,786
11	Alegria et al. (1995) (a)	Arica-Antofagasta	Otolitos, densidad de microincrementos diarios	78,5	0,154	-0,098	2,977
12	Alegria et al. (1995) (b)	Arica-Antofagasta	Otolitos enteros	53,5	0,111	-1,797	2,502
13	Alegria et al. (1995) (c)	Arica-Antofagasta	Otolitos, cortes transversales	46,4	0,184	-0,945	2,598
14	Cubillos et al. (1995)	20°S-50°S-105°W	Análisis de Progresión Modal	75,3	0,144	-0,170	2,912
15	Gili et al. (1995) (a)	Talcahuano	Otolitos enteros, edad actual	79,9	0,068	-2,369	2,637
16	Gili et al. (1995) (b)	Talcahuano	Otolitos, cortes transversales edad actual	70,7	0,088	-2,107	2,644
17	Gili et al. (1995) (c)	Talcahuano	Otolitos enteros, edad retrocalculada	70,8	0,094	-0,896	2,673
18	Gili et al. (1995) (d)	Talcahuano	Otolitos, cortes transversales edad retrocalculada	63,0	0,119	-1,113	2,675
19	Araya et al. (1993)	Talcahuano	Otolitos, densidad de microincrementos diarios	59,0	0,250	0,309	2,940
20	Araya et al. (1993)	Talcahuano	Otolitos, densidad de microincrementos diarios (Loo fijo)	73,7	0,161	0,086	2,942
21	Araya et al. (1993)	Talcahuano	Otolitos, densidad de microincrementos diarios (Loo fijo, Wetherall)	68,1	0,187	0,168	2,939
22	Shcherbich (1991)	?	Otolitos (*)	79,52	0,122	-0,033	2,887



**Tabla 26.** Longitudes promedio observadas por edad de *T. s. murphyi* disponibles en la literatura.

Edad (años)	Abramov y Kotlyar (1980)	Nekrasov (1982)	Nekrasov (1987)	Nosov et al. (1989)	Kochkin (1994)	Shcherbich (1991)	Gili et al. (1995) entero	Gili et al. (1995) Corte	Araya et al. (1993)
1	19,1	17,4	18,2	14,1	13,4	8,2			8,6
2	23,3	23,0	23,3	18,9	20,1	18,3	20,0	19,9	20,0
3	27,9	27,7	27,9	23,1	25,6	25,9	25,1	25,8	29,5
4	30,8	31,4	31,6	27,2	30,6	31,5	28,7	29,6	35,9
5	35,6	34,6	34,5	30,9	35,4	36,7	31,7	32,8	40,7
6	38,8	37,4	38,1	34,4	39,2	41,2	34,7	35,7	44,5
7	41,4	40,1	41,6	37,6	42,9	45,0	37,6	38,7	47,9
8	44,8	42,6	45,5	40,6	46,2	49,1	40,4	41,6	49,1
9	47,7	45,6		43,3	49,9	52,5	43,3	44,1	
10	49,5	48,4		45,8	51,5	56,3	45,6	47,1	
11	51,8	50,8		48,2		60,2	47,1	48,4	
12	53,1	52,8		50,4					
13	53,4	54,9		52,4					
14	54,6	56,9		54,3					
15	57,7	58,3		56,0					
16	60,4	59,3		57,6					
17		59,5		59,1					
18		61,0							
19		62,0							
20									

**Tabla 27.** Selección de parámetros de crecimiento para *T. s. murphyi* a partir de estudios de edad y crecimiento disponibles en la literatura.

Autor	Loo (cm)	K (año <sup>-1</sup> )	to (año)	φ'
Abramov & Kotlyar (1980)	72,0 (2,661)	0,094 (0,009)	-2,201 (0,275)	2,687
Nekrasov (1982)	74,3 (1,475)	0,087 (0,005)	-2,606 (0,173)	2,681
Nekrasov (1987)	96,0 (23,429)	0,060 (0,022)	-2,617 (0,444)	2,743
Nosov et al. (1989)	77,8 (0,144)	0,077 (0,00031)	-1,613 (0,00985)	2,668
Kochkin (1994)	74,2 (0,374)	0,111 (0,00109)	-0,809 (0,01332)	2,786
Gili et al. (1995) enteros (*)	79,8 (0,312)	0,086 (0,00049)	-2,369 (0,01456)	2,637
Gili et al. (1995) cortes (*)	70,7 (0,149)	0,088 (0,000404)	-2,107 (0,01023)	2,644
Araya et al. (1993)	73,68 (fijo)	0,157 (0,006)	0,086 (0,1446)	2,942
Shcherbich (1991)	79,5 (4,599)	0,122 (0,014)	-0,033 (0,139)	2,887
Promedio:	77,55	0,098	-1,585	2,741
d.e.	7,614	0,028	1,071	0,109
CV (%)	9,818	29,068	-67,558	3,992

(\*)parámetros comunicados por los autores sobre la base de 1137 observaciones. La estimación en base a los 10 pares de datos de la Tabla 19 son: Loo=69,86 cm (e.e.=4,497); K=0,087 año<sup>-1</sup> (e.e.=0,012) y to=-1,968 años (e.e.=0,283) para las lecturas en otolito entero; y, Loo=67,7 cm (e.e.=4,766); K=0,0997 año<sup>-1</sup> (e.e.=0,015); y to=-1,631 años (e.e.=0.332).

**Tabla 28.** Comparación de parámetros de crecimiento para *T. s. murphyi*.

Comparaciones:	Loo	K	to	T <sup>2</sup> calc.	T <sup>2</sup> tabl.	Decisión
Abramov & Kotlyar (1980)	71.95	0.094	-2.201			
Nekrasov (1982)	74.32	0.087	-2.206	4.8	9.5	<b>No hay diferencias</b>
Nekrasov (1987)	95.95	0.060	-2.617	11.4	10.7	Si hay diferencias *
Nosov et al. (1989)	77.75	0.077	-1.613	180.4	9.6	Si hay diferencias
Kochkin (1994)	74.21	0.111	-0.810	113.2	10.3	Si hay diferencias
Shcherbik (1991)	79.51	0.122	-0.033	275.7	10.2	Si hay diferencias
Gili et al. (1995) enteros	69.86	0.087	-1.968	109.0	10.3	Si hay diferencias
Gili et al. (1995) cortes	67.71	0.100	-1.631	1.7	10.3	<b>No hay diferencias</b>
Araya et al. (1993)	73.68	0.157	-0.034	78.3	10.7	Si hay diferencias
Nekrasov (1982)	74.32	0.087	-2.206			
Nekrasov (1987)	95.95	0.060	-2.617	10.8	10.2	Si hay diferencias *
Nosov et al. (1989)	77.75	0.077	-1.613	297.4	9.4	Si hay diferencias
Kochkin (1994)	74.21	0.111	-0.810	256.3	9.9	Si hay diferencias
Shcherbik (1991)	79.51	0.122	-0.033	372.0	9.8	Si hay diferencias
Gili et al. (1995) enteros	69.86	0.087	-1.968	230.4	9.9	Si hay diferencias
Gili et al. (1995) cortes	67.71	0.100	-1.631	2.0	9.9	<b>No hay diferencias</b>
Araya et al. (1993)	73.68	0.157	-0.034	80.6	10.2	Si hay diferencias
Nekrasov (1987)	95.95	0.060	-2.617			
Nosov et al. (1989)	77.75	0.077	-1.613	177.6	10.5	Si hay diferencias
Kochkin (1994)	74.21	0.111	-0.810	66.1	12.6	Si hay diferencias
Shcherbik (1991)	79.51	0.122	-0.033	158.2	12.1	Si hay diferencias
Gili et al. (1995) enteros	69.86	0.087	-1.968	1.8	12.6	<b>No hay diferencias</b>
Gili et al. (1995) cortes	67.71	0.100	-1.631	3.5	12.6	<b>No hay diferencias</b>
Araya et al. (1993)	73.68	0.157	-0.034	76.9	13.9	Si hay diferencias
Nosov et al. (1989)	77.75	0.077	-1.613			
Kochkin (1994)	74.21	0.111	-0.810	465	10.2	Si hay diferencias
Shcherbik (1991)	79.51	0.122	-0.033	419.5	10.1	Si hay diferencias
Gili et al. (1995) enteros	69.86	0.087	-1.968	59.1	10.2	Si hay diferencias
Gili et al. (1995) cortes	67.71	0.100	-1.631	25.3	10.2	Si hay diferencias
Araya et al. (1993)	73.68	0.157	-0.034	850.4	10.5	Si hay diferencias
Kochkin (1994)	74.21	0.111	-0.810			
Shcherbik (1991)	79.51	0.122	-0.033	100.2	11.4	Si hay diferencias
Gili et al. (1995) enteros	69.86	0.087	-1.968	314	11.7	Si hay diferencias
Gili et al. (1995) cortes	67.71	0.100	-1.631	28	11.7	Si hay diferencias
Araya et al. (1993)	73.68	0.157	-0.034	20.1	12.6	Si hay diferencias
Shcherbik (1991)	79.51	0.122	-0.033			
Gili et al. (1995) enteros	69.86	0.087	-1.968	440.7	11.4	Si hay diferencias
Gili et al. (1995) cortes	67.71	0.100	-1.631	91.4	11.4	Si hay diferencias
Araya et al. (1993)	73.68	0.157	-0.034	13.4	12.1	Si hay diferencias *
Gili et al. (1995) enteros	69.86	0.087	-1.968			
Gili et al. (1995) cortes	67.71	0.100	-1.631	1.3	11.7	<b>No hay diferencias</b>
Araya et al. (1993)	73.68	0.157	-0.034	85.0	12.6	Si hay diferencias
Gili et al. (1995) cortes	67.71	0.100	-1.631			
Araya et al. (1993)	73.68	0.157	-0.034	60.5	12.6	Si hay diferencias

**Tabla 29.** Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* provenientes de las capturas de la flota de altura rusa (I trimestre de 1987 al tercer trimestre de 1991). Los valores subrayados corresponde a la selección del número de clases de edad de cada modelo, el valor en negrita al modelo que genero un incremento significativo en la log-verosimilitud sin el componente estacional y el valor encerrado en un cuadrado al mejor modelo.

Número de Clases de Edad	MODELOS							
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
5	12006.12	12006.12	12140.21	12140.21	12137.21	12137.21	12342.51	12342.3
	64	65	65	66	66	67	67	68
6	12400.44	12400.15	12429.68	12429.68	12572.09	12572.09	12620.35	12620.35
	79	80	80	81	81	82	82	83
7	12551.03	12551.03	12552.47	12552.47	12803.25	12803.25	12815.64	12815.64
	94	95	95	96	96	97	97	98
8	12667.73	12667.73	12668.43	12668.43	12951.87	12951.87	12951.87	12951.87
	109	110	110	111	111	112	112	113
9	12902.78	12902.78	12905.38	12905.38	13008.32	13008.32	13010.54	13011.37
	124	125	125	126	126	127	127	128
10	13006.95	13006.95	13011.52	13011.52	13044.62	13044.62	13048.98	13048.98
	139	140	140	141	141	142	142	143
11	13058.95	13058.95	13069.21	13070.66	13113.82	13113.82	13113.06	13113.06
	154	155	155	156	156	157	157	158
12	<u>13086.52</u>	<u>13086.52</u>	<b>13112.48</b>	<u>13115.48</u>	<u>13141.38</u>	<u>13141.38</u>	<b>13153.21</b>	<u>13154.11</u>
	169	170	170	171	171	172	172	173

**Tabla 30.** Valores de los parámetros de los modelos seleccionados que describen los datos de frecuencia de tallas del *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería de altura rusa (Tabla 29).

Parámetro	Valores estimados	
	No	Sí
Crec. Estacional	No	Sí
Verosimilitud	13112.48	13153.21
Nº de parámetros	170	172
Modelo	3	7
Nº clases de edad	12	12
Loo	58.5	54.8
K	0.108	0.131
B1	0	0
Razón d.e.	0.635	0.773
C	-	0.738
Ts	-	-0.042
1ª edad	3.81	3.26
d.e. promedio	1.33	1.419

**Tabla 31.** Longitud promedio y desviación estándar a la edad de los modelos, con y sin los parámetros que dan cuenta de cambios estacionales en la tasa de crecimiento, según modelos 3 y 7 en base al análisis de los datos del sector oceánico (Tablas 29 y 30).

Número de Clase de edad	Sin crecimiento estacional		Con crecimiento estacional	
	L promedio (cm)	d.e. (cm)	L promedio (cm)	d.e. (cm)
1	19.78	1.67	19.43	1.61
2	23.76	1.56	23.78	1.55
3	27.33	1.47	27.59	1.49
4	30.52	1.39	30.93	1.45
5	33.40	1.33	33.86	1.41
6	35.97	1.27	36.43	1.37
7	38.28	1.22	38.68	1.34
8	40.36	1.18	40.66	1.32
9	42.22	1.14	42.39	1.30
10	43.89	1.11	43.91	1.28
11	45.39	1.08	45.25	1.26
12	46.73	1.06	46.42	1.25

**Tabla 32.** Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* provenientes de las capturas de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur (1991-1995). Los valores subrayados corresponde a la selección del número de clases de edad de cada modelo, el valor en negrita al modelo que genero un incremento significativo en la log-verosimilitud sin el componente estacional y el valor encerrado en un cuadrado al mejor modelo.

Nº de Clases de Edad	MODELOS							
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
5	8756.76	8963.97	8959.35	9121.38	8829.16	9054.3	9016.07	9183.89
	64	65	65	66	66	67	67	68
6	9361.66	9410.74	9539.44	9579.34	9389.49	9439.58	9540.43	9601.58
	79	80	80	81	81	82	82	83
7	9685.79	9685.79	9805.98	9821.24	9688.23	9692.93	9834.89	9874.75
	94	95	95	96	96	97	97	98
8	9886.19	9886.36	10067.31	10081.97	9972.41	9988.29	10066.11	10097.52
	109	110	110	111	111	112	112	113
9	10112.81	10106.07	10266.55	10267.26	10158.16	10157.91	10301.31	10292.09
	124	125	125	126	126	127	127	128
10	10231.06	10232.48	10366.88	10370.09	10246.00	10245.91	10379.2	10382.21
	139	140	140	141	141	142	142	143
11	10302.80	10302.80	10408.07	10413.08	10305.15	10305.27	10402.32	<b>10421.22</b>
	154	155	155	156	156	157	157	158
12	<u>10348.57</u>	<u>10347.8</u>	<b>10446.88</b>	<u>10439.11</u>	<u>10352.77</u>	<u>10352.84</u>	<u>10438.06</u>	10439.48
	169	170	170	171	171	172	172	173

**Tabla 33.** Valores de los parámetros de los modelos seleccionados que describen los datos de frecuencia de tallas del *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería industrial de cerco de la zona centro-sur (Tabla 32).

Parámetro	Valores estimados	
	No	Sí
Crec. Estacional		
Verosimilitud	10446.88	10421.22
Nº de parámetros	170	158
Modelo	3	8
Nº clases de edad	12	11
L <sub>oo</sub>	67.8	72.2
K	0.075	0.072
b <sub>1</sub>	0	0.407
Razón d.e.	1.932	1.929
C	-	0.696
T <sub>s</sub>	-	0.810
1ª edad	5.58	5.36
d.e. promedio	1.483	1.492

**Tabla 34.** Longitud promedio y desviación estándar a la edad de los modelos, con y sin los parámetros que dan cuenta de cambios estacionales en la tasa de crecimiento, según modelos 3 y 8 en base al análisis de los datos de la zona centro-sur de Chile (Tablas 32 y 33).

Número de Clase de edad	Sin crecimiento estacional		Con crecimiento estacional	
	L promedio (cm)	d.e. (cm)	L promedio (cm)	d.e. (cm)
1	23.25	1.07	23.75	1.07
2	26.48	1.16	26.75	1.17
3	29.47	1.26	29.89	1.28
4	32.25	1.35	32.81	1.38
5	34.83	1.45	35.53	1.48
6	37.22	1.54	38.06	1.58
7	39.44	1.63	40.42	1.68
8	41.49	1.72	42.62	1.78
9	43.40	1.81	44.66	1.88
10	45.17	1.90	46.57	1.98
11	46.81	1.98	48.34	2.07
12	48.34	2.06	-	-

**Tabla 35.** Dos veces la log-verosimilitud de los modelos contemplados para analizar la distribución de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* provenientes de las capturas de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur en 1996. Los valores subrayados corresponde a la selección del número de clases de edad de cada modelo, el valor en negrita al modelo que genero un incremento significativo en la log-verosimilitud sin el componente estacional y el valor encerrado en un cuadrado al mejor modelo.

N° de Clases de Edad	MODELOS							
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
5	8499.71 48	8545.28 49	8542.65 49	8596.03 50	8535.41 50	8595.55 51	8633.80 51	8709.77 52
6	8541.07 59	8590.54 60	8643.12 60	8608.94 61	8620.95 61	8673.82 62	8696.02 62	8725.45 63
7	8663.25 70	8666.28 71	8710.04 71	8698.27 72	8734.49 72	8754.91 73	8787.16 73	8787.95 74
8	8680.71 81	8684.27 82	8722.51 82	8718.94 83	8752.44 83	8772.02 84	8816.17 84	8819.19 85
9	<u>8732.31</u> 92	<u>8732.31</u> 93	<b>8750.00</b> 93	<u>8749.47</u> 94	<u>8807.93</u> 94	<u>8808.33</u> 95	<u>8841.6</u> 95	<b>8846.38</b> 96
10	8740.36 103	8740.36 104	8741.26 104	8741.26 105	8821.76 105	8821.87 106	8833.37 106	8845.17 107
11	8738.89 114	8738.91 115	8740.35 115	8739.90 116	8820.17 116	8828.75 117	8827.36 117	8847.34 118
12	8729.24 125	8729.95 126	8730.81 126	8734.17 127	8809.61 127	8826.17 128	8857.56 128	8842.11 129



**Tabla 36.** Valores de los parámetros de los modelos seleccionados que describen los datos de frecuencia de tallas del *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería industrial de cerco de la zona centro-sur en 1996 (Tabla 35).

Parámetro	Valores estimados	
	No	Sí
Crec. Estacional		
Verosimilitud	8750,00	8846.38
Nº de parámetros	93	96
Modelo	3	8
Nº clases de edad	9	9
Loo	67,7 (1,0155)	63.4
K	0,117 (0,0037)	0.144
b1	0	0.405
Razón d.e.	1,484 (0,0109)	1.694
C	-	0.949
Ts	-	0.002
1ª edad	3,56 (0,0205)	2.980
d.e. promedio	1,813 (0,0109)	1.811

**Tabla 37.** Longitud promedio y desviación estándar a la edad de los modelos, con y sin los parámetros que dan cuenta de cambios estacionales en la tasa de crecimiento, según modelos 3 y 8 en base al análisis de los datos de la zona centro-sur de Chile en 1996 (Tablas 35 y 36).

Número de Clase de edad	Sin crecimiento estacional		Con crecimiento estacional	
	L promedio (cm)	d.e. (cm)	L promedio (cm)	d.e. (cm)
1	22.99	1.49	22.92	1.39
2	27.92	1.60	28.02	1.54
3	32.30	1.70	32.76	1.69
4	36.20	1.80	36.87	1.82
5	39.67	1.90	40.42	1.95
6	42.76	1.98	43.50	2.07
7	45.51	2.06	46.16	2.17
8	47.95	2.14	48.47	2.27
9	50.13	2.21	50.47	2.36

**Tabla 38.** Distribución de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* obtenidas a partir de la pesca exploratoria del B/I Academic Knipovich sobre la plataforma continental de Chile en 1973, Datos obtenidos de la Tabla 4 de Nekrasov (1994).

Marca de clase LH (cm)	Frecuencia	Frecuencia Relativa (%)	Frecuencia acumulada (%)
32	2	0,07	0,07
34	40	1,47	1,54
36	99	3,63	5,17
38	251	9,21	14,39
40	318	11,67	26,06
42	322	11,82	37,87
44	218	8,00	45,87
46	202	7,41	53,28
48	134	4,92	58,20
50	157	5,76	63,96
52	146	5,36	69,32
54	169	6,20	75,52
56	110	4,04	79,56
58	162	5,94	85,50
60	169	6,20	91,71
62	124	4,55	96,26
64	55	2,02	98,28
66	32	1,17	99,45
68	11	0,40	99,85
70	3	0,11	99,96
72			99,96
74	1	0,04	100,00
n	2725		
LH prom	47,96		
Var(LH)	71,90		
CV (%)	17,68		

**Tabla 39.** Dos veces la log-verosimilitud de los modelos analizados con MULTIFAN para estimar la tasa de mortalidad natural en *T. s. murphyi* a partir de los datos de frecuencia de tallas del B/I Academic Knipovich.

Número de Clases de Edad	MODELOS			
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
5	3672.17	3686.47	3694.03	3694.03
	44	45	45	46
6	3688.69	3698.82	3732.24	3736.48
	54	55	55	56
7	3658.48	3663.82	3714.53	3713.09
	64	65	65	66
8	3693.06	3693.24	3735.25	3735.27
	74	75	75	76
9	3699.9	3766.11	3704.54	3807.91
	84	85	85	86
10	3690.18	<u>3824.98</u>	3743.34	3900.55
	94	95	95	96
11	<u>3733.24</u>	3815.56	<u>3779.11</u>	<b>3948.48</b>
	104	105	105	106
12	3717.5	3804.56	3785.25	3829.6
	114	115	115	116
13	3737.11	3783.34	3776.92	3799.45
	124	125	125	126

**Tabla 40.** Valores de los parámetros del Modelo 4 de MULTIFAN, utilizado para determinar la tasa de mortalidad natural en *T. s. murphyi* (ver Tabla 33).

Parámetro	Valores estimados	Nº de clases de edad	LH (cm)	d.e. (cm)	Selectividad	Proporción
Verosimilitud	3948.48	1	37.78	2.02	0.491	0.19
Nº de parámetros Modelo	106	2	41.58	1.82	1	0.25
	4	3	45.86	1.66	1	0.13
Nº clases de edad	11	4	49.7	1.53	1	0.09
Loo	83.9	5	53.16	1.42	1	0.10
K	≤0.107	6	56.27	1.33	1	0.05
b1	1.05	7	59.06	1.25	1	0.10
Razón d.e.	0.518	8	61.57	1.19	1	0.06
<b>M</b>	<b>0.38</b>	9	63.83	1.13	1	0.02
1ª edad	5.42	10	65.86	1.08	1	0.01
d.e. promedio	≤1.45	11	67.68	1.04	1	<0.001

**Tabla 41.** Resumen de la estimación de los parámetros del modelo utilizado para analizar la distribución de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* provenientes del B/I Academic Knipovich. En negrita se indica el valor de la tasa de mortalidad natural.

Parámetros	Abramov & Kotlyar (1980)	Nekrasov (1982)	Nekrasov (1987)	Kochkin (1994)	Gili et al. (1995) (a)	Gili et al. (1995) (b)	Araya et al. (1993)	Shcherbi ch (1991)	Nosov et al. (1989)
L <sub>oo</sub>	72,3	74,3	96,0	74,2	79,88	70,72	73,68	79,47	77,8
K	0,093	0,086	0,060	0,111	0,068	0,088	0,161	0,1226	0,077
t <sub>0</sub>	-1,214	-2,676	-2,617	-0,809	-2,369	-2,107	0,086	-0,032	-1,613
M	<b>0,150</b>	<b>0,150</b>	<b>0,236</b>	<b>0,228</b>	<b>0,137</b>	<b>0,121</b>	<b>0,362</b>	<b>0,343</b>	<b>0,153</b>
LH <sub>1</sub>	37,855	37,835	38,373	38,283	37,751	37,785	39,214	39,076	37,817
σ <sub>1</sub>	2,090	2,065	2,199	2,139	2,035	2,200	2,466	2,428	2,034
λ	1,033	1,028	0,966	1,002	1,026	1,053	0,968	0,945	1,021
A	85,536	77,474	145,858	78,044	71,123	127,654	104,216	133,220	68,462

**Tabla 42.** Descomposición en grupos de edad de la frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* obtenida por el B/I Academic Knipovich en 1973. Condicionamiento a las longitudes promedio del modelo de crecimiento de Nekrasov (1987).

Autor	Nekrasov (1987)		MIX			
Loo=	96	Loo=	94.968	(49.811)		
K=	0.06	K=	0.061	(0.059891)		
t0=	-2.617	(t1-t0)	8.6613	(2.5615)		
X <sup>2</sup> =	28.6375	sigma=	2.1599	(0.4094)		
g.l.	9					
Nº de clases	Lt	ee(Lt)	Pt	ee(Pt)	Edad	Nt
1	38.9877	(1.1821)	0.15458	0.08624	8.6613	421
2	42.3016	(1.2161)	0.25515	0.03427	9.6613	695
3	45.4194	(1.2649)	0.08044	0.08175	10.6613	219
4	48.3526		0.10822	0.05322	11.6613	295
5	51.1121		0.0221	0.08954	12.6613	60
6	53.7083		0.13421	0.11743	13.6613	366
7	56.1508		0.03476	0.19791	14.6613	95
8	58.4487		0.00067	0.27387	15.6613	2
9	60.6106		0.17616	0.15189	16.6613	480
10	62.6445			0.31075	17.6613	0
11	64.558		0.01524	0.22985	18.6613	42
12	66.3582		0.01847	0.13142	19.6613	50

**Tabla 43.** Descomposición en grupos de edad de la frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* obtenida por el B/I Academic Knipovich en 1973. Condicionamiento a las longitudes promedio del modelo de crecimiento de Shcherbich (1991).

Autor	Shcherbithch (1991)		MIX:			
Loo=	79.47	Loo=	102.89	(24.577)		
K=	0.1226	K=	0.069183	(0.031847)		
t0=	-0.03235	(t1-to)=	6.8222	(1.0462)		
X2=	42.4991	sigma=	2.1182	(0.1883)		
g.l.	7					
N° de clases	Lt	ee(Lt)	Pt	ee(Pt)	Edad	Nt
1	38.7106 (0.4151)		0.16927	0.0287	6.8222	461
2	43.0006 (0.5227)		0.28097	0.02018	7.8222	766
3	47.0039 (0.6036)		0.11067	0.01963	8.8222	302
4	50.7396		0.07819	0.02137	9.8222	213
5	54.2255		0.13568	0.03851	10.8222	370
6	57.4785		0.01353	0.03851	11.8222	37
7	60.514		0.16089	0.03346	12.8222	438
8	63.3466		0.02494	0.03174	13.8222	68
9	65.9898		0.02529	0.01654	14.8222	69
10	68.4564		0	0.00737	15.8222	0
11	70.7581		0.00057	0.00168	16.8222	2

**Tabla 44.** Descomposición en grupos de edad de la frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* obtenida por el B/I Academic Knipovich en 1973. Condicionamiento a las longitudes promedio del modelo de crecimiento de Kochkin (1994).

Autor	Kochkin (1994)		MIX:			
Loo=	74.2	Loo=	75.248	(198.568)		
K=	0.111	K=	0.107532	(.636072)		
t0=	-0.809	(t1-t0)=	6.7452	(13.5840)		
		sigma=	2.0385	(0.3599)		
X2=	44.0215					
g.l.	6					
Nº de clases	Lt	ee(Lt)	Pt	ee(Pt)	Edad	nt
1	38.8149 (0.9697)		0.15556	0.01129	6.7452	424
2	42.5293 (1.4442)		0.24436	0.02118	7.7452	666
3	45.865 (1.1025)		0.08281	0.02585	8.7452	226
4	48.8606		0.10491	0.03576	9.7452	286
5	51.5508		0.02186	0.06071	10.7452	60
6	53.9668		0.13672	0.11265	11.7452	373
7	56.1364		0.02886	0.21392	12.7452	79
8	58.0848		0.00689	0.40303	13.7452	19
9	59.8346		0.12245	0.72243	14.7452	334
10	61.406		0.03426	1.16194	15.7452	93
11	62.8172		0.02991	1.56637	16.7452	82
12	64.0845		0	1.65424	17.7452	0
13	65.2226		0.01544	1.23962	18.7452	42
14	66.2447		0.01236	0.56986	19.7452	34
15	67.1625		0.00362	0.12072	20.7452	10



**Tabla 45.** Descomposición en grupos de edad de la frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* obtenida por el B/I Academic Knipovich en 1973. Condicionamiento a las longitudes promedio del modelo de crecimiento de Araya et al. (1993).

Autor	Araya et al. (1993)		MIX:			
Loo=	73.68	Loo=	74.06	(20.953)		
K=	0.161	K=	0.158998	(0.105657)		
t0=	0.086	(t1-t0)=	4.6836	(1.1442)		
		sigma=	2.2007	(0.1409)		
X2=	145.542					
g.i.	7					
Nº de clases	Lt	ee(Lt)	Pt	ee(Pt)	Edad	Nt
1	38.89	(0.2604)	0.18555	0.01703	4.6836	506
2	44.06	(0.3221)	0.31476	0.01712	5.6836	858
3	48.47	(0.4622)	0.09121	0.03941	6.6836	249
4	52.2317		0.10151	0.02378	7.6836	277
5	55.4405		0.02315	0.05796	8.6836	63
6	58.1775		0.13713	0.17164	9.6836	374
7	60.5122		0.03408	0.28019	10.6836	93
8	62.5037		0.05581	0.44675	11.6836	152
9	64.2024		0.05488	0.38717	12.6836	150
10	65.6515		0	0.07003	13.6836	0
11	66.8875		0.00193	0.03442	14.6836	5

**Tabla 46.** Resumen de las estimaciones de M utilizando curvas de captura.

Modelo de crecimiento	M	Error Estándar	CV (%)	Límites de confianza de 95%
Nekrasov (1987)	0,181	0,074	40,9	[0,010;0,352]
Shcherbich (1991)	0,264	0,105	39,8	[0,017;0,512]
Kochkin (1994)	0,216	0,052	24,1	[0,102;0,330]
Araya et al. (1993)	0,349	0,099	28,4	[0,121;0,578]

**Tabla 47.** Resumen de los descriptores estadísticos para 1000 valores alternativos e igualmente probables de la tasa de mortalidad natural estimada con el modelo empírico de Pauly (1980). Nomenclatura: Nke87=Nekrasov (1987); Nek82=Nekrasov (1982); Abr&K= Abramov & Kotlyar (1980); Kochk=Kochkin (1994); Shcherb=Shcherbich (1991); Gili(a) = Gili et al. (1994) otolitos enteros; Gili(b) = Gili et al. (1995) cortes; Araya= Araya et al. (1993); Edad.Est= Este estudio, edad estimada con el peso del otolito.

	Nek87	Nek82	Abr&K	Nosov	Kochk	Scherb	Gili(a)	Gili(b)	Araya	Edad. Est.
Rmax	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Promedio	0.16	0.21	0.22	0.19	0.25	0.26	0.18	0.22	0.31	0.39
Mediana	0.14	0.19	0.20	0.18	0.23	0.24	0.16	0.20	0.29	0.36
Desv. Estd.	0.09	0.09	0.10	0.08	0.10	0.11	0.08	0.09	0.13	0.14
Varianza	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Skewness	1.36	1.27	1.34	1.29	1.29	1.16	1.30	1.28	1.26	0.88
Kurtosis	6.10	5.59	6.04	5.68	5.74	4.99	5.73	5.64	5.58	3.77
CV	0.54	0.42	0.43	0.43	0.42	0.42	0.43	0.42	0.41	0.35
Mínimo	0.00	0.06	0.06	0.05	0.07	0.07	0.05	0.06	0.09	0.15
Máximo	0.65	0.70	0.77	0.64	0.81	0.77	0.59	0.71	0.99	0.99
Percentiles:										
2.5%	0.04	0.09	0.09	0.08	0.11	0.11	0.07	0.09	0.13	0.19
5.0%	0.06	0.10	0.10	0.09	0.12	0.12	0.08	0.10	0.15	0.20
50.0%	0.14	0.19	0.20	0.18	0.23	0.24	0.16	0.20	0.29	0.36
95.0%	0.31	0.38	0.40	0.35	0.44	0.46	0.32	0.39	0.55	0.65
97.5%	0.37	0.43	0.46	0.40	0.50	0.53	0.36	0.44	0.63	0.71

**Tabla 48.** Resumen de los descriptores estadísticos para 1000 valores alternativos e igualmente probables de la tasa de mortalidad natural estimada con el modelo empírico de Rickther & Efanov (1976). Para la nomenclatura ver Tabla 46.

	Nek87	Nek82	Abr&K	Nosov	Kochk	Scherb	Gili(a)	Gili(b)	Araya	Edad. Est
Rmax	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Promedio	0.56	0.62	0.67	0.47	0.55	0.52	0.51	0.56	0.61	0.64
Mediana	0.57	0.62	0.66	0.47	0.55	0.52	0.51	0.56	0.60	0.63
Desv. Estd.	0.19	0.10	0.11	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.10
Varianza	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Skewness	-0.03	0.23	0.19	0.34	0.29	0.23	0.31	0.29	0.35	0.34
Kurtosis	3.44	3.27	3.27	3.47	3.43	3.13	3.42	3.43	3.39	3.43
CV	0.33	0.15	0.16	0.17	0.16	0.17	0.16	0.16	0.15	0.16
Mínimo	0.02	0.33	0.34	0.23	0.28	0.26	0.26	0.29	0.35	0.30
Máximo	1.32	0.99	1.08	0.79	0.89	0.82	0.84	0.90	0.97	1.09
Percentiles:										
2.5%	0.18	0.45	0.46	0.32	0.39	0.36	0.36	0.40	0.44	0.45
5.0%	0.23	0.48	0.50	0.34	0.41	0.38	0.38	0.42	0.47	0.49
50.0%	0.57	0.62	0.66	0.47	0.55	0.52	0.51	0.56	0.60	0.63
95.0%	0.86	0.79	0.84	0.61	0.70	0.67	0.65	0.70	0.76	0.81
97.5%	0.93	0.82	0.88	0.65	0.74	0.71	0.69	0.75	0.80	0.85

**Tabla 49.** Resumen de los descriptores estadísticos para 1000 valores alternativos e igualmente probables de la tasa de mortalidad natural estimada con el modelo empírico de Alverson y Carney (1975). Para la nomenclatura ver Tabla 46.

	Nek87	Nek82	Abr&K	Nosov	Kochk	Scherb	Gili(a)	Gili(b)	Araya	Edad. Est.
Rmax	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Promedio	0.14	0.19	0.20	0.19	0.28	0.35	0.16	0.20	0.45	0.47
Mediana	0.13	0.18	0.19	0.17	0.26	0.32	0.14	0.18	0.41	0.45
Desv. Estd.	0.06	0.06	0.06	0.06	0.09	0.14	0.05	0.06	0.17	0.14
Varianza	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02
Skewness	0.52	0.54	0.56	0.55	0.58	0.82	0.53	0.52	0.65	0.58
Kurtosis	2.87	2.13	2.31	2.08	2.12	2.89	2.06	2.03	2.25	2.36
CV	0.41	0.30	0.30	0.32	0.33	0.38	0.31	0.30	0.36	0.30
Mínimo	0.02	0.10	0.10	0.11	0.16	0.15	0.09	0.12	0.23	0.27
Máximo	0.33	0.33	0.37	0.31	0.49	0.79	0.26	0.32	0.87	0.87
Percentiles:										
2.5%	0.04	0.12	0.12	0.11	0.17	0.18	0.09	0.12	0.25	0.28
5.0%	0.06	0.12	0.12	0.11	0.17	0.19	0.10	0.12	0.26	0.30
50.0%	0.13	0.18	0.19	0.17	0.26	0.32	0.14	0.18	0.41	0.45
95.0%	0.24	0.30	0.31	0.30	0.46	0.63	0.24	0.31	0.77	0.74
97.5%	0.27	0.30	0.33	0.30	0.47	0.66	0.25	0.31	0.79	0.78

**Tabla 50.** Distribuciones de frecuencias observadas y esperadas según una distribución binomial negativa del número de larvas de *Anisakis* sp. en el jurel *T. s. murphyi*. Los parámetros de la distribución son  $x= 0.5106$  y  $k= 0.14662$ .

Nº de	Frecuencia	Frecuencia
0	3025	3127,53
1	395	355,09
2	199	158,68
3	97	88,23
4	61	53,93
5	38	35,95
6	27	23,15
+6	55	54,44

Chi-cuadrado= 20,654; grados de libertad= 5,  $p < 0.001$

**Tabla 51.** Distribuciones de frecuencias porcentuales del número de larvas de *Anisakis* por clase de edad del jurel *T. s. murphyi*. Al pie de la Tabla se indica el número de ejemplares por cada clase de edad.

Nº de	CLASES DE EDAD							
	2	3	4	5	6	7	8	8+
0	99.6	96.3	89.11	78.53	46.28	40.65	44.64	37.7
1	0.4	3.7	8.94	12.6	21.63	20.18	12.02	14.75
2			1.32	4.63	13.72	15.73	12.88	14.75
3			0.23	1.16	6.98	9.79	7.3	8.2
4			0.16	0.9	3.72	5.64	5.58	6.56
5			0.23	1.16	1.63	2.37	6.01	6.56
6				0.64	2.79	0.89	1.29	1.64
7				0.26	0.93	1.19	1.29	2.46
8					0.7	0	1.72	0.82
9					0.23	0.89	1.72	2.46
10					0.23	0.3	0.43	0
11					0.47	1.48	1.72	1.64
TOTAL	252	459	1286	778	430	337	233	122

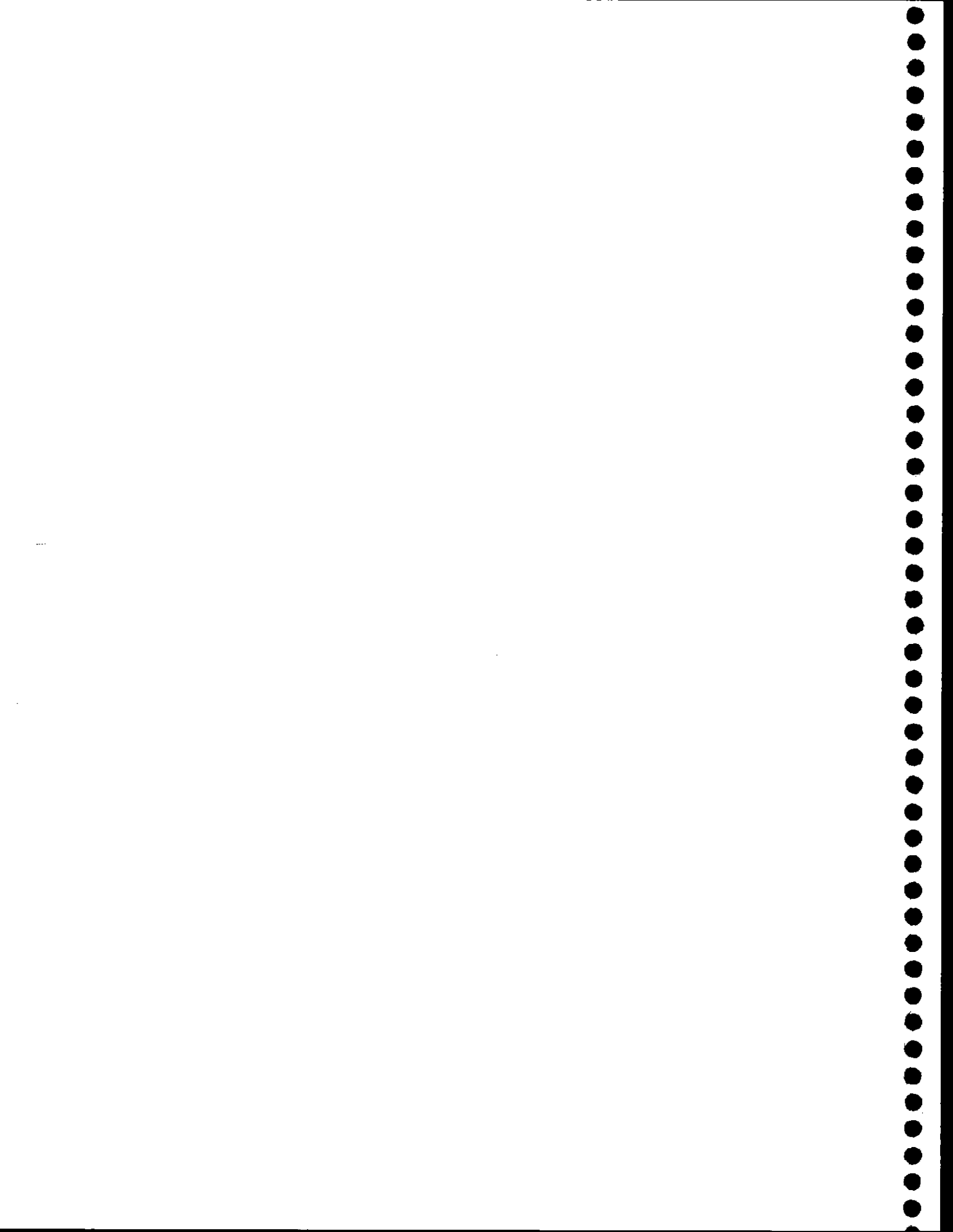
**Tabla 52.** Prevalencia (P, %), abundancia (A, Nº promedio por jurel) y dispersión (varianza/promedio) de *Anisakis* en jurel según clases de edad.

Clases de	P	A	Dispersión
2	0,4	0,004	1,0
3	3,7	0,04	0,9
4	10,9	0,14	1,6
5	21,5	0,41	2,7
6	53,7	1,39	3,1
7	59,4	1,68	3,3
8	55,4	2,19	4,9
8+	62,3	2,39	5,2

**Tabla 53.** Comparación entre el radio y peso del otolito (promedios) a la edad de lecturas en otolitos enteros comunicadas por otros autores en relación con los determinados en este estudio sobre la base de la relación "edad-peso del otolito" de 33 ejemplares de *T. s. murphyi*.

Edad (años)	Radio promedio del otolito a la edad (um)						
	Este estudio	Aguayo et al (1981)	Gili et al. (1995)	Alegria et al. (1995)	Kochkin (1994)	Shcherbich (1991)	Este estudio (densidad de incrementos diarios)
1	1954	2125	1950	1978	2335	2070	1700
2	3132	2781	2540	2625	2910	2800	2950
3	3722	3218	3060	3118	3400	3265	3750
4	4118	3544	3440	3492	3875	3650	4350
5	4417	3795	3740	3780	4085	3990	4890
6	4657	4001	3990	4014	4360	4230	5300
7	4858	4174	4230	4229	4585	4440	5650
8	5030	4344	4450	4443	4750	4675	
9	5182	4515	4660	4625	4890	4870	
10	5316	4625	4880	4850	5250	5100	
11	5437		5180	5038			
12				5333			
Edad (años)	Peso promedio del otolito a la edad (ug)						
1	4,7	5,4	4,7	4,8	6,4	5,2	3,8
2	12,3	9,2	7,6	8,1	10,3	9,4	10,6
3	19,9	13,2	11,6	12,2	15,3	13,7	20,4
4	27,5	17,2	15,8	16,5	22,6	18,8	33,3
5	35,2	21,2	20,2	20,9	26,8	24,8	51,7
6	42,8	25,0	24,8	25,3	33,5	30,2	72,2
7	50,4	28,8	30,2	30,1	40,3	35,8	
8	58,0	33,1	36,1	35,9	46,1	43,4	
9	65,6	38,1	42,9	41,6	51,7	50,9	
10	73,2	41,6	51,3	50,0	69,4	61,4	
11	80,8		65,5	58,3			
12				74,2			

**FIGURAS**



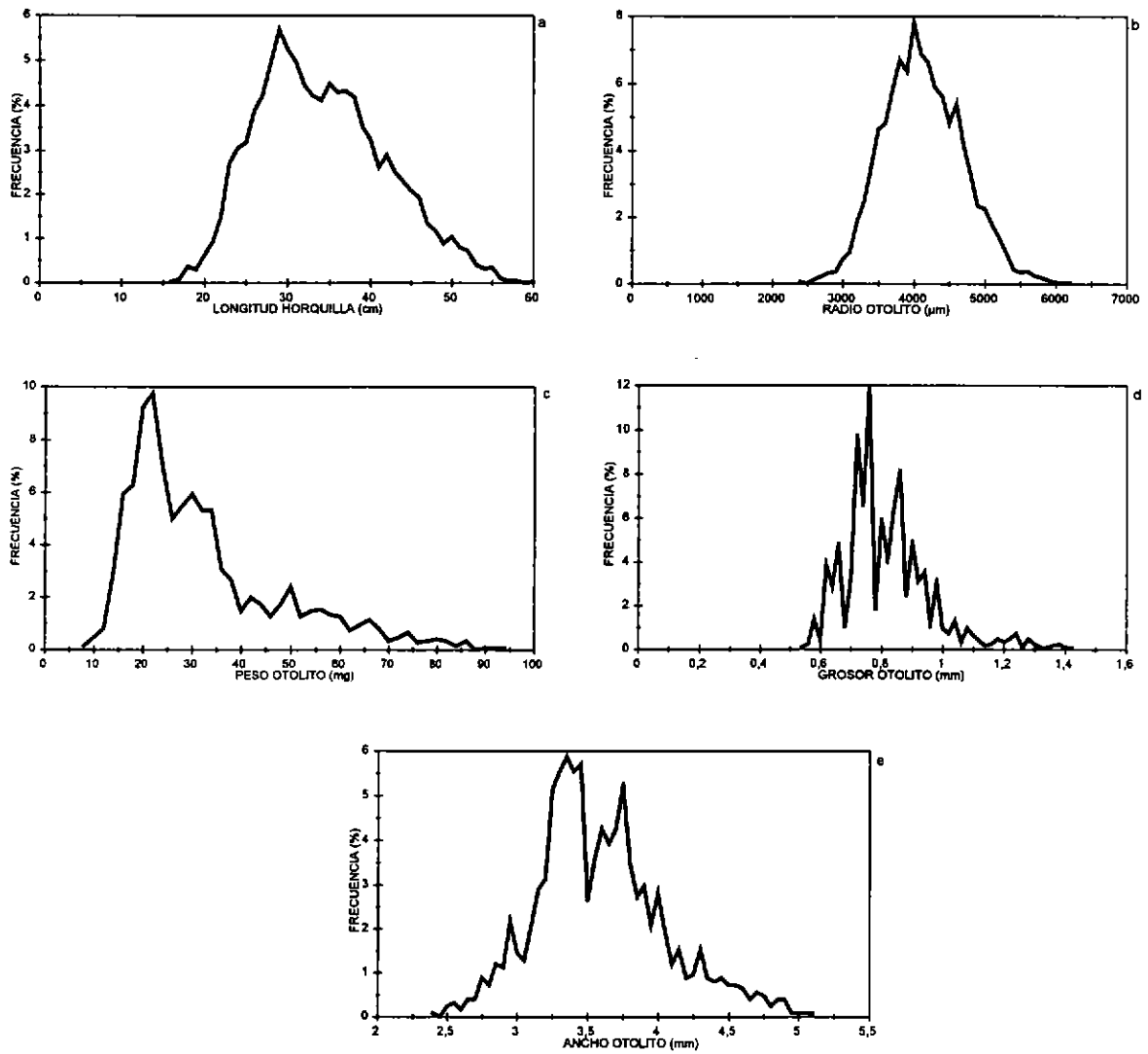


Figura 1. Distribución de frecuencia en porcentaje de la longitud horquilla (a), radio del otolito (b), peso del otolito (c), grosor del otolito (d) y ancho del otolito (e) de los ejemplares de jurel muestreados en los puertos desembarques de la pesquería centro-sur, durante el desarrollo del proyecto.



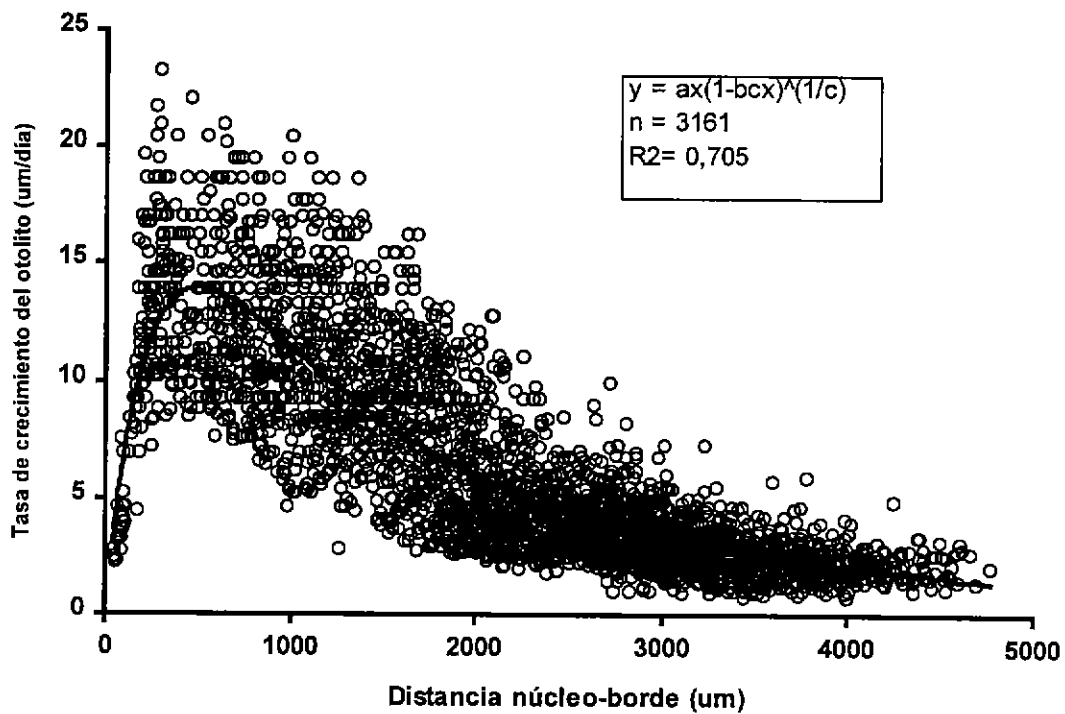
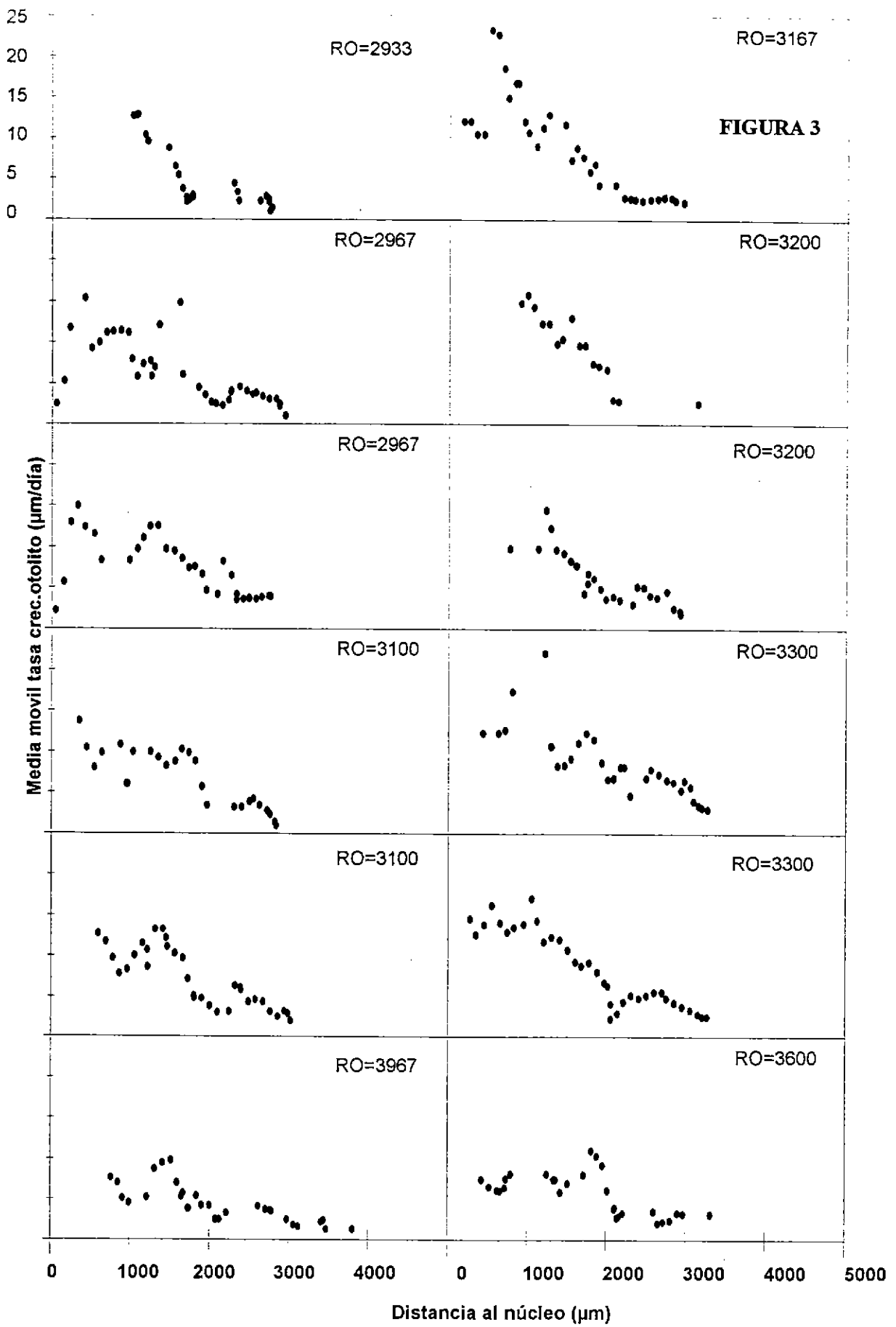
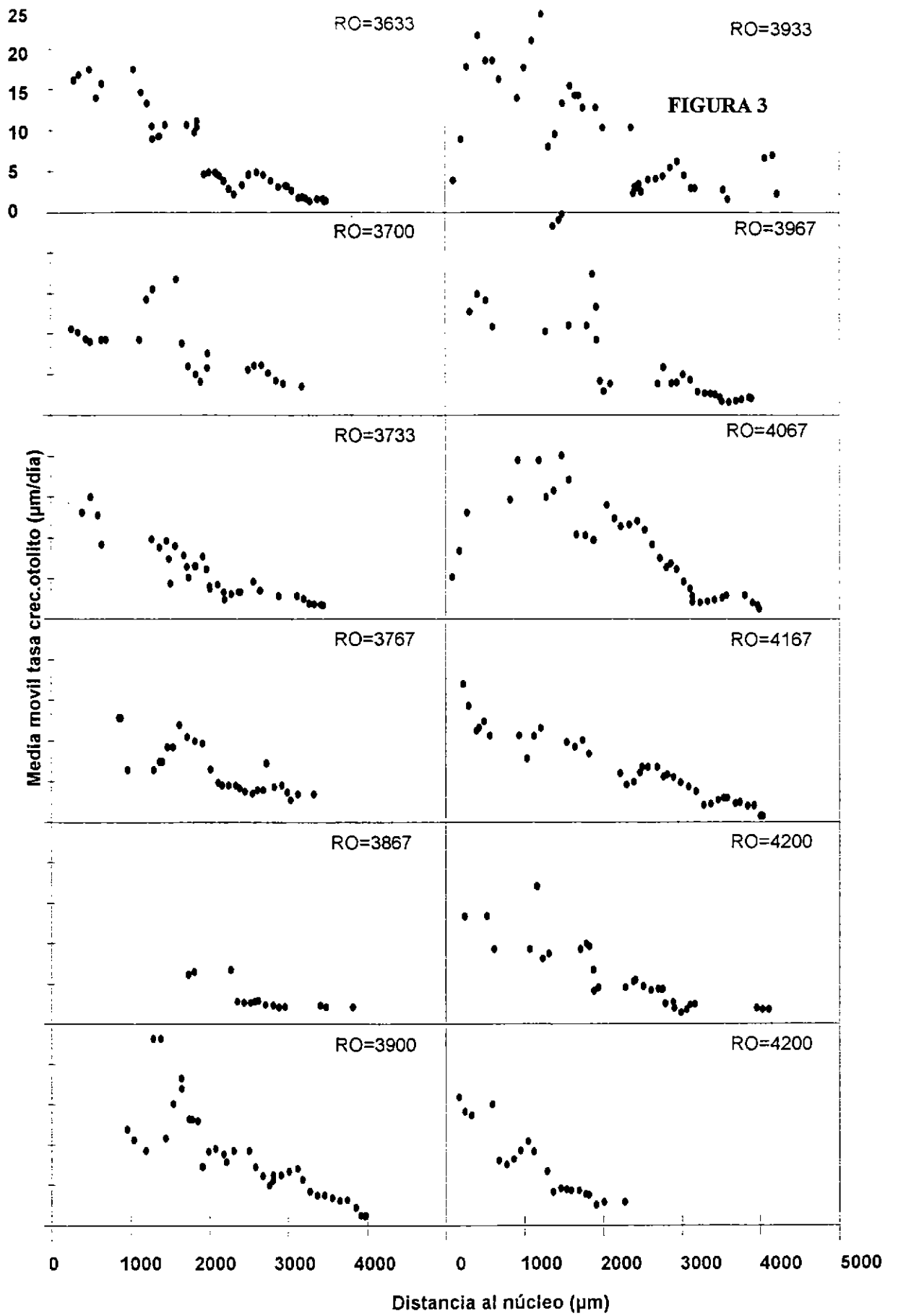
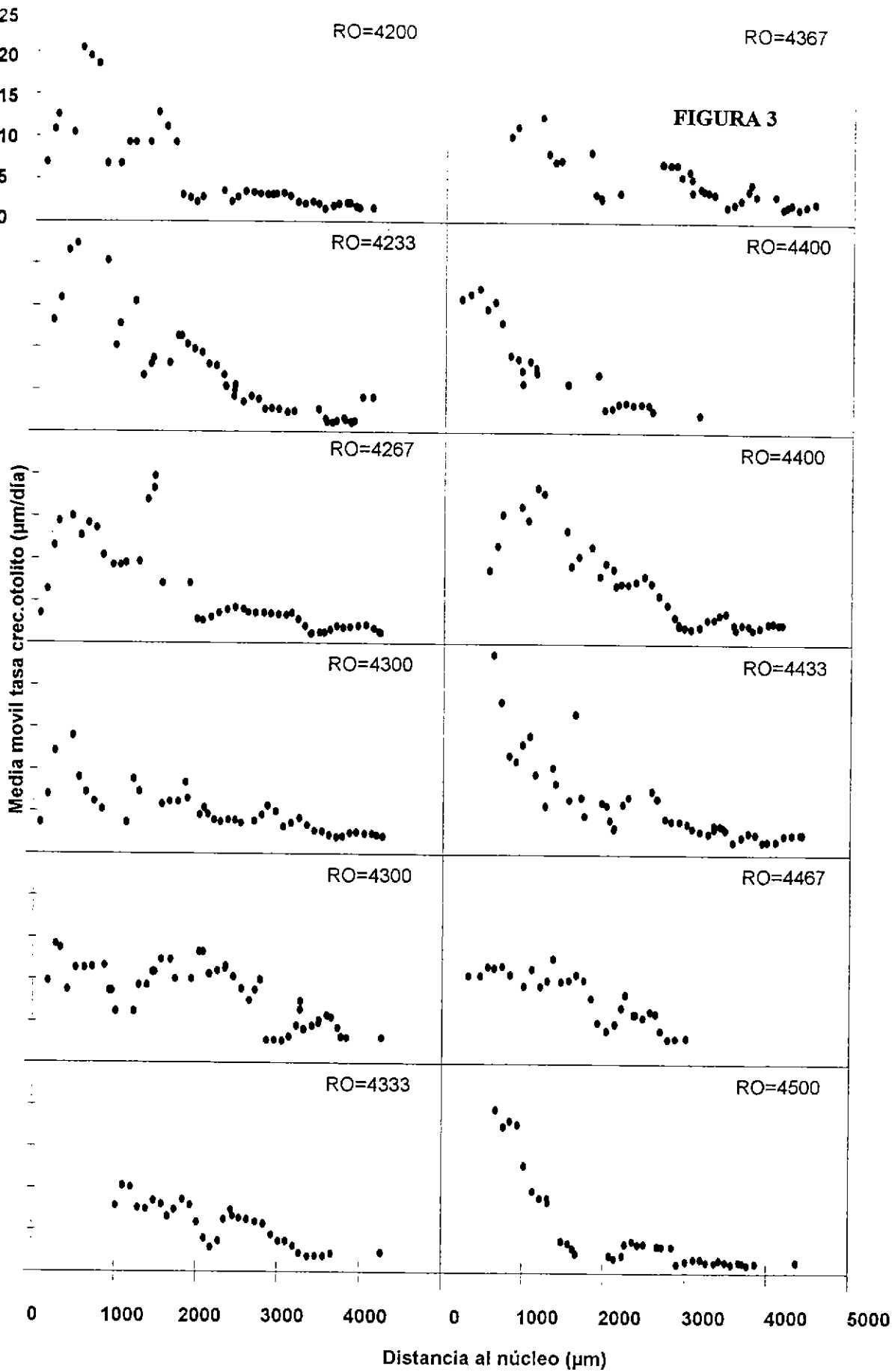


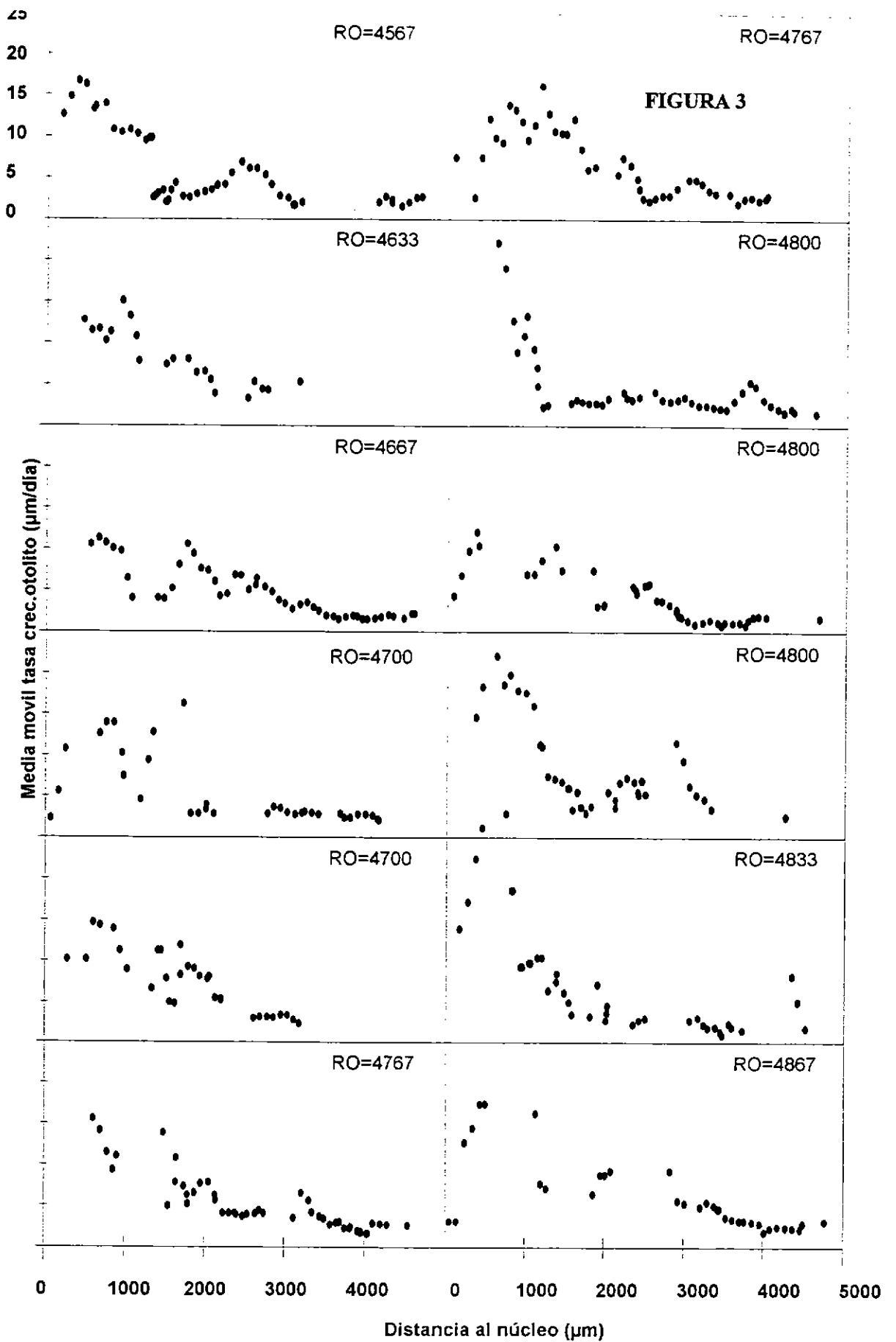
Figura 2. Observaciones de la tasa de crecimiento del otolito con respecto a la distancia al núcleo y el modelo ajustado para el jurel de la zona centro-sur.

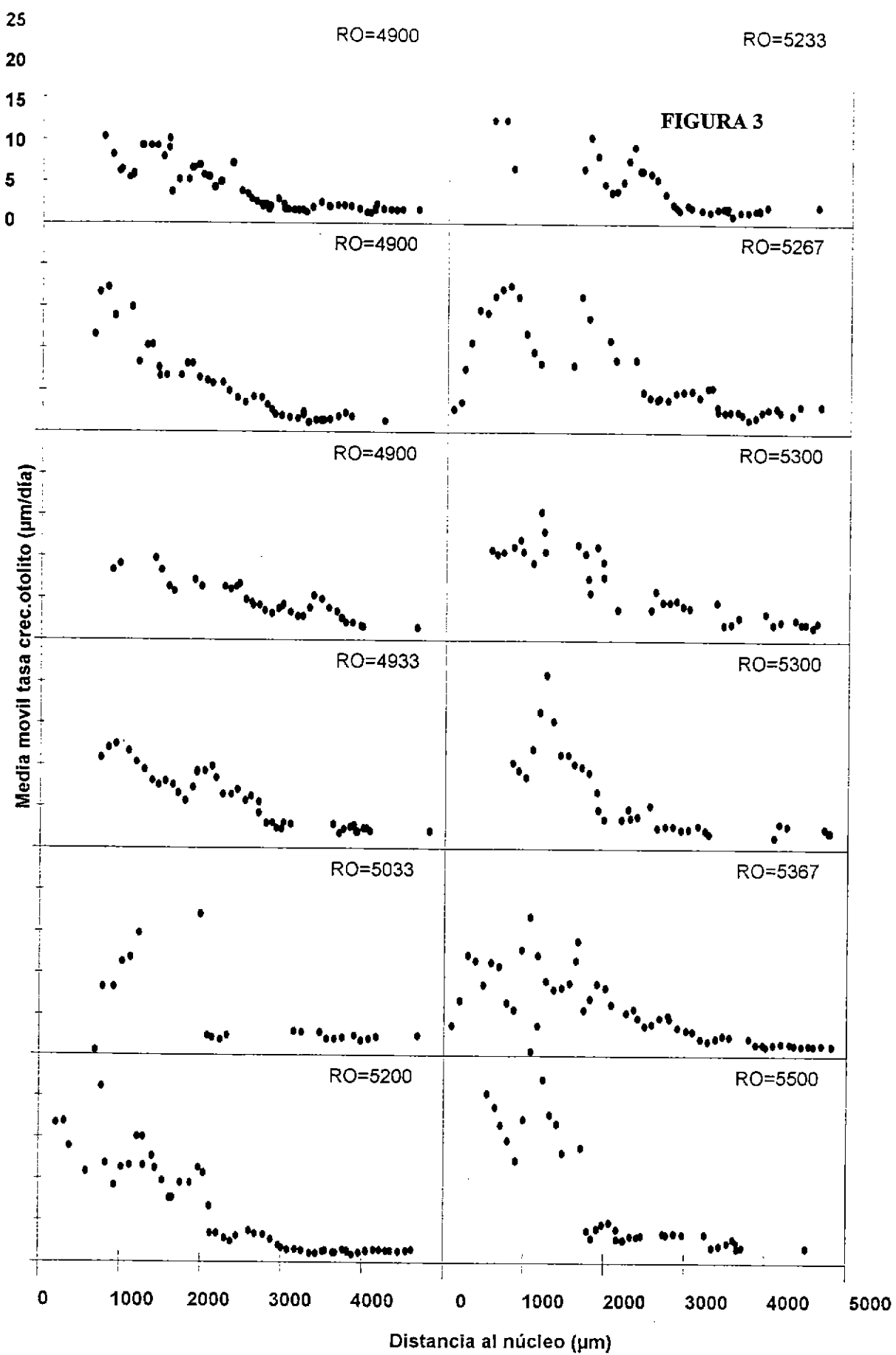
Figura 3. Lecturas individuales de la tasa de crecimiento del otolito de 60 ejemplares, ordenados por tamaño del otolito ( $RO = \text{radio otolito}$ ). A la información se le aplicó un promedio móvil cada dos períodos.











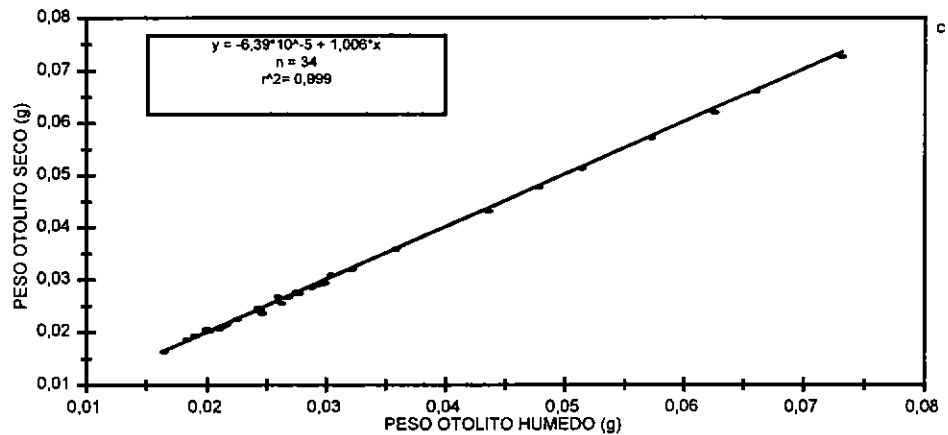
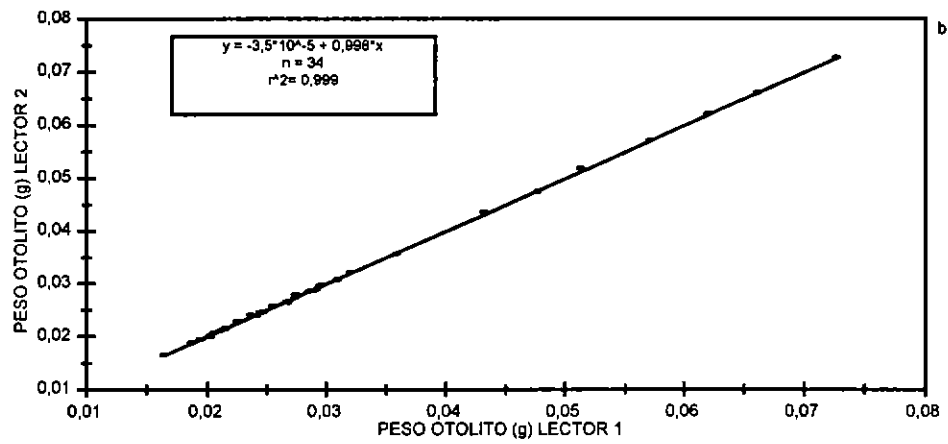
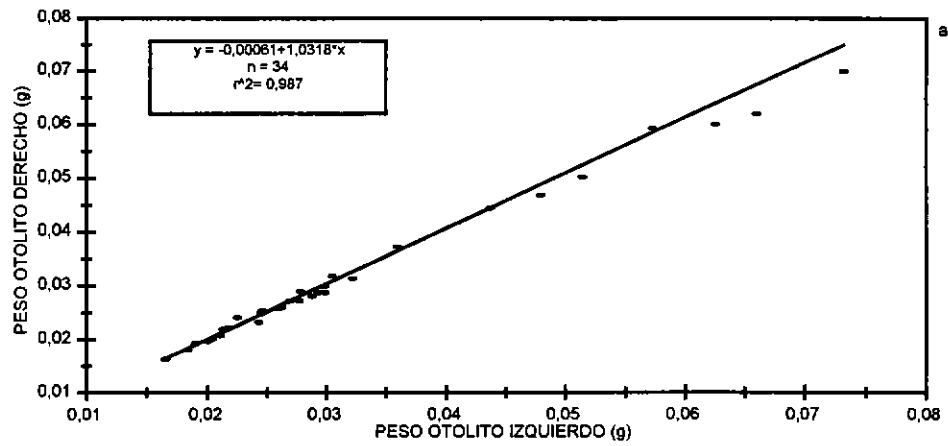


Figura 4. Comparaciones entre el peso del otolito izquierdo y derecho (a), peso del lector 1 y lector 2 (b), y peso del otolito húmedo y seco (c). Se muestra la línea de regresión ajustada y sus parámetros, en el cual la pendiente es significativamente igual a 1 en los tres casos.



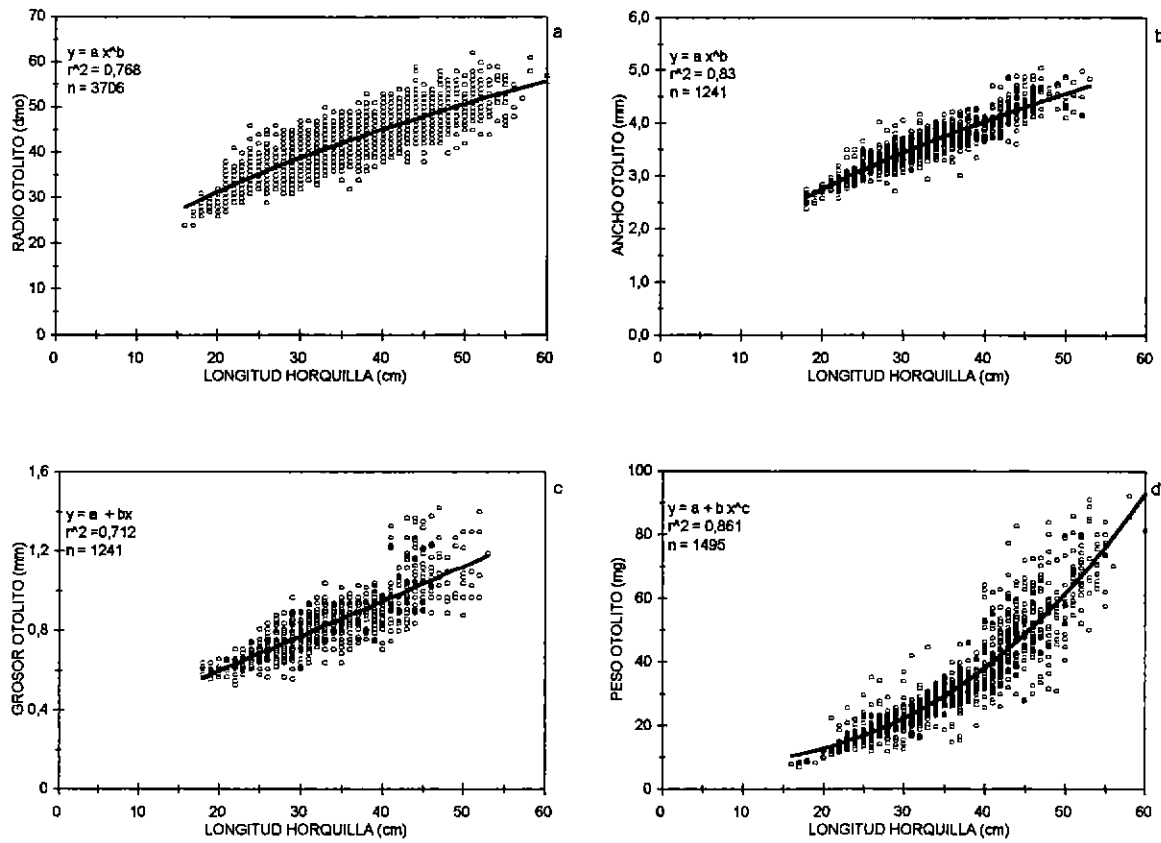


Figura 5. Relaciones entre la longitud horquilla del jurel con el radio (a), ancho (b), grosor (c) y peso del otolito (d). En el cual se ajustaron un modelo potencial para los dos primeros casos, uno lineal para el tercero y un modelo potencial con intercepto para el último.

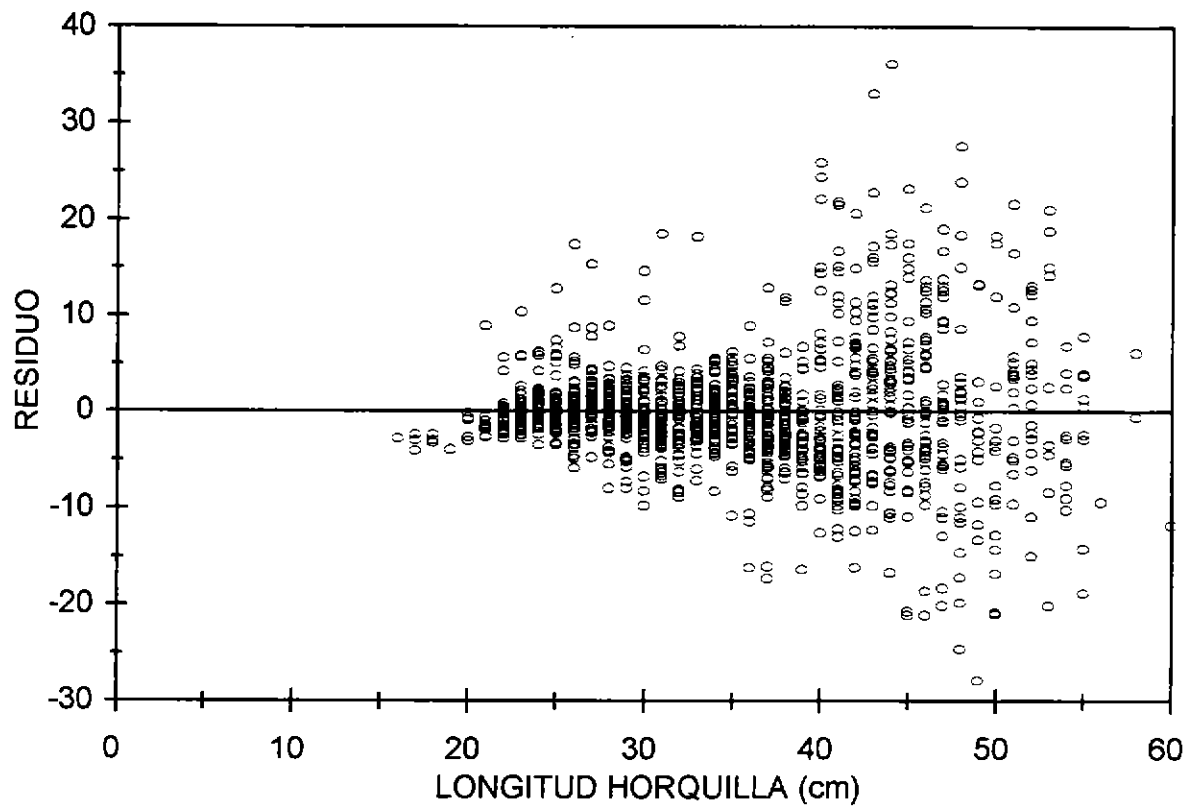


Figura 6. Residuo del ajuste del peso del otolito con respecto a la longitud horquilla para el jurel de la zona centro-sur.

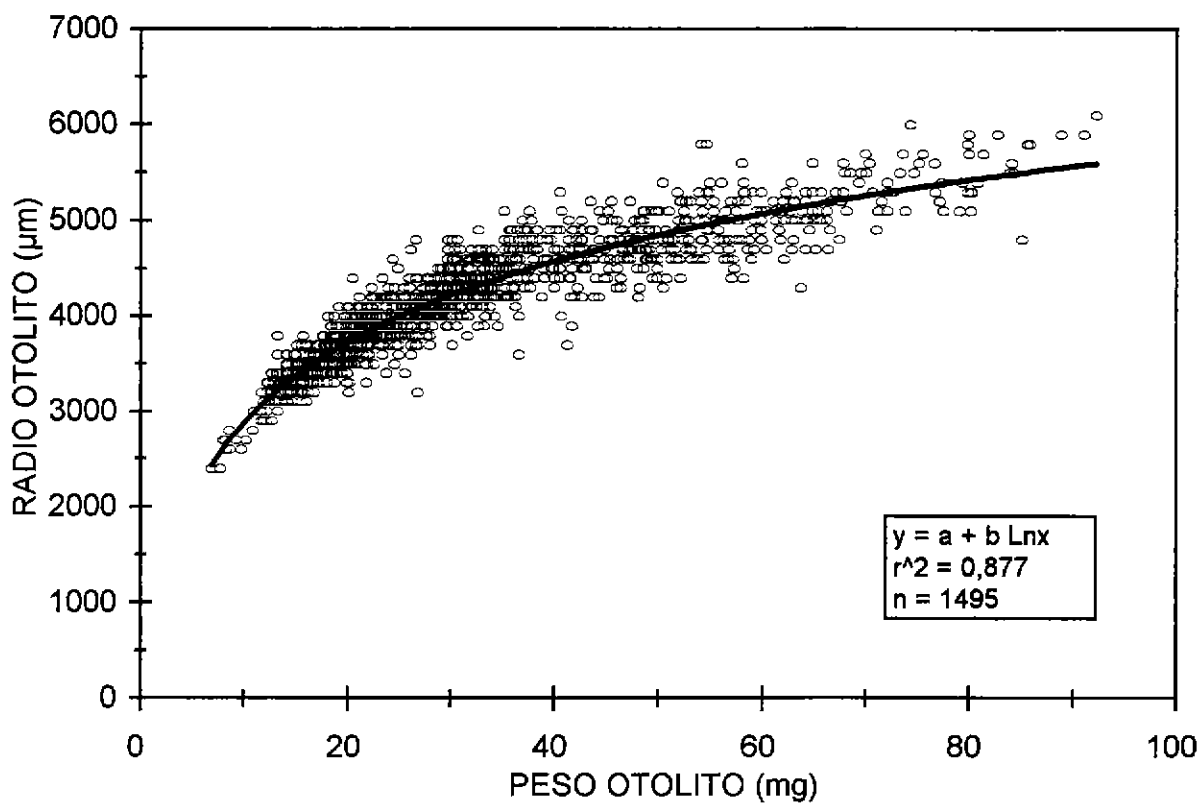


Figura 7. Relación entre el peso (mg) y radio del otolito (μm) del jurel, mostrando el modelo logarítmico ajustado.

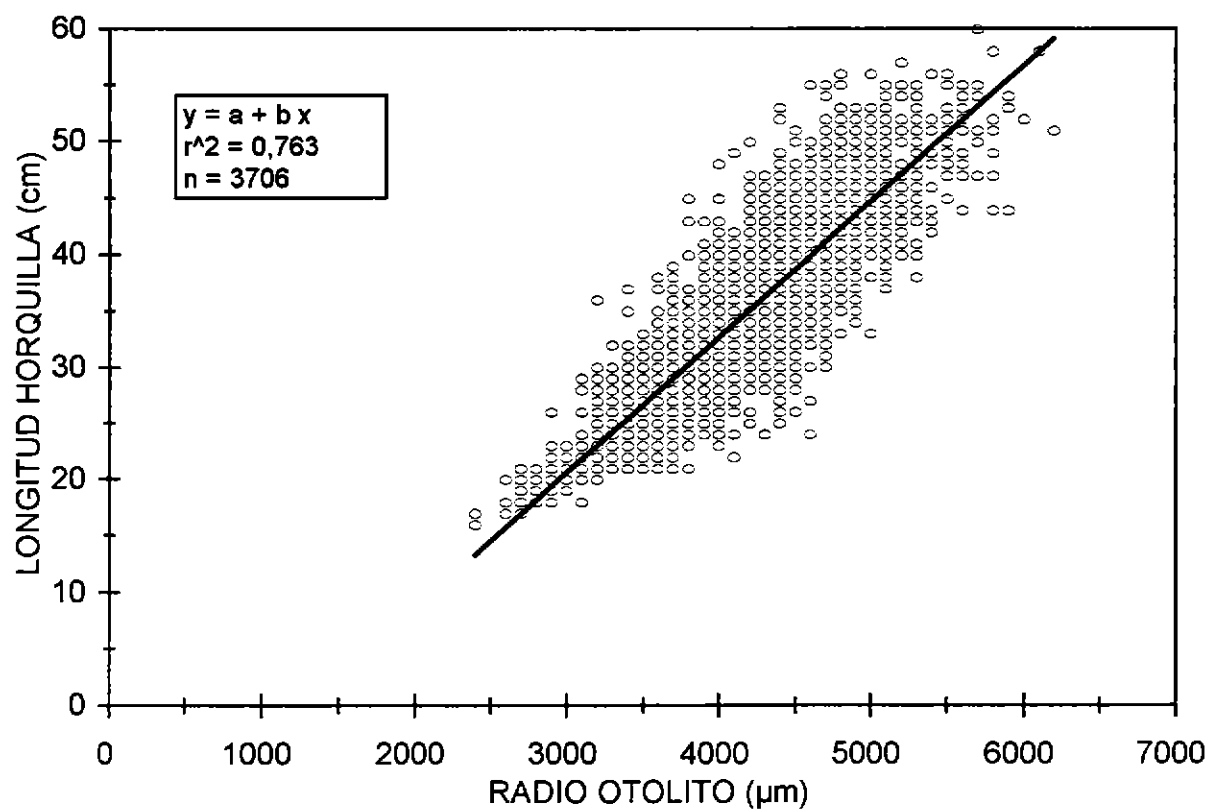


Figura 8. Relación entre el radio del otolito (µm) y la longitud horquilla (cm) mostrando el modelo lineal ajustado.

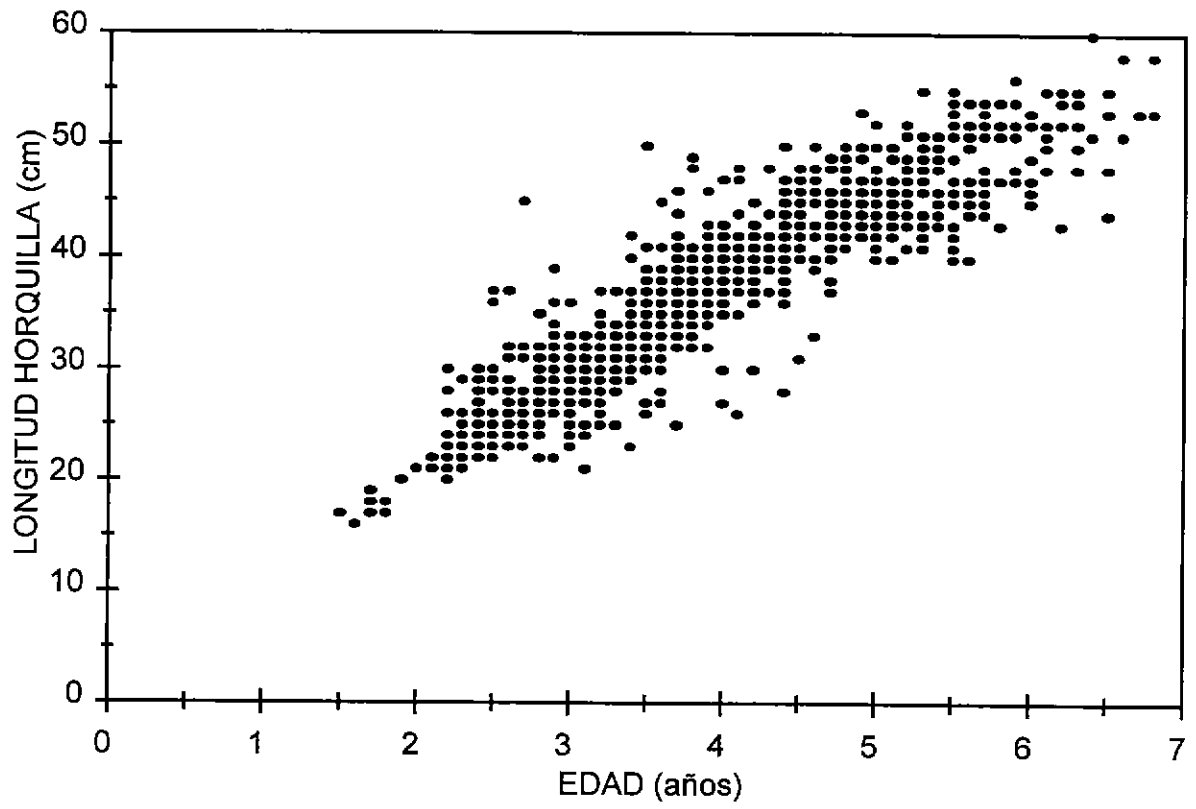


Figura 9. Relación observada entre la longitud horquilla (cm) y la edad (años), en jurel de la zona centro-sur, estimada a través de la aplicación de la técnica de los microincrementos diarios.

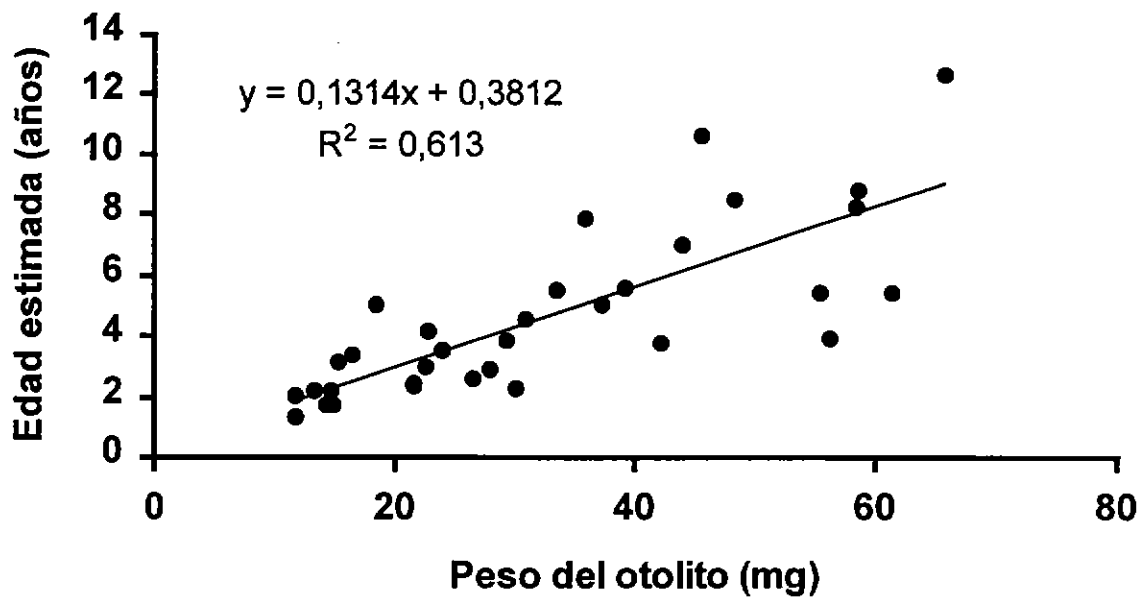
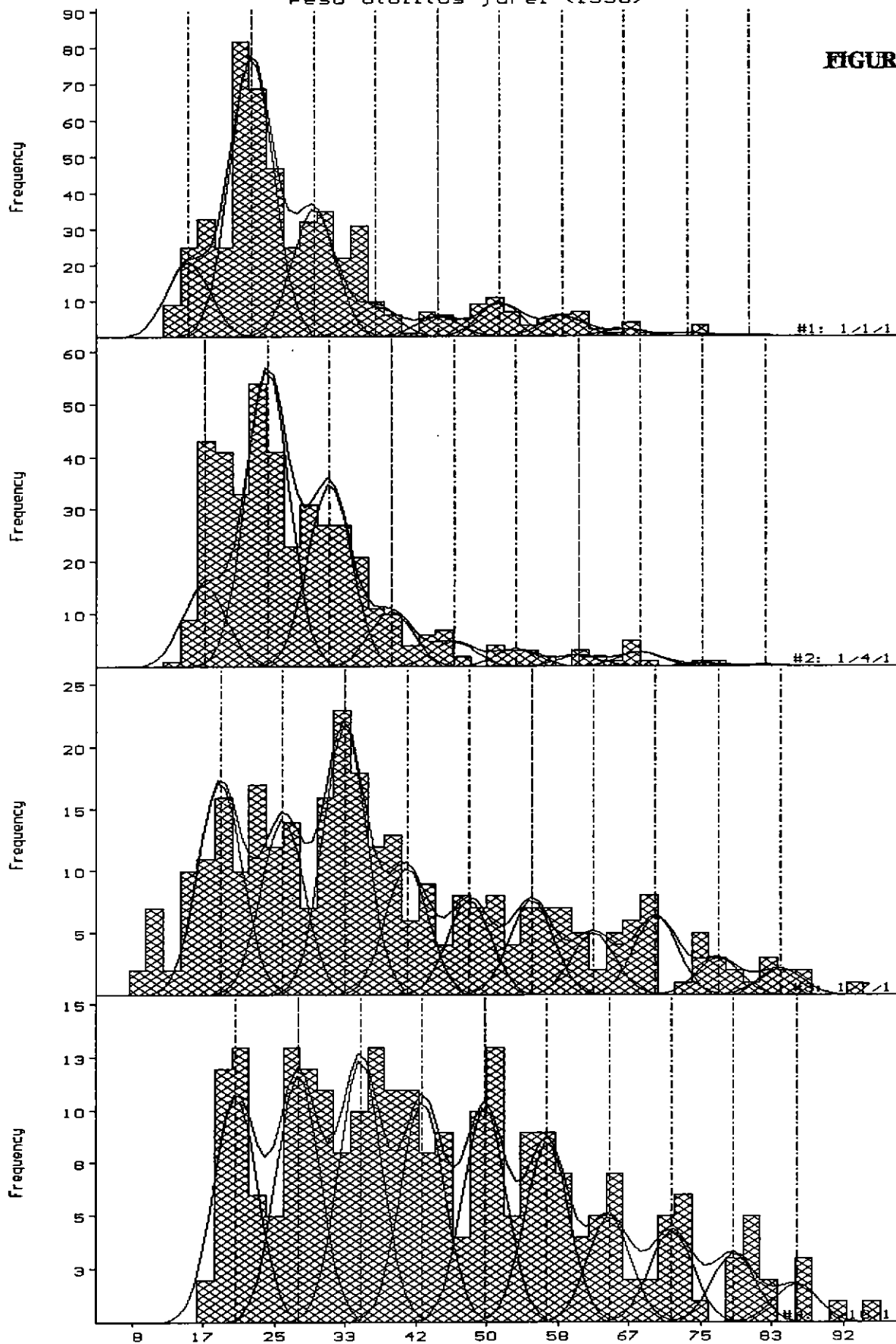


Figura 10. Relación entre la edad y el peso del otolito en 33 ejemplares de *T. s. murphyi*.

Figura 11. Ajuste de MULTIFAN a la distribución de frecuencia de pesos de los otolito de *T. s. murphyi* en 1996.

Peso otolitos jurel (1996)

FIGURA 11





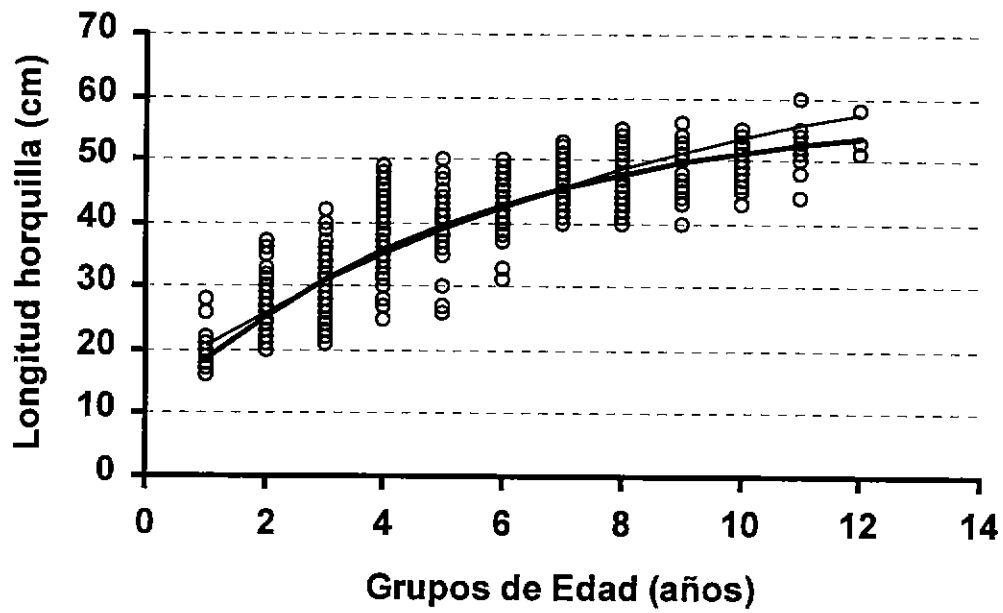


Figura 12. Curva de crecimiento en función de los grupos de edad para *T. s. murphyi*. La línea gruesa corresponde al ajuste del modelo de von Bertalanffy sin restricción sobre los parámetros y la línea delgada al ajuste del modelo de von Bertalanffy dejando fija la longitud asintótica en 75 cm LH.

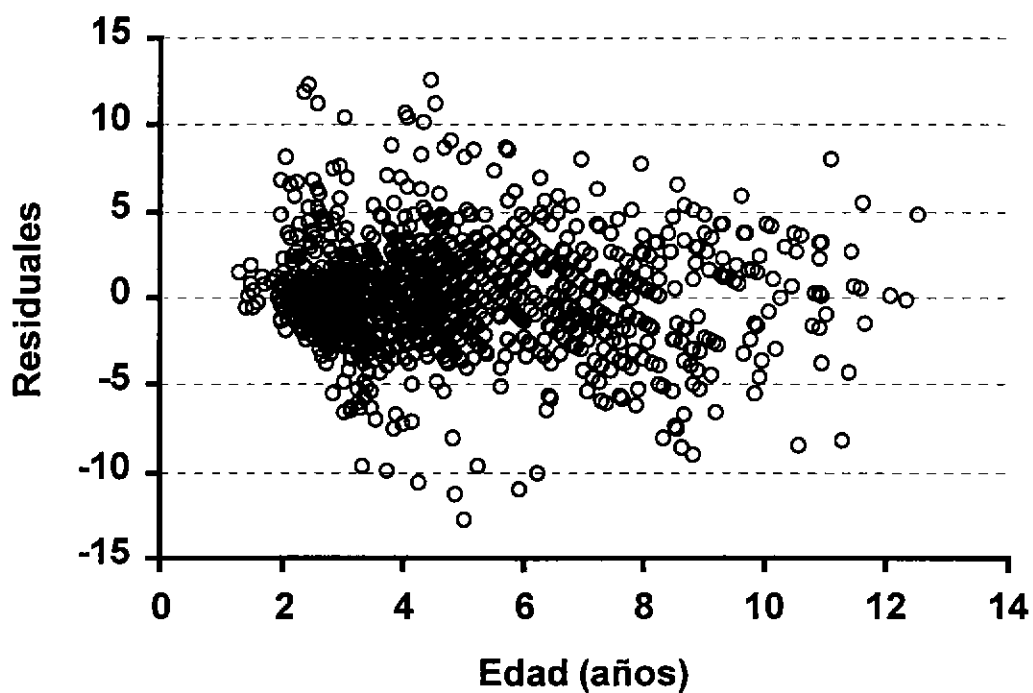
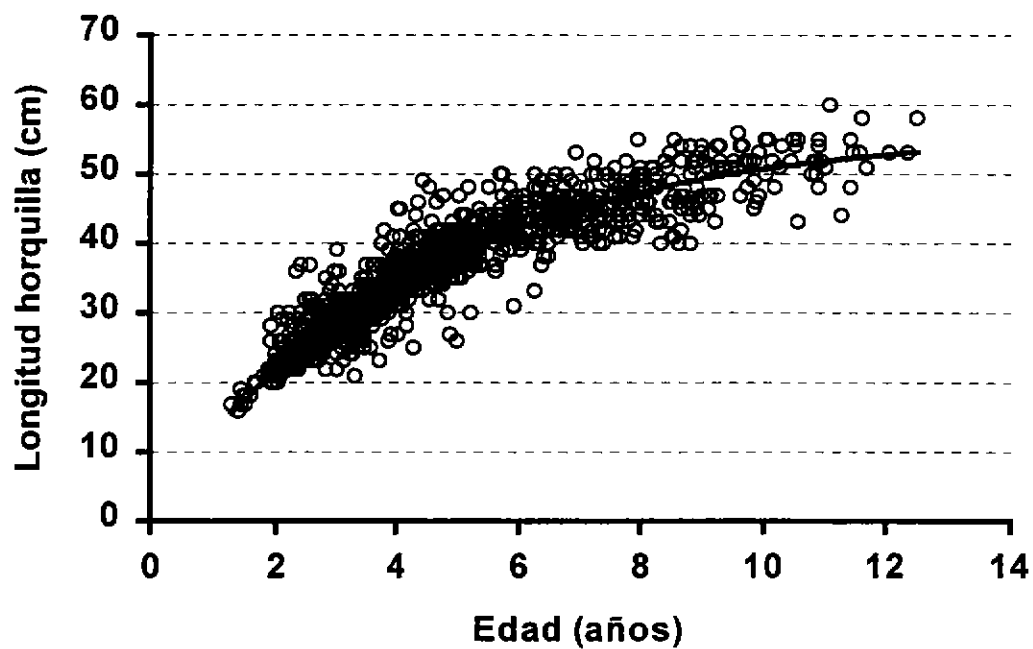


Figura 13. Curva de crecimiento utilizando la edad estimada con el peso del otolito (arriba) y residuos de la relación en función de la edad.

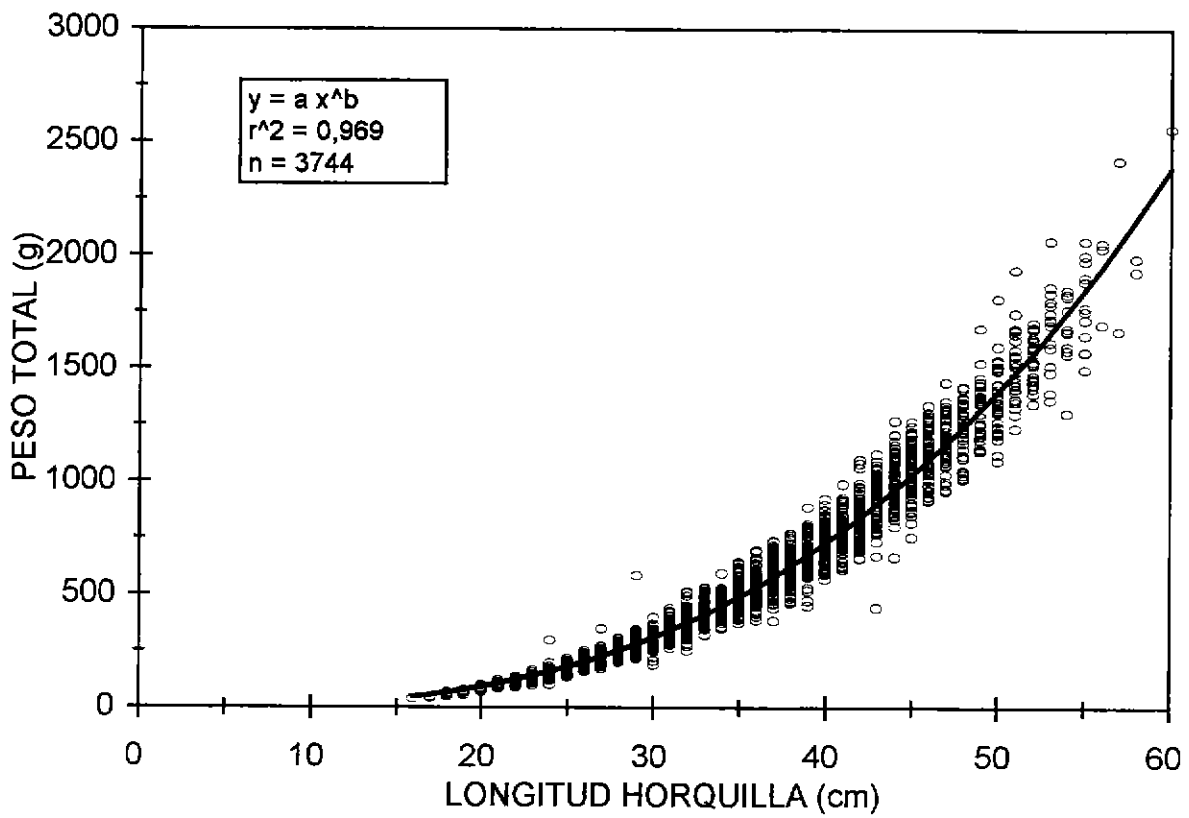


Figura 14. Relación entre la longitud horquilla (cm) y el peso total (g) ajustado a un modelo potencial.

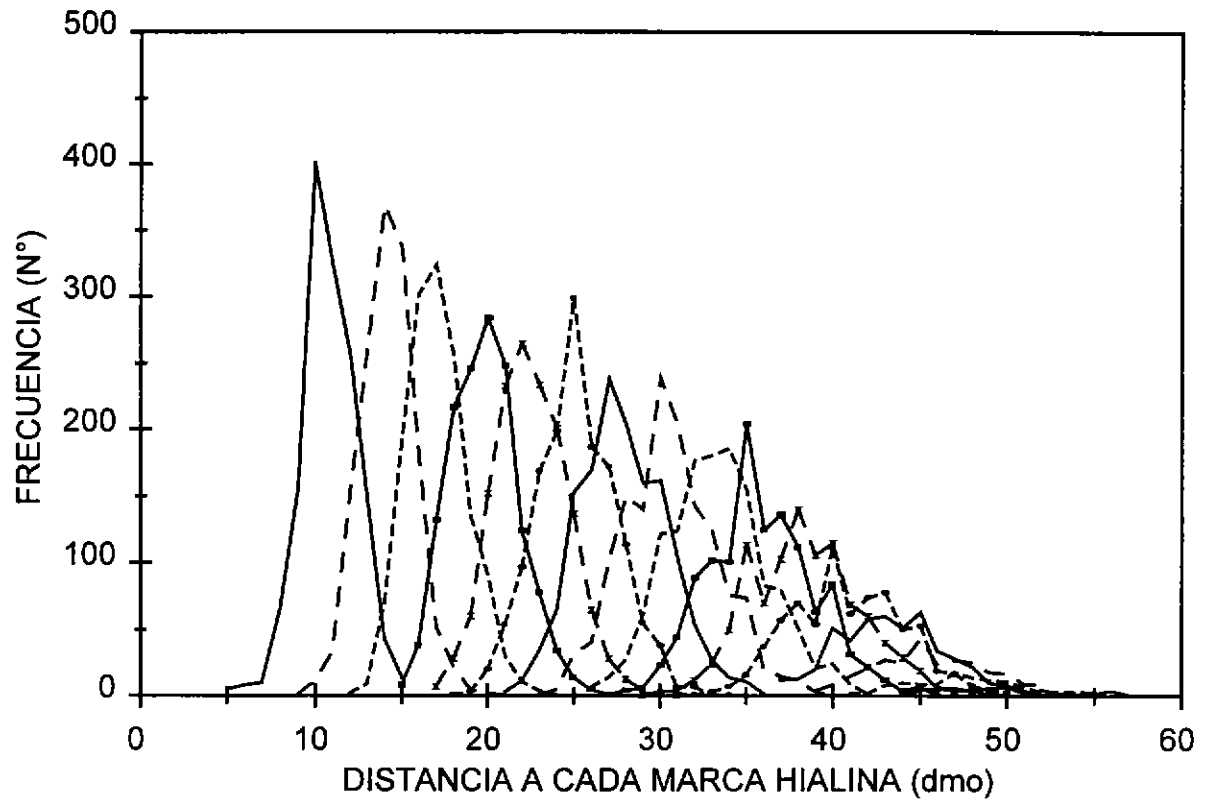


Figura 15. Distribución de frecuencia de las distancias a cada marca hialina encontrada en los otolitos de jurel. Las marcas no representan anillos anuales.

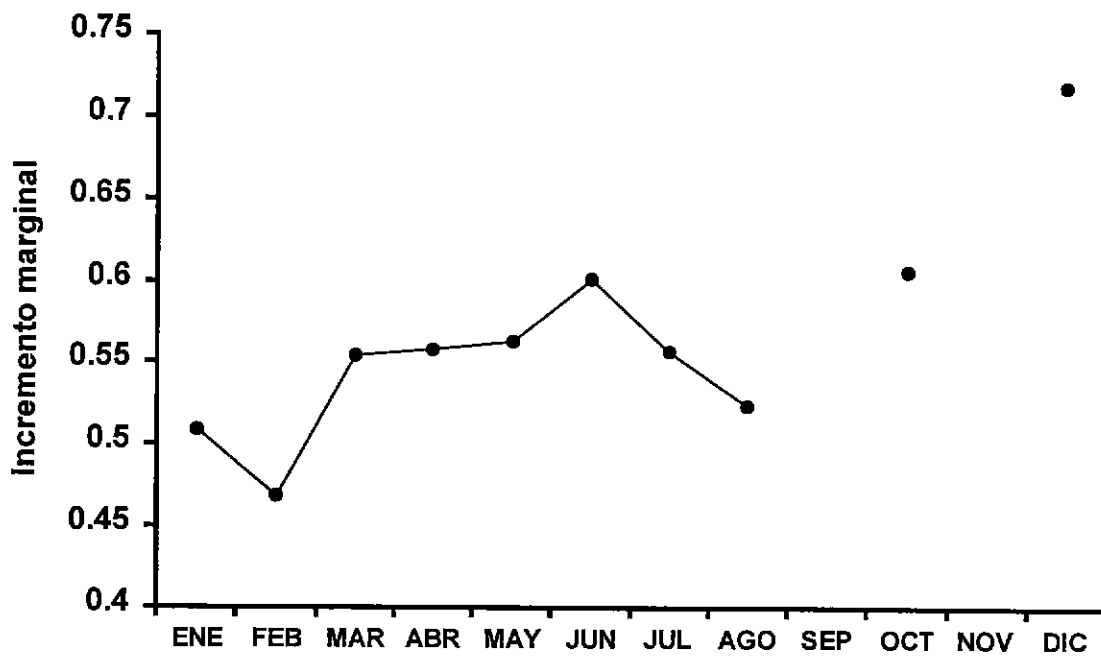


Figura 16. Índice de incremento marginal mensual para jurel durante 1996. El promedio considera a todos los ejemplares.

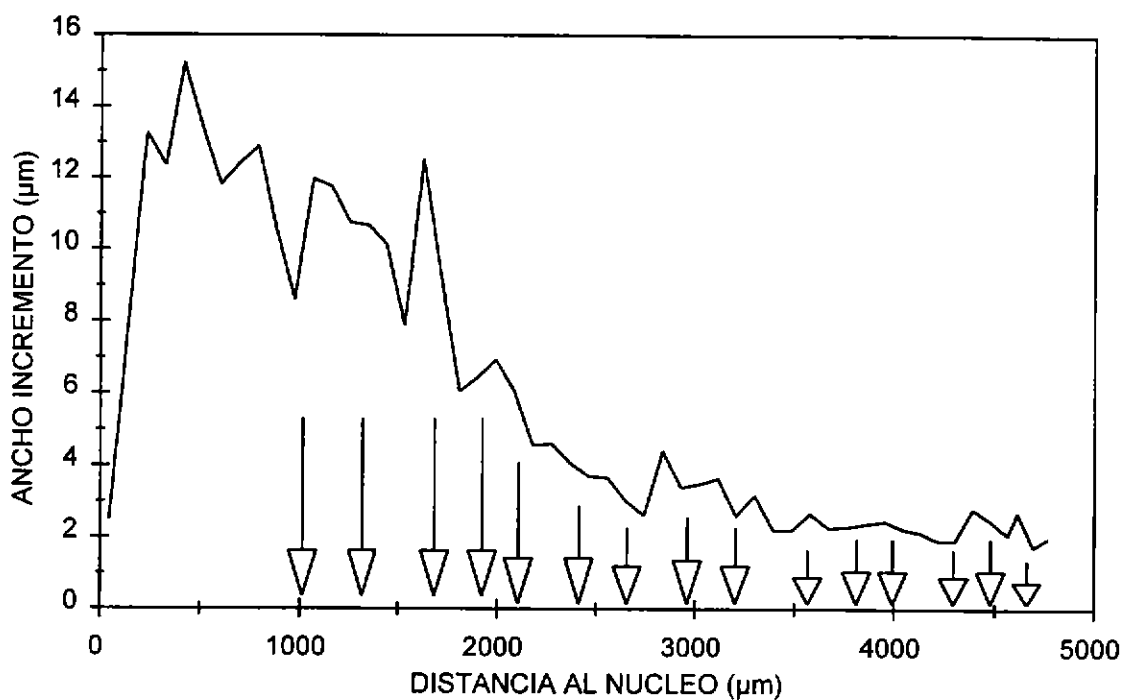


Figura 17. Tasa de crecimiento de los otolitos suavizadas mediante la transformada rápida de Fourier (FFT) para relacionarlas con las marcas hialinas. Las flechas indican aproximadamente la formación de marcas hialinas según las lecturas efectuadas en los otolitos enteros.

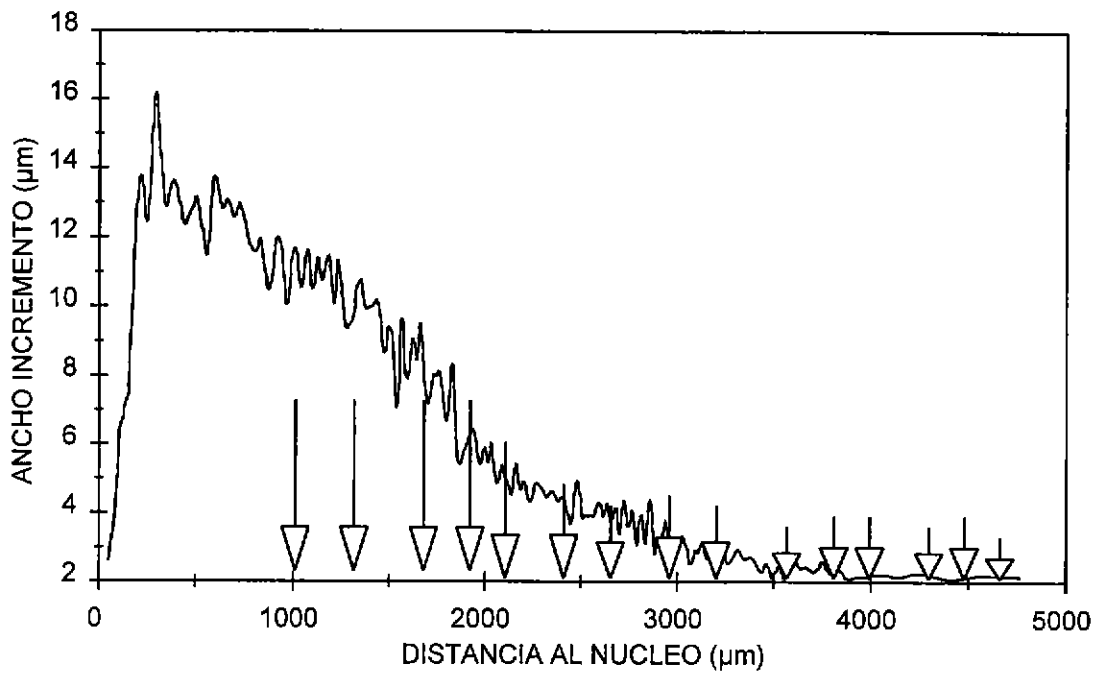


Figura 18. Tasa de crecimiento de los otolitos suavizadas mediante la técnica de "Lowess" para relacionarlas con las marcas hialinas. Las flechas indican aproximadamente la formación de marcas hialinas según las lecturas efectuadas en los otolitos enteros.

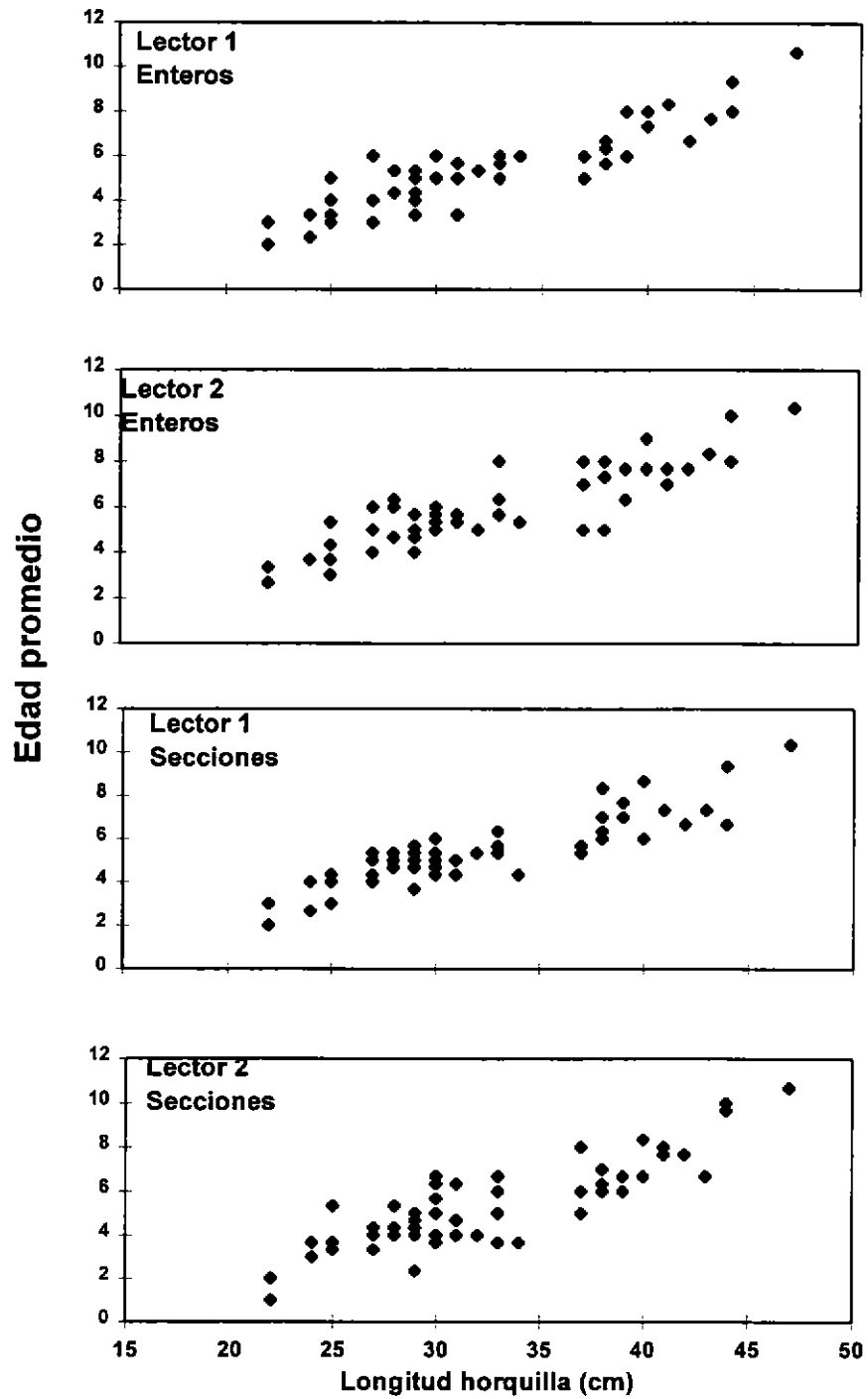


Figura 19. Relación entre la longitud y la edad de jurel asignada a partir del análisis de otolitos enteros y seccionados.



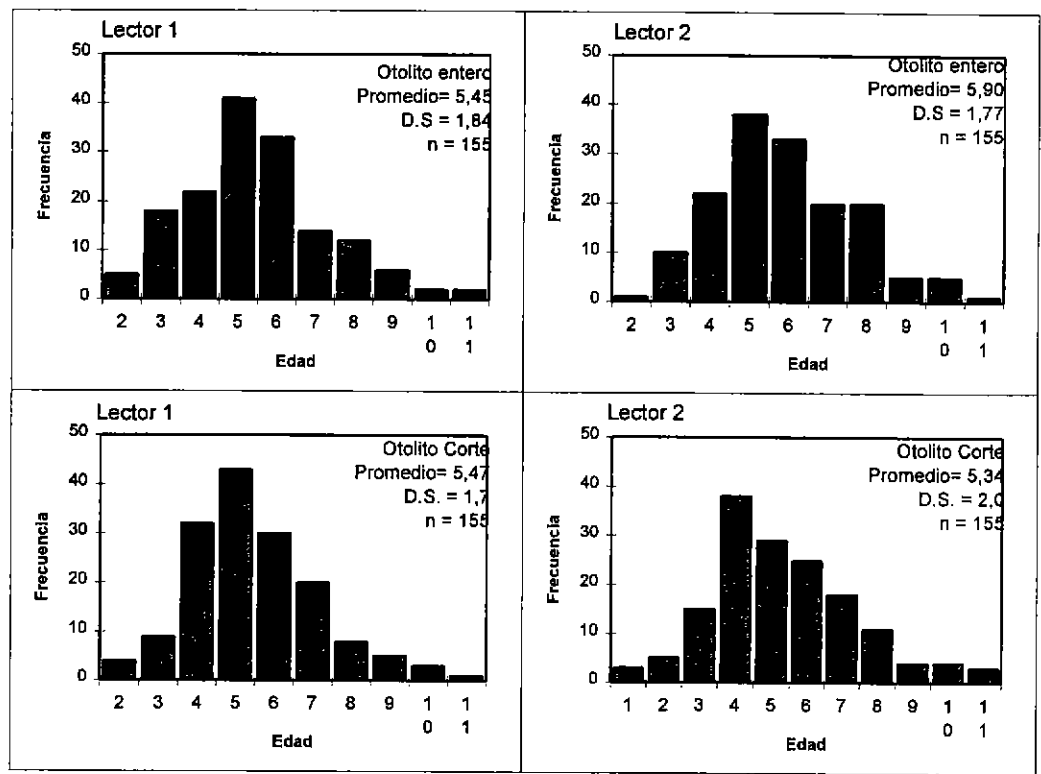


Figura 20. Distribución de edades de jurel estimadas en otolitos (entero y seccionado), por lector.

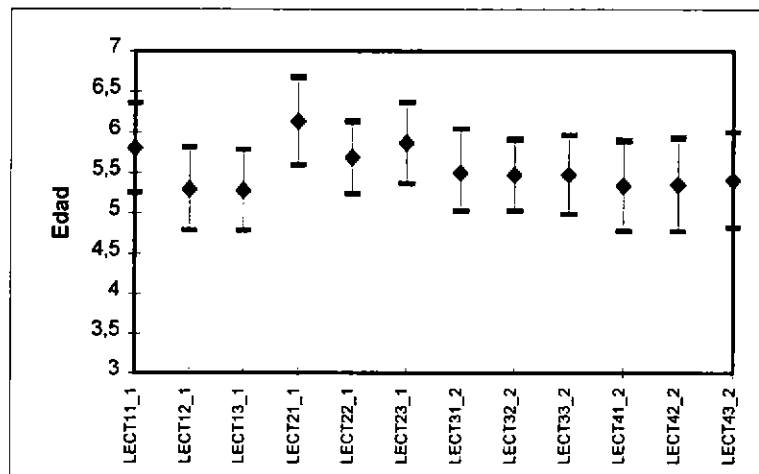


Figura 21. Edad promedio e intervalo de confianza al 95% para las 12 combinaciones lector-lectura-método (el primero, segundo y tercer dígito representa al lector, lectura y método, respectivamente).

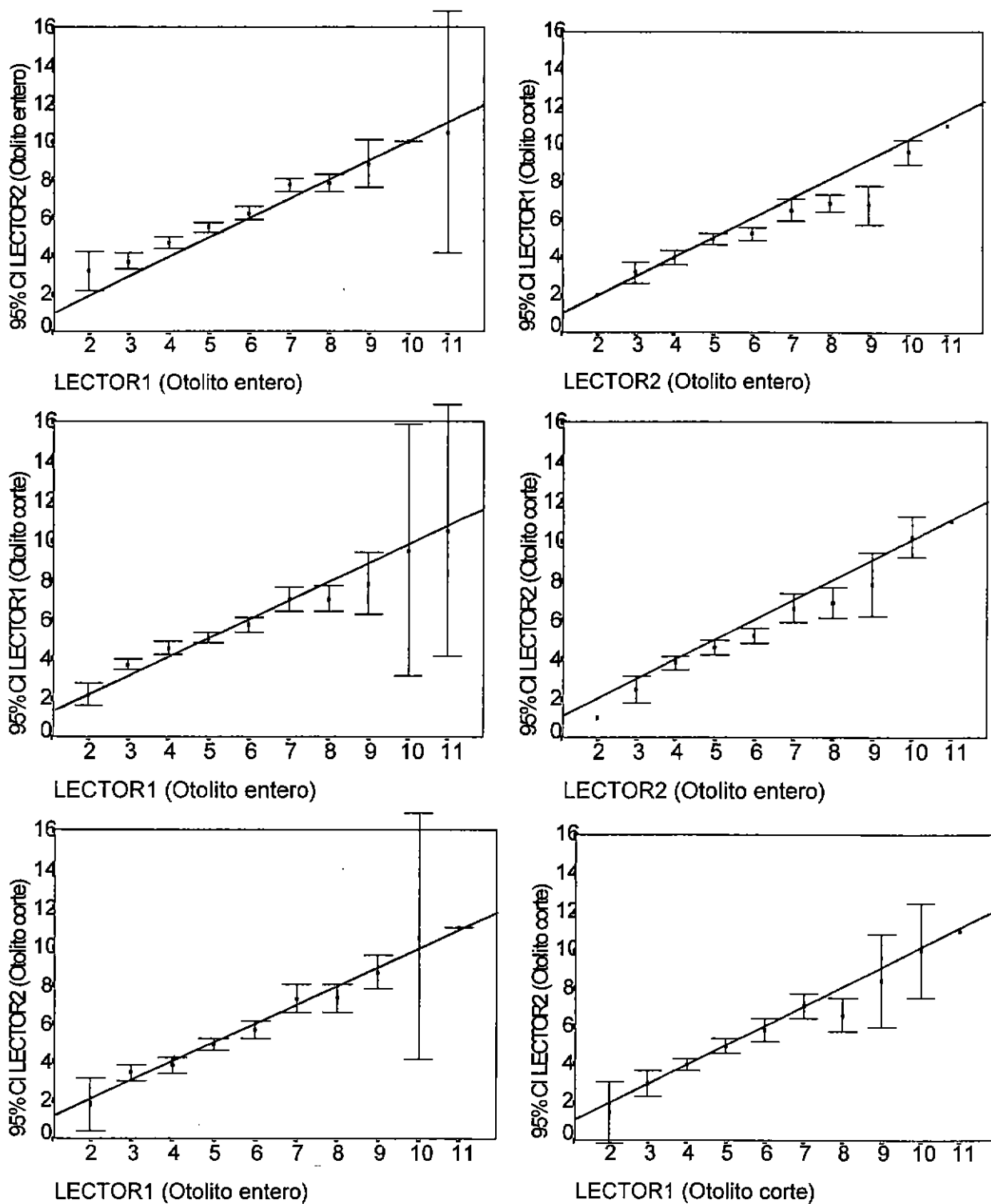


Figura 22. Graficación del sesgo a la edad, de seis comparaciones pareadas lector-método. La barra representa el intervalo de confianza al 95% de la edad promedio asignada por un lector a todos los peces que fueron asignados a una edad dada por el lector control (X). La recta representa una equivalencia 1:1.

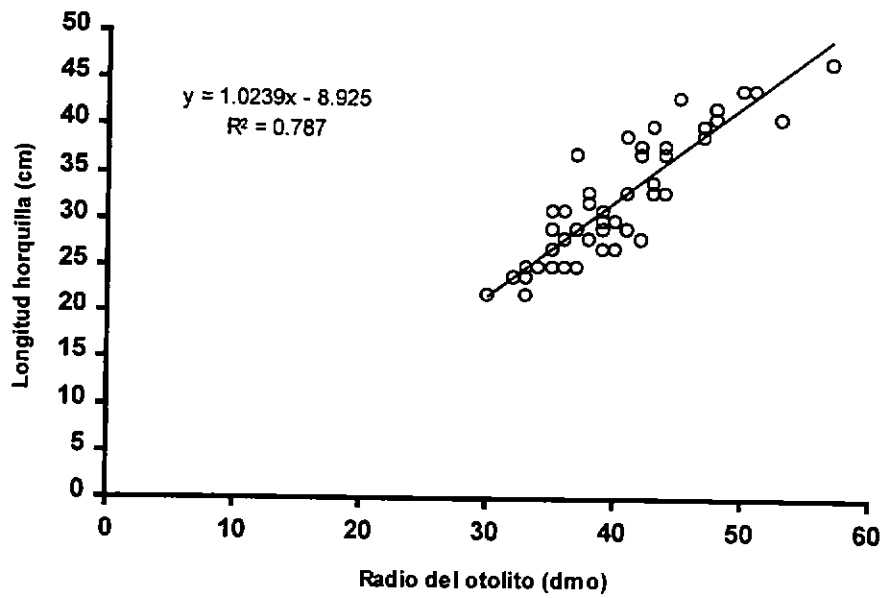


Figura 23. Relación entre la longitud horquilla y el radio del otolito al momento de la captura (n=55). Datos provenientes del experimento de lecturas.

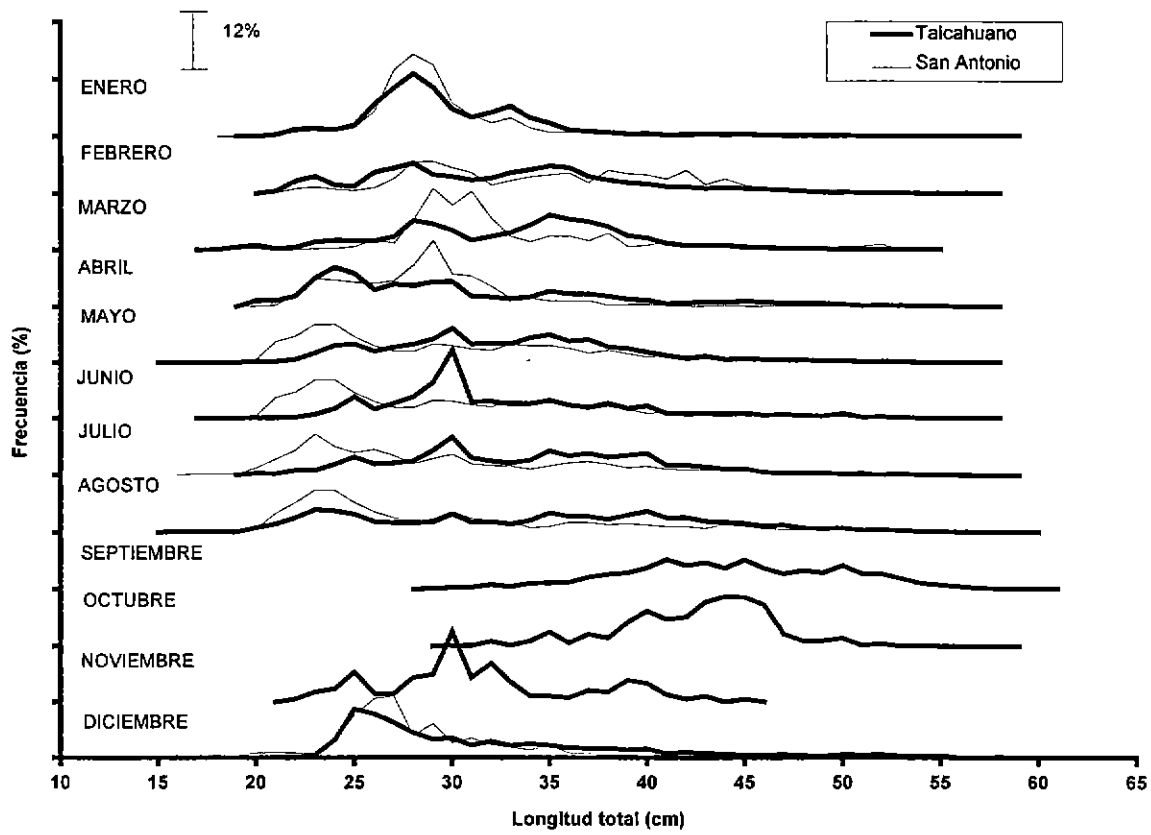


Figura 24. Distribución de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* en las capturas de la flota de San Antonio y Talcahuano durante 1996.

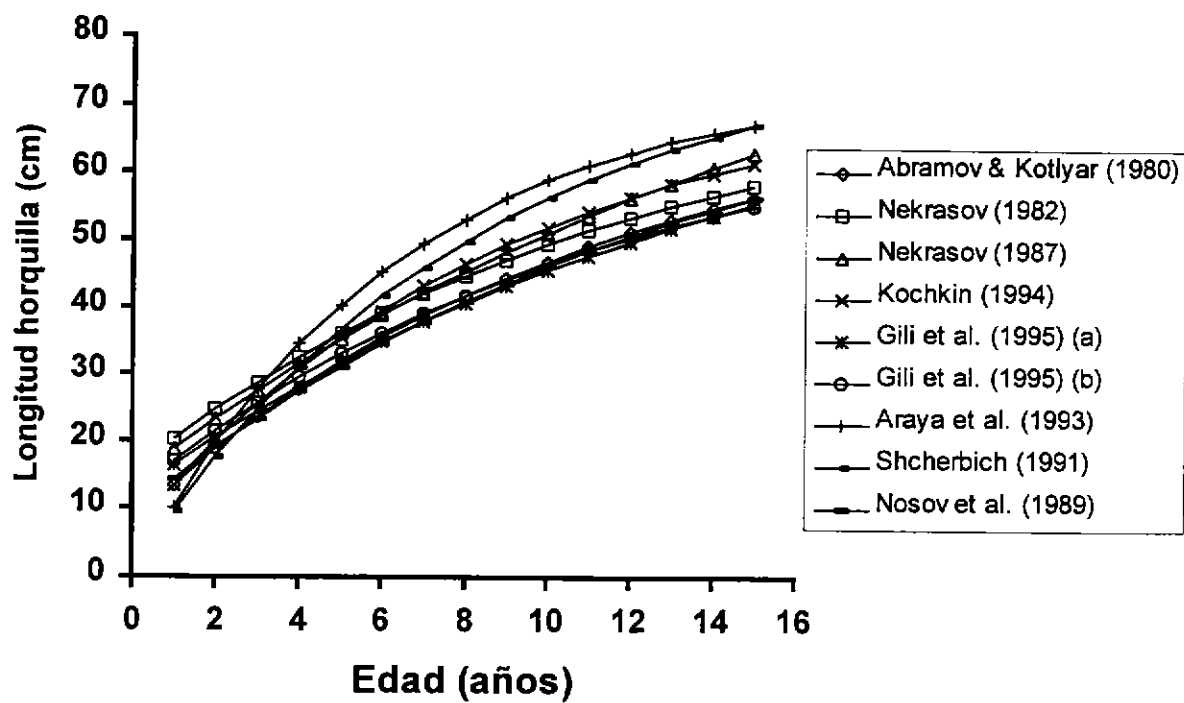


Figura 25. Curvas de crecimiento seleccionadas para *T. s. murphyi*.

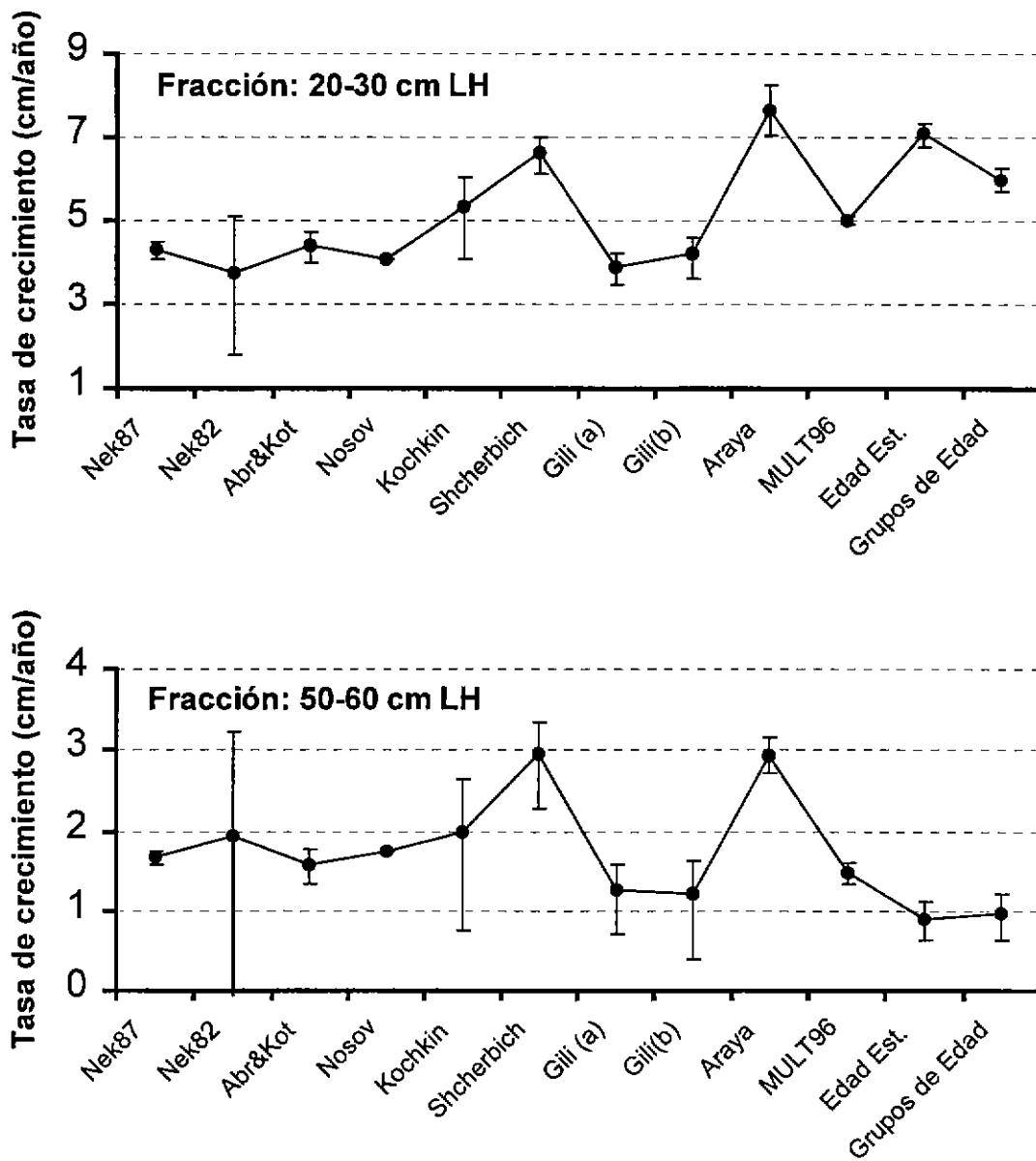


Figura 26. Comparación de la tasa de crecimiento promedio ( $dL/dt$ ) para dos fracciones de tamaños de *T. s. murphyi*, arriba: fracción 20-30 cm LH; abajo: fracción 50-60 cm LH.

Figura 27. Modelo 3 de MULTIFAN, con 12 clases de edad, ajustado a los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería de altura rusa (1987-1991).

Figura 28. Modelo 7 de MULTIFAN, con 12 clases de edad, ajustado a los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería de altura rusa (1987-1991).

Figura 29. Modelo 3 de MULTIFAN, con 12 clases de edad, ajustado a los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile (1991-1995).

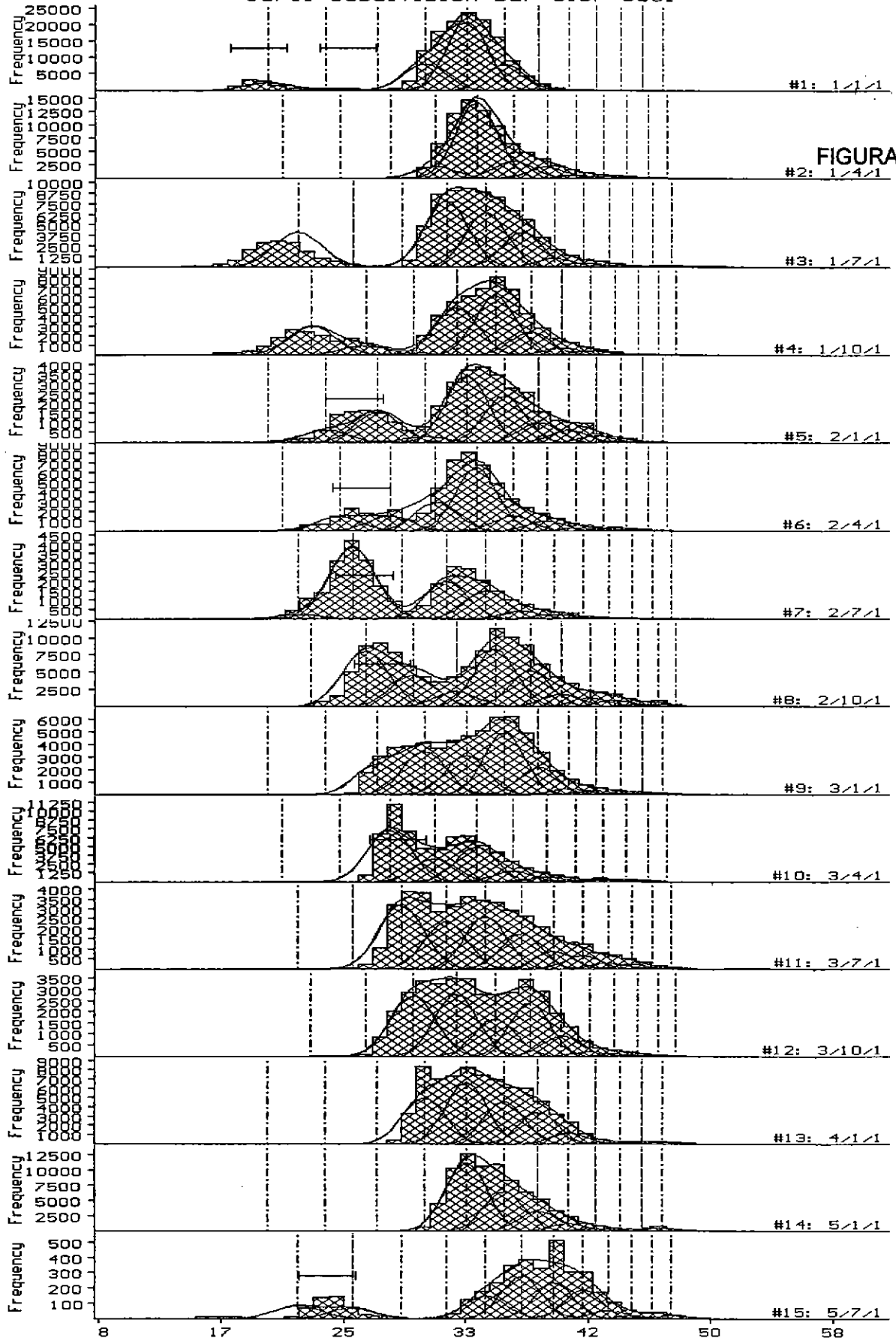
Figura 30. Modelo 7 de MULTIFAN, con 11 clases de edad, ajustado a los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile (1991-1995).

Figura 31. Modelo 3 de MULTIFAN, con 9 clases de edad, ajustado a los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería industrial de cerco que desembarcó en Talcahuano en 1996 (enero-noviembre).

Figura 32. Modelo 7 de MULTIFAN, con 9 clases de edad, ajustado a los datos de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi* provenientes de la pesquería industrial de cerco que desembarcó en Talcahuano en 1996 (enero-noviembre).



Jurel Subdivision sur 0187-0391



Jurel Subdivision sur 0187-0391

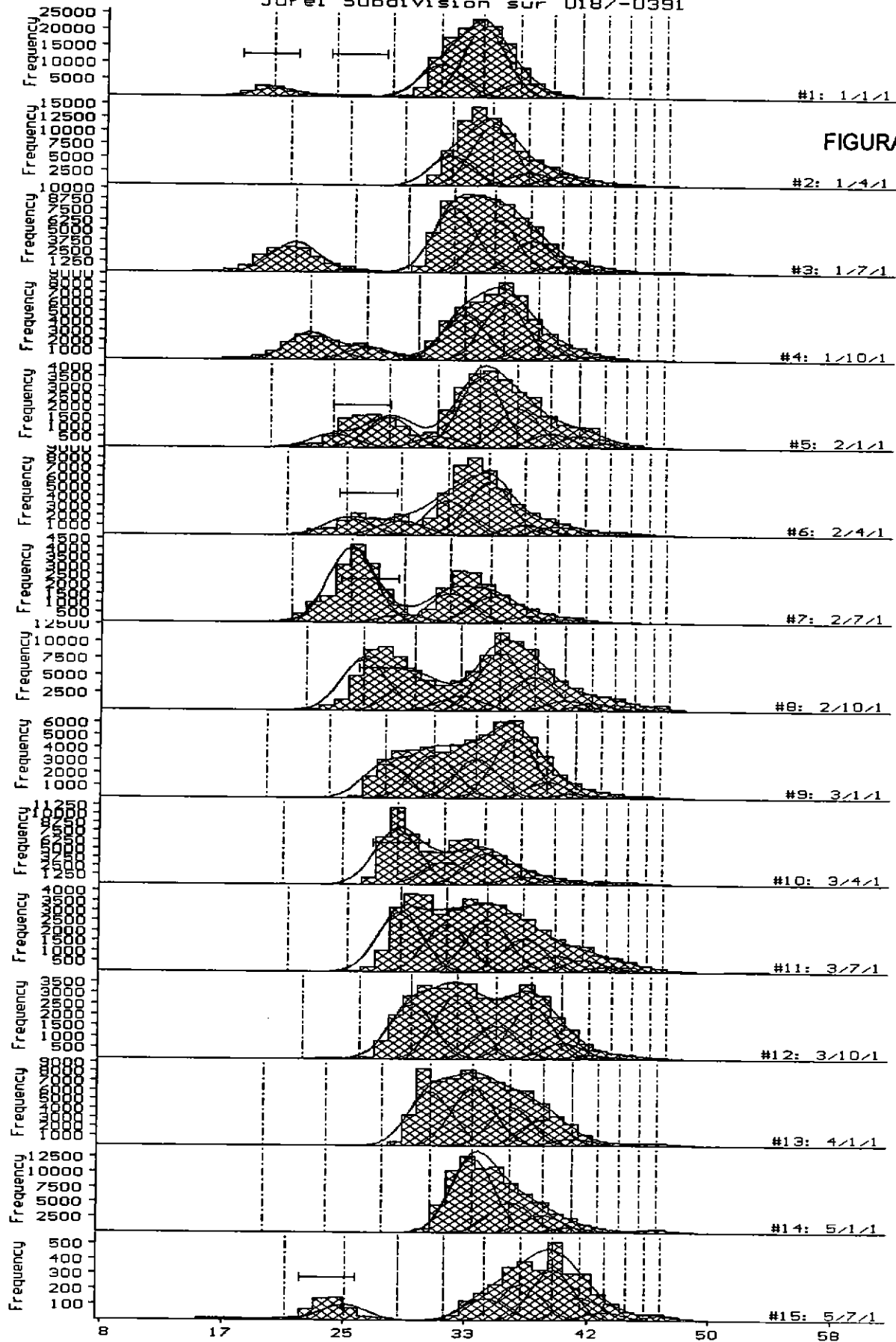


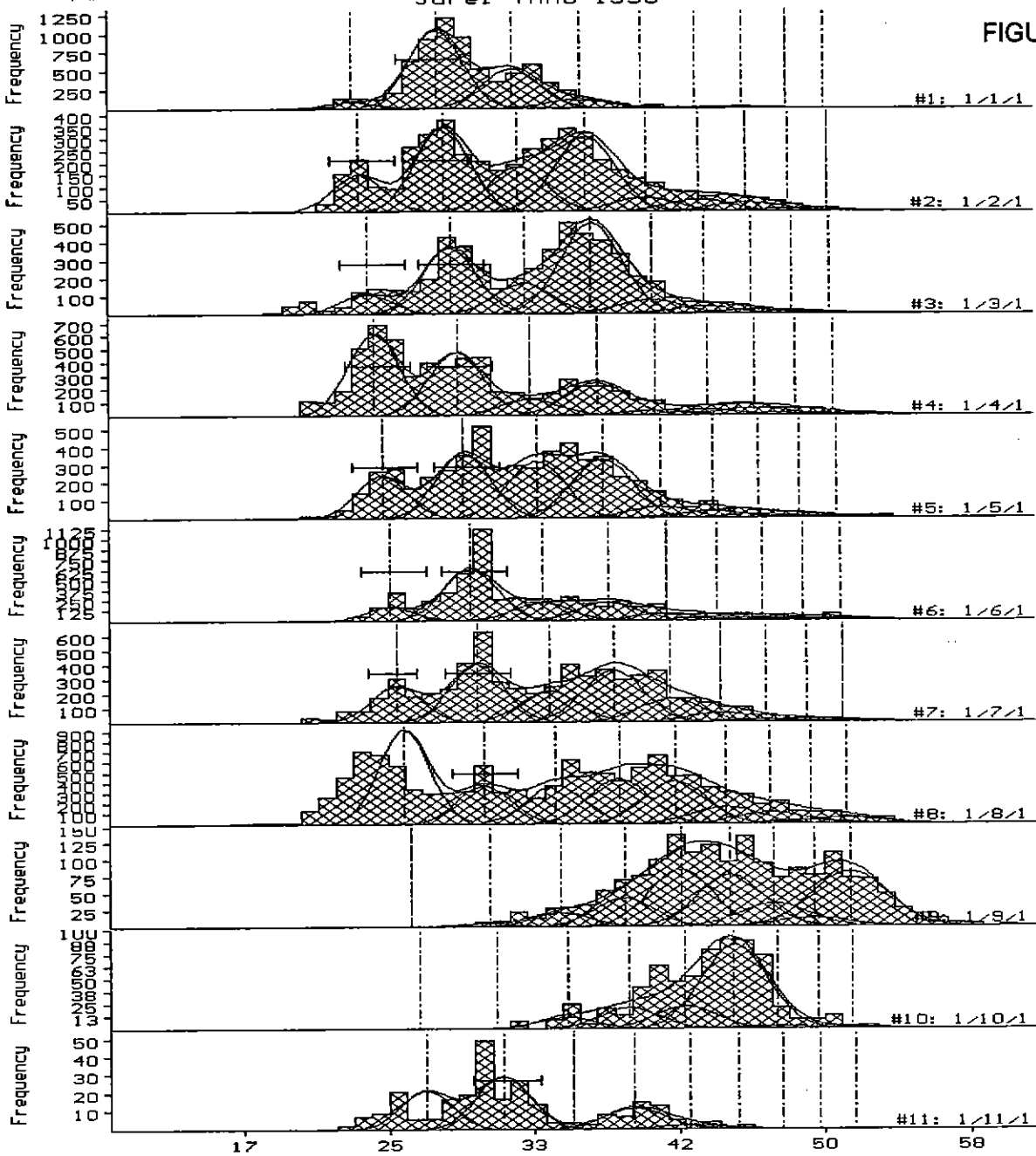
FIGURA 28





Jurel Thno 1996

FIGURA 31



Jurel Thno 1996

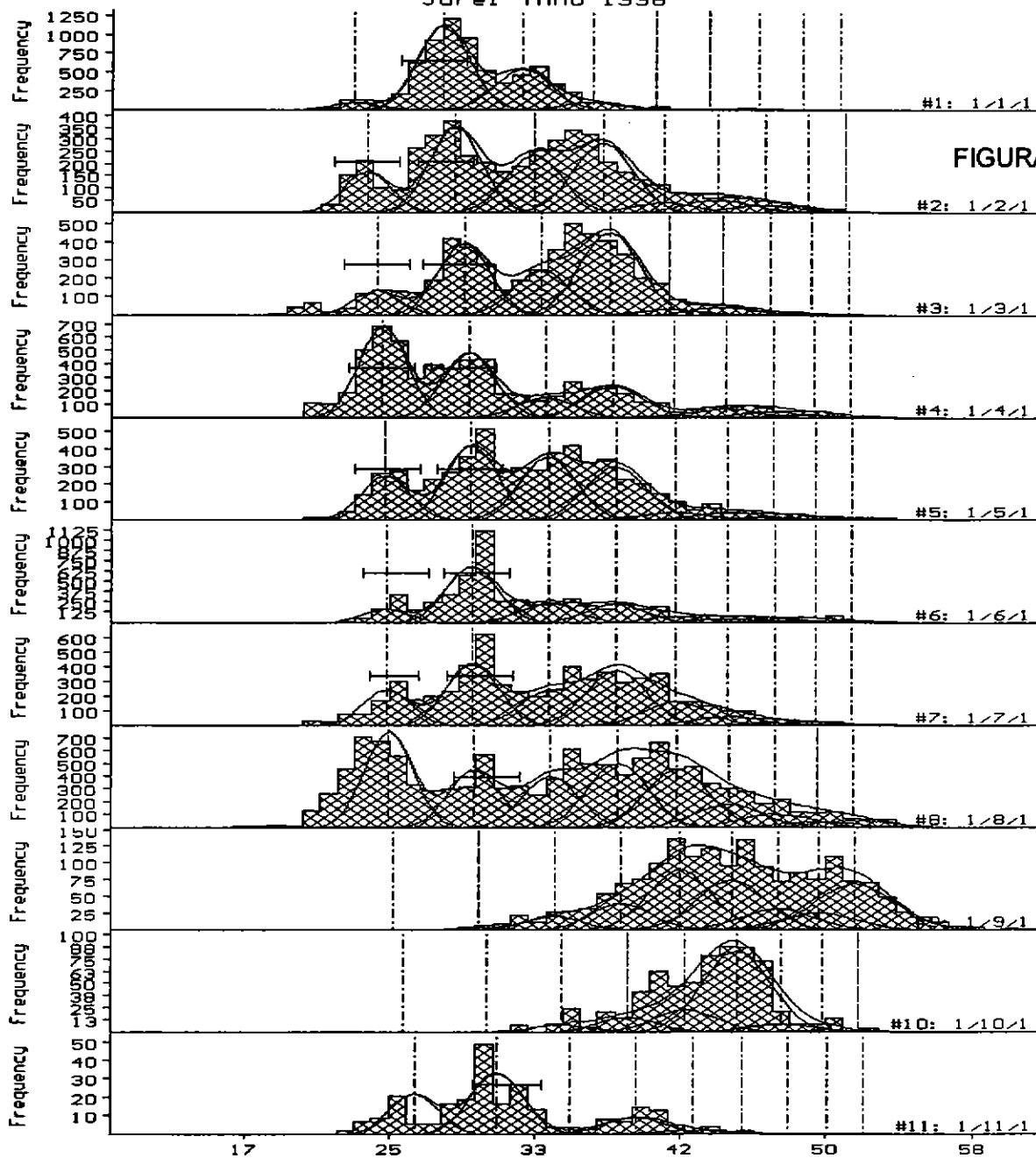


FIGURA 32

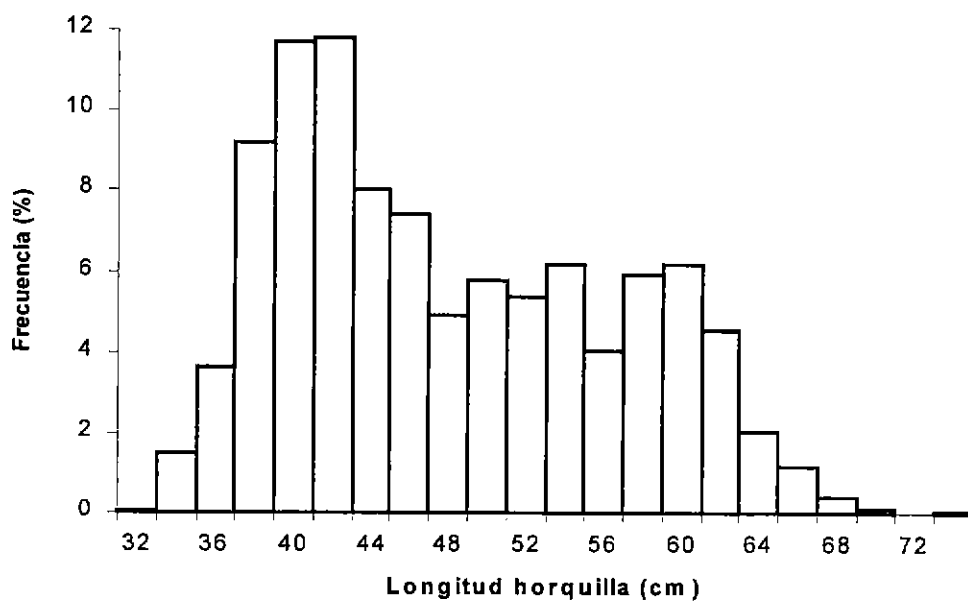


Figura 33. Distribución de frecuencia de tallas de *T. s. murphyi*, obtenidas a partir de la pesca exploratoria realizada por el B/l Academic Knipovich en 1973 (Tabla 4 de Nekrasov, 1994).

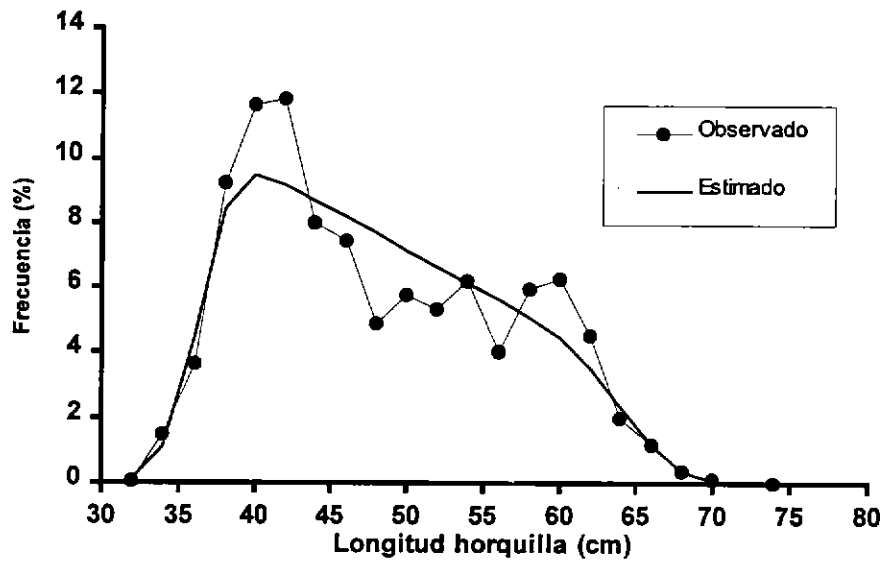


Figura 34. Ajuste del modelo ad hoc a la distribución de frecuencia de tamaños de *T. s. murphyi* proveniente del B/I Academic Knipovich, condicionado a los parámetros de crecimiento de Nosove et al. (1989).



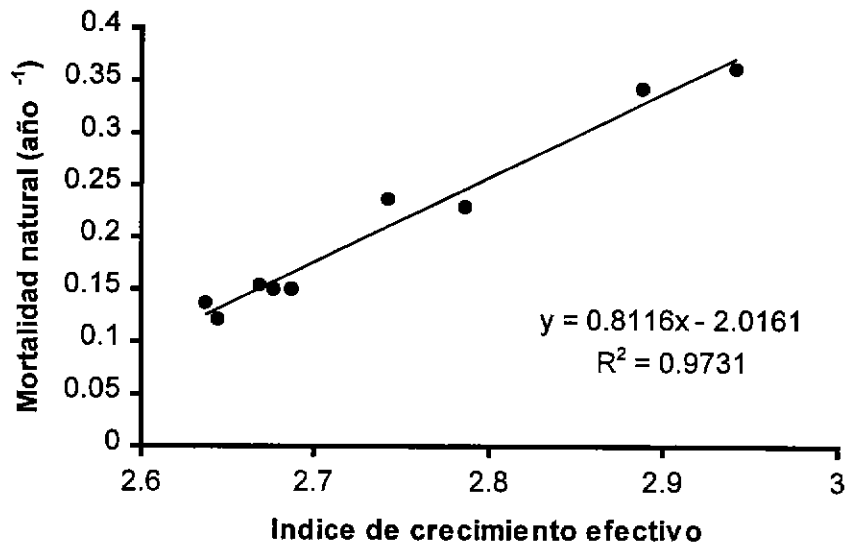


Figura 35. Relación entre la tasa de mortalidad natural y el índice de crecimiento efectivo de *T. s. murphyi*.

**Trachurus symmetricus murphyi**  
**Datos Academic Knipovich**

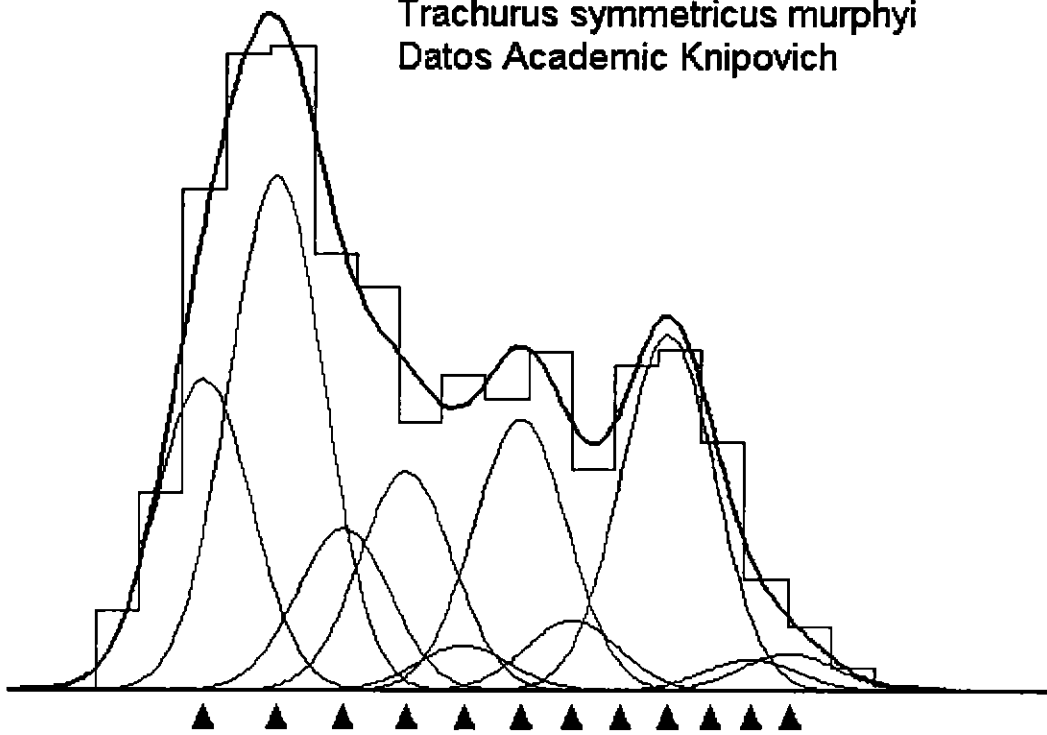


Figura 36. Clases de edad presentes en la estructura de tallas de *T. s. murphyi* del B/I Academic Knipovich en 1973. Separación de clases de edad utilizando MIX y condicionando las longitudes promedio al modelo de crecimiento de Nekrasov (1987) (ver Tabla 41).

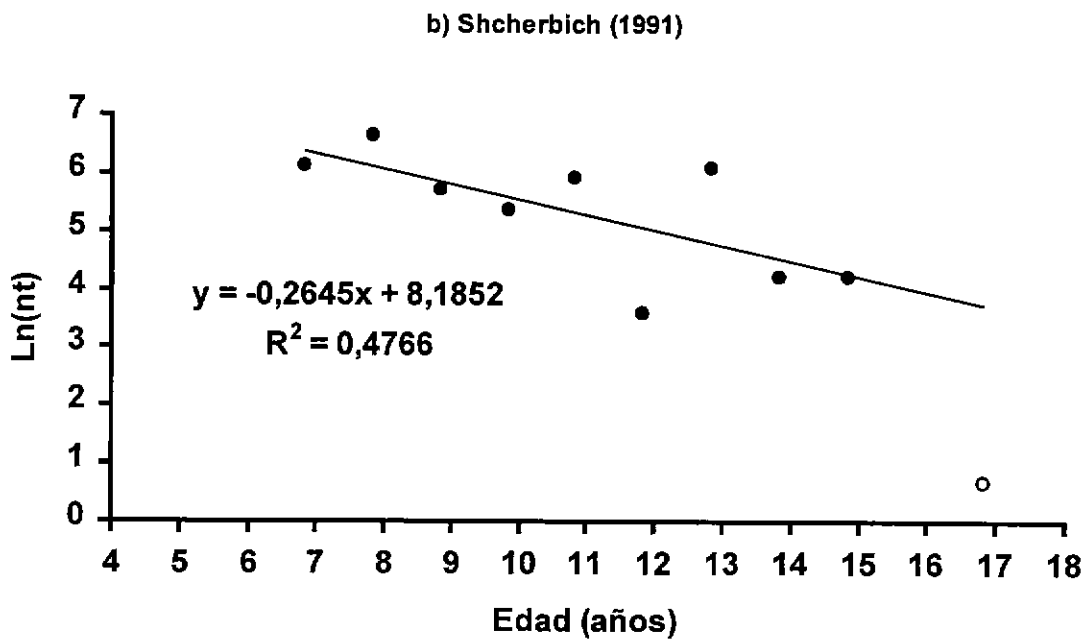
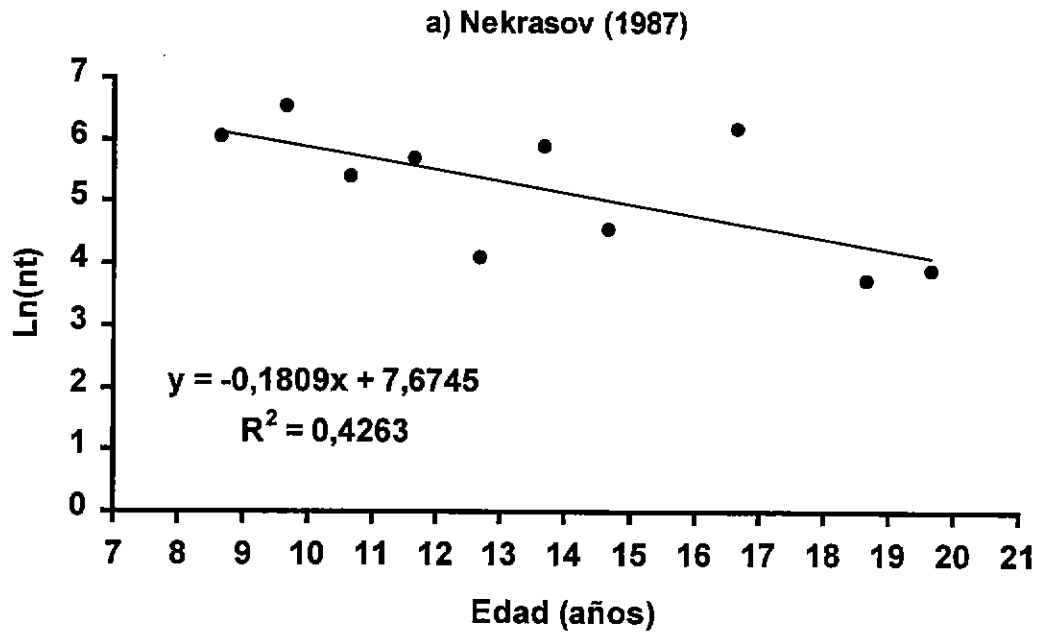


Figura 37. Curvas de pesca según descomposición de grupos de edad condicionado al crecimiento descrito por a) Nekrasov (1987) y b) Shcherbich (1991).

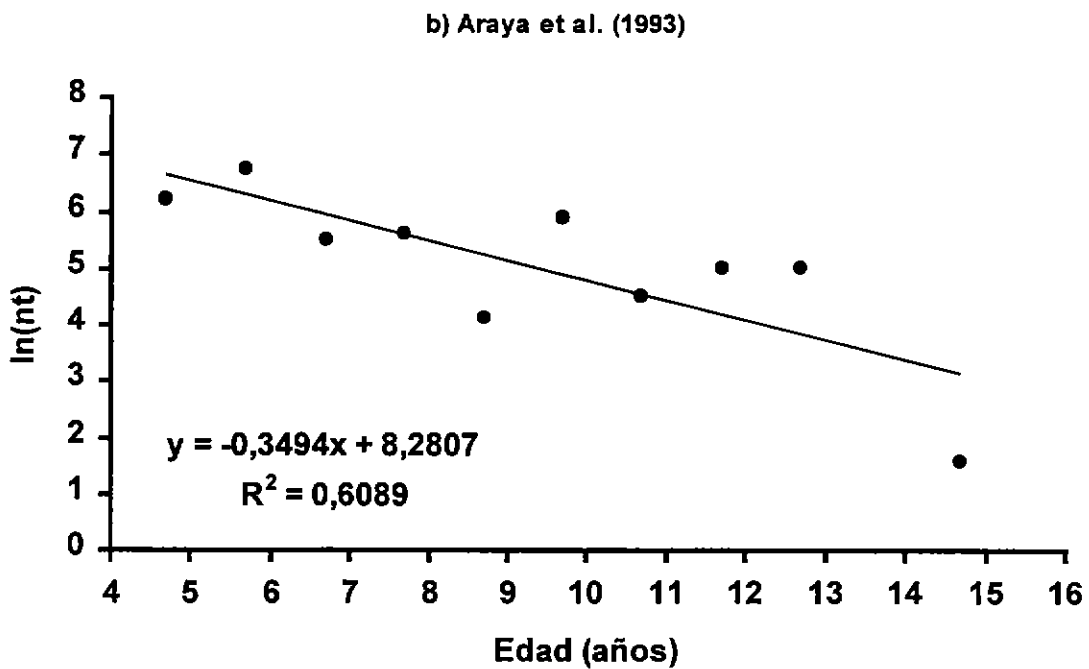
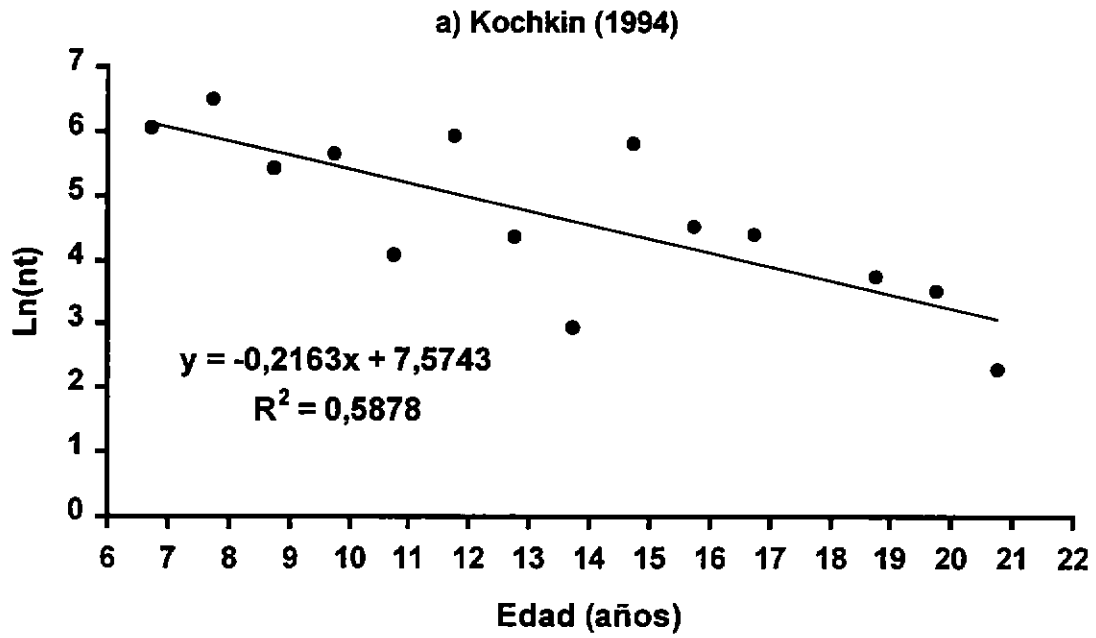
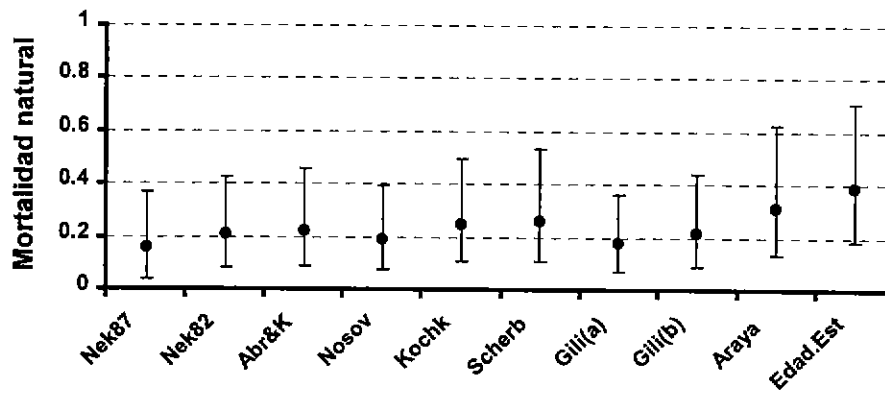
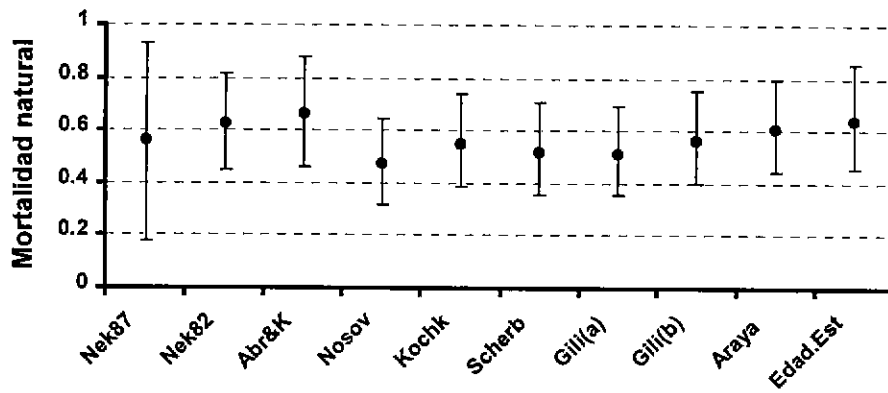


Figura 38. Curvas de pesca según descomposición de grupos de edad condicionado al crecimiento descrito por a) Kochkin (1994) y b) Araya et al. (1993).

### a) Método de Pauly (1980)



### b) Método de Rickther & Efanov (1976)



### c) Método de Alverson & Carney (1975)

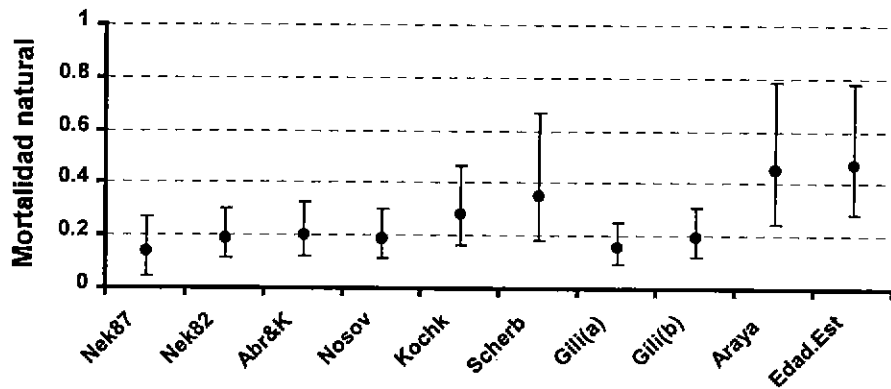


Figura 39. Estimaciones empíricas de mortalidad natural según 10 conjuntos de parámetros de crecimiento en longitud disponibles para *T. s. murphyi*.



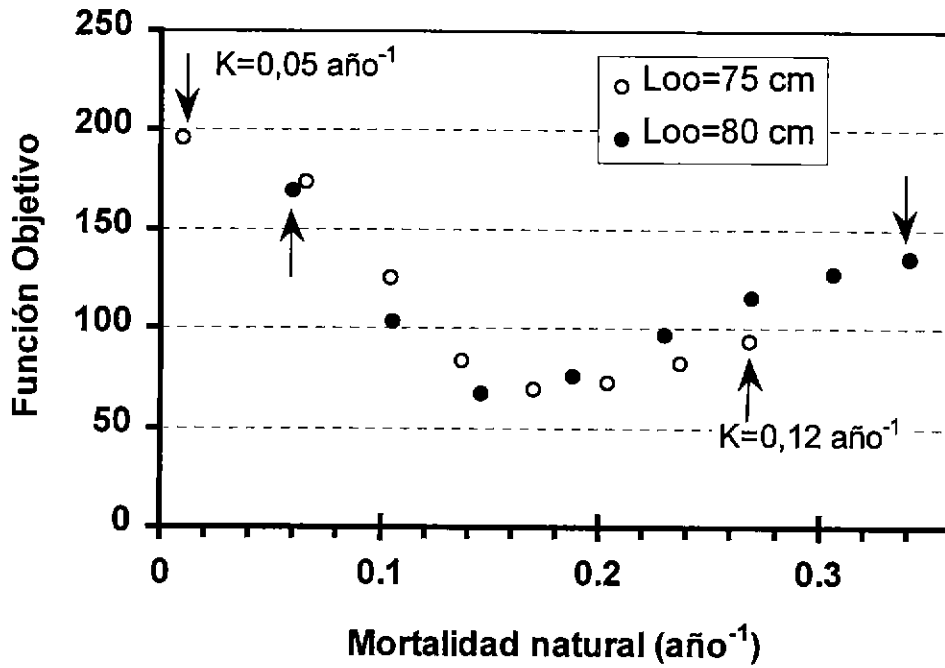


Figura 41. Función objetivo (estadístico A) y tasa de mortalidad natural estimada en función de dos valores para la longitud asintótica de jurel y 8 valores de K entre  $K=0,05$  y  $0,12$  con incrementos de  $0,01$ .

**SALIDAS COMPUTACIONALES PROGRAMA MULTIFAN**



JurSDS

Mod 1

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
Function values (and number of parameters) for systematic search 1 Page 1

# Age Classes	Initial estimates of von Bertalanffy K ---->					
	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	<u>12006.12</u> (64)	11936.98 (64)	11897.69 (64)	11859.32 (64)	11815.26 (64)	11770.14 (64)
6	<u>12400.44</u> (79)	12378.24 (79)	12352.45 (79)	12316.34 (79)	12261.60 (79)	12213.12 (79)
7	12538.24 (94)	12539.22 (94)	<u>12551.03</u> (94)	12528.08 (94)	12513.28 (94)	12482.66 (94)
8	12661.23 (109)	<u>12667.73</u> (109)	12661.81 (109)	12640.70 (109)	12652.36 (109)	12626.17 (109)
9	12898.68 (124)	<u>12902.78</u> (124)	12898.38 (124)	12886.61 (124)	12859.33 (124)	12808.78 (124)
10	<u>13006.95</u> (139)	13002.65 (139)	13002.65 (139)	13002.77 (139)	12985.90 (139)	12941.89 (139)
11	13023.47 (154)	<u>13058.95</u> (154)	13057.09 (154)	13057.93 (154)	13057.93 (154)	13032.62 (154)
12	13024.01 (169)	13077.05 (169)	13086.44 (169)	13086.38 (169)	<u>13086.52</u> (169)	13084.38 (169)

Move highlight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 5F

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
File: jurstds: Jurel Subdivision sur 0187-0391 Page 1

Fit: 5E

Objective function value =13086.51953; total penalty =30.69413

Maximum gradient component = 0.01745

Number of non-empty length intervals: 529; Number of estimated parameters: 169

Approximate number of degrees of freedom: 360

Number of age classes: 12

Parameter Estimates:

von Bertalanffy K = 0.128 (1/year); L infinity = 54.6

First Length = 19.480; Last Length = 46.032; Brody rho = 0.879 (1/year).

Estimated age of the first age class = 3.44 years.

Mean length at age in month 1:

19.48 23.71 27.43 30.70 33.58 36.11 38.34 40.29 42.01 43.53 44.86  
46.03

Standard Deviations of length at age in month 1:

1.46 1.46 1.46 1.46 1.46 1.46 1.46 1.46 1.46 1.46 1.46  
1.46

Average Standard Deviation = 1.461; ratio of first to last S.D.= 1.000

Mod 2

# Age	Initial estimates of von Bertalanffy K ---->					
Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	<u>12006.12</u> (65)	11937.38 (65)	11899.15 (65)	11860.25 (65)	11817.34 (65)	11773.96 (65)
6	<u>12400.15</u> (80)	12378.24 (80)	12352.45 (80)	12318.29 (80)	12262.64 (80)	12220.10 (80)
7	12538.24 (95)	12539.22 (95)	<u>12551.03</u> (95)	12528.08 (95)	12510.66 (95)	12483.16 (95)
8	12661.23 (110)	12667.73 (110)	12661.81 (110)	12640.70 (110)	12652.36 (110)	12627.68 (110)
9	12898.68 (125)	12902.78 (125)	12898.38 (125)	12886.61 (125)	12859.33 (125)	12805.33 (125)
10	<u>13006.95</u> (140)	13002.65 (140)	13002.65 (140)	13002.77 (140)	12985.90 (140)	12941.83 (140)
11	13023.47 (155)	<u>13058.95</u> (155)	13057.09 (155)	13057.93 (155)	13057.93 (155)	13032.62 (155)
12	13024.01 (170)	13077.05 (170)	13085.69 (170)	13086.38 (170)	<u>13086.52</u> (170)	13084.38 (170)

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 1r

Fit: 1q  
Objective function value =13086.51953; total penalty =30.69485  
Maximum gradient component = 0.01059  
Number of non-empty length intervals: 529; Number of estimated parameters: 170  
Approximate number of degrees of freedom: 359

Number of age classes: 12  
Parameter Estimates:  
von Bertalanffy K = 0.128 (1/year); L infinity = 54.6  
First Length = 19.480; Last Length = 46.032; Brody rho = 0.879 (1/year)  
Estimated age of the first age class = 3.44 years.  
First month mean length sampling bias for first age class: 0.000  
Mean length at age in month 1:  
19.48 23.71 27.43 30.70 33.58 36.11 38.34 40.29 42.01 43.53 44.8  
46.03  
Standard Deviations of length at age in month 1:  
1.46 1.46 1.46 1.46 1.46 1.46 1.46 1.46 1.46 1.46 1.46  
1.46  
Average Standard Deviation = 1.461; ratio of first to last S.D.= 1.000

Mod 3

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
Function values (and number of parameters) for systematic search 3 Page 1

# Age Classes	Initial estimates of von Bertalanffy K ---->					
	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	12140.21 ( 65)	12115.31 ( 65)	12089.78 ( 65)	12054.75 ( 65)	12019.35 ( 65)	11966.91 ( 65)
6	12429.68 ( 80)	12409.81 ( 80)	12387.40 ( 80)	12358.90 ( 80)	12328.41 ( 80)	12293.45 ( 80)
7	12549.37 ( 95)	12547.02 ( 95)	12552.47 ( 95)	12542.96 ( 95)	12529.83 ( 95)	12498.44 ( 95)
8	12661.86 (110)	12668.43 (110)	12664.70 (110)	12658.72 (110)	12645.60 (110)	12622.88 (110)
9	12903.99 (125)	12905.38 (125)	12900.86 (125)	12897.23 (125)	12881.29 (125)	12847.58 (125)
10	13011.52 (140)	13006.35 (140)	13006.35 (140)	13004.28 (140)	12988.56 (140)	12964.64 (140)
11	13066.29 (155)	13067.55 (155)	13069.21 (155)	13068.03 (155)	13065.68 (155)	13035.64 (155)
12	13073.39 (170)	13112.48 (170)	13106.99 (170)	13107.97 (170)	13107.97 (170)	13087.62 (170)

Move highlight to fit of interest. Press <Enter> to view Fit BF

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
File: jursds: Jurel Subdivision sur 0187-0391 Page 1

Fit: BB  
 Objective function value =13112.48047; total penalty =33.12918  
 Maximum gradient component = 0.00506  
 Number of non-empty length intervals: 529; Number of estimated parameters: 170  
 Approximate number of degrees of freedom: 359

Number of age classes: 12  
 Parameter Estimates:  
 von Bertalanffy K = 0.108 (1/year); L infinity = 58.5  
 First Length = 19.785; Last Length = 46.731; Brody rho = 0.897 (1/year).  
 Estimated age of the first age class = 3.81 years.  
 Mean length at age in month 1:  
 19.78 23.76 27.33 30.52 33.40 35.97 38.28 40.36 42.22 43.89 45.39  
 46.73  
 Standard Deviations of length at age in month 1:  
 1.67 1.56 1.47 1.39 1.33 1.27 1.22 1.18 1.14 1.11 1.08  
 1.06  
 Average Standard Deviation = 1.330; ratio of first to last S.D.= 0.635

Mod 4

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
Function values (and number of parameters) for systematic search 7 Page

# Age	Initial estimates of von Bertalanffy K ---->					
Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	<u>12140.21</u> (66)	12115.31 (66)	12089.91 (66)	12058.29 (66)	12023.20 (66)	11974.59 (66)
6	<u>12429.68</u> (81)	12409.81 (81)	12387.40 (81)	12359.64 (81)	12328.82 (81)	12297.10 (81)
7	12549.37 (96)	12547.02 (96)	<u>12552.47</u> (96)	12542.96 (96)	12529.83 (96)	12488.48 (96)
8	12661.86 (111)	<u>12668.43</u> (111)	12664.70 (111)	12658.72 (111)	12645.60 (111)	12622.88 (111)
9	12903.99 (126)	12905.38 (126)	12900.86 (126)	12896.19 (126)	12881.13 (126)	12845.17 (126)
10	<u>13011.52</u> (141)	13006.35 (141)	13006.35 (141)	13004.28 (141)	12989.69 (141)	12964.64 (141)
11	13065.99 (156)	<u>13070.66</u> (156)	13068.03 (156)	13068.03 (156)	13065.68 (156)	13035.64 (156)
12	13073.39 (171)	<u>13115.48</u> (171)	13106.99 (171)	13111.52 (171)	13107.97 (171)	13087.62 (171)

13115.48  
(171)

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 6n

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
File: jurds: Jurel Subdivision sur 0187-0391 Page

Fit: 6j  
Objective function value =13115.48047; total penalty =32.77724  
Maximum gradient component = 0.00045  
Number of non-empty length intervals: 529; Number of estimated parameters: 171  
Approximate number of degrees of freedom: 358

Number of age classes: 12  
Parameter Estimates:  
von Bertalanffy K >= 0.108 (1/year); L infinity = 58.3  
First Length = 19.818; Last Length = 46.612; Brody rho = 0.897 (1/year).  
Estimated age of the first age class = 3.83 years.  
First month mean length sampling bias for first age class: 0.000  
Mean length at age in month 1:  
19.82 23.77 27.32 30.50 33.35 35.92 38.21 40.28 42.13 43.79 45.2  
46.61  
Standard Deviations of length at age in month 1:  
1.73 1.59 1.48 1.38 1.30 1.23 1.17 1.12 1.08 1.04 1.0  
0.98  
Average Standard Deviation = 1.302; ratio of first to last S.D.= 0.563

Mod 5

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
Function values (and number of parameters) for systematic search 9 Page 1

# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	<u>12137.21</u> (66)	12104.34 (66)	12080.43 (66)	12048.89 (66)	12016.33 (66)	11976.29 (66)
6	<u>12572.09</u> (81)	12565.75 (81)	12552.76 (81)	12530.54 (81)	12509.90 (81)	12473.37 (81)
7	<u>12803.25</u> (96)	12803.25 (96)	12792.82 (96)	12802.41 (96)	12788.78 (96)	12769.90 (96)
8	12931.77 (111)	12950.86 (111)	12940.61 (111)	<u>12951.87</u> (111)	12940.61 (111)	12937.28 (111)
9	12915.28 (126)	12916.24 (126)	12930.58 (126)	13004.98 (126)	<u>13008.32</u> (126)	13008.32 (126)
10	13021.36 (141)	13042.82 (141)	13041.77 (141)	<u>13044.62</u> (141)	13040.37 (141)	13026.69 (141)
11	<u>13113.82</u> (156)	13092.12 (156)	13101.64 (156)	13101.64 (156)	13111.74 (156)	13100.46 (156)
12	13088.61 (171)	13120.55 (171)	13132.87 (171)	13136.56 (171)	13136.31 (171)	<u>13141.38</u> (171)

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view Fit 8w

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
File: jursds: Jurel Subdivision sur 0187-0391 Page 1

Fit: bj  
Objective function value =13141.37988; total penalty =33.95877  
Maximum gradient component = 0.20490  
Number of non-empty length intervals: 529; Number of estimated parameters: 171  
Approximate number of degrees of freedom: 358

Number of age classes: 12  
Parameter Estimates:  
von Bertalanffy K = 0.142 (1/year); L infinity = 53.2  
First Length = 18.840; Last Length = 46.027; Brody rho = 0.867 (1/year).  
Estimated age of the first age class = 3.07 years.  
Mean length at age in month 1:  
19.29 23.79 27.69 31.08 34.01 36.56 38.77 40.68 42.35 43.79 45.04  
46.12  
Standard Deviations of length at age in month 1:  
1.49 1.49 1.49 1.49 1.49 1.49 1.49 1.49 1.49 1.49 1.49  
1.49  
Average Standard Deviation = 1.490; ratio of first to last S.D.= 1.000  
Seasonal Growth Amplitude = 0.775; Seasonal Growth Phase = -0.051

Mod 6

# Age	Initial estimates of von Bertalanffy K ---->					
Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	<u>12137.21</u> ( 67)	12107.77 ( 67)	12090.63 ( 67)	12069.19 ( 67)	12038.07 ( 67)	11991.33 ( 67)
6	<u>12572.09</u> ( 82)	12566.37 ( 82)	12552.76 ( 82)	12530.10 ( 82)	12510.61 ( 82)	12475.32 ( 82)
7	12800.49 ( 97)	<u>12803.25</u> ( 97)	12790.41 ( 97)	12802.41 ( 97)	12788.78 ( 97)	12770.68 ( 97)
8	12931.77 (112)	12951.82 (112)	12940.61 (112)	<u>12951.87</u> (112)	12940.61 (112)	12937.36 (112)
9	12915.28 (127)	12916.24 (127)	12930.57 (127)	13003.51 (127)	<u>13008.32</u> (127)	13008.32 (127)
10	13022.90 (142)	13042.82 (142)	13041.77 (142)	<u>13044.62</u> (142)	13040.37 (142)	13025.64 (142)
11	<u>13113.82</u> (157)	13092.12 (157)	13101.64 (157)	13101.64 (157)	13111.74 (157)	13103.87 (157)
12	13136.78 (172)	13120.55 (172)	13124.69 (172)	13136.57 (172)	13136.31 (172)	<u>13141.38</u> (172)

Move highlight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit ds

Fit: fz  
Objective function value =13141.37988; total penalty =33.95861  
Maximum gradient component = 0.03024  
Number of non-empty length intervals: 529; Number of estimated parameters: 172  
Approximate number of degrees of freedom: 357

Number of age classes: 12

Parameter Estimates:  
von Bertalanffy K = 0.142 (1/year); L infinity = 53.2  
First Length = 18.840; Last Length = 46.027; Brody rho = 0.867 (1/year)  
Estimated age of the first age class = 3.07 years.  
First month mean length sampling bias for first age class: 0.000  
Mean length at age in month 1:  
19.29 23.79 27.69 31.08 34.01 36.56 38.77 40.68 42.34 43.79 45.04  
46.12  
Standard Deviations of length at age in month 1:  
1.49 1.49 1.49 1.49 1.49 1.49 1.49 1.49 1.49 1.49 1.49  
1.49  
Average Standard Deviation = 1.490; ratio of first to last S.D.= 1.000  
Seasonal Growth Amplitude = 0.775; Seasonal Growth Phase = -0.051

Mod 7

Table with columns: # Age, Classes, and initial estimates of von Bertalanffy K for values 0.060, 0.080, 0.100, 0.120, 0.140, 0.160. Includes function values and parameter counts in parentheses.

Handwritten box around the value 13153.21 in the table.

Move highlight to fit of interest. Press <Enter> to view Fit in

Fit: il
Objective function value =13153.20996; total penalty =34.11844
Maximum gradient component = 0.00855
Number of non-empty length intervals: 529; Number of estimated parameters: 172
Approximate number of degrees of freedom: 357

Number of age classes: 12
Parameter Estimates:
von Bertalanffy K = 0.131 (1/year); L infinity = 54.8
First Length = 19.045; Last Length = 46.326; Brody rho = 0.877 (1/year).
Estimated age of the first age class = 3.26 years.
Mean length at age in month 1:
19.43 23.78 27.59 30.93 33.86 36.43 38.68 40.66 42.39 43.91 45.25
46.42
Standard Deviations of length at age in month 1:
1.61 1.55 1.49 1.45 1.41 1.37 1.34 1.32 1.30 1.28 1.26
1.25
Average Standard Deviation = 1.419; ratio of first to last S.D.= 0.773
Seasonal Growth Amplitude = 0.738; Seasonal Growth Phase = -0.042

Mo 8

# Age Classes	Initial estimates of von Bertalanffy K ---->					
	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	<u>12342.30</u> ( 68)	12319.07 ( 68)	12304.50 ( 68)	12284.60 ( 68)	12264.82 ( 68)	12238.93 ( 68)
6	<u>12620.35</u> ( 83)	12620.08 ( 83)	12618.78 ( 83)	12611.83 ( 83)	12604.43 ( 83)	12575.47 ( 83)
7	<u>12815.64</u> ( 98)	12815.64 ( 98)	12805.75 ( 98)	12815.42 ( 98)	12803.21 ( 98)	12788.60 ( 98)
8	12924.14 (113)	12950.86 (113)	12940.42 (113)	<u>12951.87</u> (113)	12940.33 (113)	12937.63 (113)
9	12919.91 (128)	12920.35 (128)	12930.63 (128)	<u>13011.37</u> (128)	13010.93 (128)	13010.54 (128)
10	13024.32 (143)	<u>13048.98</u> (143)	13041.51 (143)	13046.61 (143)	13041.11 (143)	13031.74 (143)
11	13079.97 (158)	13070.34 (158)	13105.54 (158)	13104.43 (158)	<u>13113.06</u> (158)	13099.65 (158)
12	13106.16 (173)	13116.35 (173)	13134.08 (173)	<u>13154.11</u> (173)	13147.28 (173)	13152.53 (173)

Move highlight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 15

Fit: 19  
 Objective function value =13154.11035; total penalty =34.50764  
 Maximum gradient component = 0.00816  
 Number of non-empty length intervals: 529; Number of estimated parameters: 173  
 Approximate number of degrees of freedom: 356

Number of age classes: 12  
 Parameter Estimates:  
 von Bertalanffy K = 0.130 (1/year); L infinity = 55.2  
 First Length = 19.039; Last Length = 46.510; Brody rho = 0.878 (1/year).  
 Estimated age of the first age class = 3.26 years.  
 First month mean length sampling bias for first age class: 0.000  
 Mean length at age in month 1:  
 19.43 23.78 27.60 30.96 33.91 36.50 38.77 40.77 42.52 44.06 45.42  
 46.60  
 Standard Deviations of length at age in month 1:  
 1.63 1.55 1.48 1.42 1.37 1.33 1.30 1.27 1.24 1.22 1.20  
 1.18  
 Average Standard Deviation = 1.388; ratio of first to last S.D.= 0.727  
 Seasonal Growth Amplitude = 0.792; Seasonal Growth Phase = -0.032



**MULTIFAN  
JURZCS**

Centro-sur 1991-1995

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
Function values (and number of parameters) for systematic search 1 Page 1

# Age	Initial estimates of von Bertalanffy K ---->					
Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	8756.76 (64)	8633.06 (64)	8610.61 (64)	8549.83 (64)	8490.26 (64)	8427.09 (64)
6	9361.66 (79)	9159.37 (79)	9083.67 (79)	9000.76 (79)	8920.91 (79)	8836.83 (79)
7	9685.79 (94)	9590.69 (94)	9519.83 (94)	9443.35 (94)	9350.39 (94)	9213.07 (94)
8	9886.19 (109)	9823.54 (109)	9775.41 (109)	9707.20 (109)	9630.59 (109)	9518.81 (109)
9	10112.81 (124)	10006.93 (124)	9969.37 (124)	9906.53 (124)	9832.01 (124)	9724.31 (124)
10	10231.06 (139)	10193.60 (139)	10127.76 (139)	10051.72 (139)	9976.58 (139)	9868.25 (139)
11	10302.80 (154)	10302.78 (154)	10246.78 (154)	10160.62 (154)	10083.65 (154)	9981.34 (154)
12	10347.80 (169)	10348.57 (169)	10329.34 (169)	10247.17 (169)	10174.36 (169)	10058.97 (169)

(1)

Move highlight to fit of interest. Press <Enter> to view Fit 5F

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
File: jurzcs: Jurel, zona centro-sur (1991-1995) Page 1

Fit: 5B  
Objective function value =10348.57031; total penalty =19.12134  
Maximum gradient component = 0.00019  
Number of non-empty length intervals: 510; Number of estimated parameters: 169  
Approximate number of degrees of freedom: 341

Number of age classes: 12  
Parameter Estimates:  
von Bertalanffy K = 0.066 (1/year); L infinity = 74.5  
First Length = 23.242; Last Length = 49.573; Brody rho = 0.937 (1/year).  
Estimated age of the first age class = 5.70 years.  
Mean length at age in month 1:  
23.24 26.49 29.54 32.39 35.06 37.56 39.91 42.10 44.16 46.08 47.88  
49.57  
Standard Deviations of length at age in month 1:  
1.32 1.32 1.32 1.32 1.32 1.32 1.32 1.32 1.32 1.32 1.32  
1.32  
Average Standard Deviation = 1.320; ratio of first to last S.D. = 1.000

# Age	Initial estimates of von Bertalanffy K ---->					
Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	8963.97 ( 65)	8913.31 ( 65)	8893.04 ( 65)	8871.17 ( 65)	8846.91 ( 65)	8817.44 ( 65)
6	9410.74 ( 80)	9374.08 ( 80)	9361.32 ( 80)	9342.03 ( 80)	9313.42 ( 80)	9262.04 ( 80)
7	9685.79 ( 95)	9655.06 ( 95)	9635.30 ( 95)	9613.78 ( 95)	9587.85 ( 95)	9558.86 ( 95)
8	9886.36 (110)	9832.42 (110)	9822.48 (110)	9809.64 (110)	9790.16 (110)	9754.47 (110)
9	10106.07 (125)	10027.68 (125)	10031.94 (125)	9984.94 (125)	9906.19 (125)	9871.71 (125)
10	10232.48 (140)	10220.33 (140)	10174.38 (140)	10100.82 (140)	10051.85 (140)	9985.27 (140)
11	10302.80 (155)	10305.51 (155)	10290.10 (155)	10260.58 (155)	10203.63 (155)	10095.16 (155)
12	10347.80 (170)	10336.99 (170)	10332.94 (170)	10317.88 (170)	10281.69 (170)	10188.14 (170)

2

Move highlight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit BE

Fit: BA

Objective function value =10347.79980; total penalty =20.96120

Maximum gradient component = 0.14620

Number of non-empty length intervals: 510; Number of estimated parameters: 170

Approximate number of degrees of freedom: 340

Number of age classes: 12

Parameter Estimates:

von Bertalanffy K = 0.063 (1/year); L infinity = 76.9

First Length = 23.234; Last Length = 49.963; Brody rho = 0.939 (1/year)

Estimated age of the first age class = 5.74 years.

First month mean length sampling bias for first age class: 0.000

Mean length at age in month 1:

23.23 26.49 29.55 32.43 35.13 37.67 40.05 42.29 44.39 46.37 48.22  
 49.96

Standard Deviations of length at age in month 1:

1.32 1.32 1.32 1.32 1.32 1.32 1.32 1.32 1.32 1.32 1.32  
 1.32

Average Standard Deviation = 1.316; ratio of first to last S.D.= 1.000

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
 Function values (and number of parameters) for systematic search 5 Page 1

# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	8959.35 ( 65)	8806.80 ( 65)	8748.53 ( 65)	8686.30 ( 65)	8622.57 ( 65)	8543.81 ( 65)
6	9539.44 ( 80)	9380.23 ( 80)	9306.06 ( 80)	9228.99 ( 80)	9145.52 ( 80)	9046.97 ( 80)
7	9805.98 ( 95)	9732.45 ( 95)	9696.34 ( 95)	9640.64 ( 95)	9564.19 ( 95)	9434.17 ( 95)
8	10067.31 (110)	9938.39 (110)	9892.18 (110)	9843.11 (110)	9780.09 (110)	9699.33 (110)
9	10266.55 (125)	10177.72 (125)	10105.47 (125)	10010.51 (125)	9938.81 (125)	9846.89 (125)
10	10366.88 (140)	10351.34 (140)	10264.79 (140)	10160.98 (140)	10077.97 (140)	9960.04 (140)
11	10408.07 (155)	10402.11 (155)	10382.16 (155)	10286.87 (155)	10170.94 (155)	10071.02 (155)
12	10437.51 (170)	10437.88 (170)	10446.88 (170)	10412.81 (170)	10212.95 (170)	10130.26 (170)

3

Move highlight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 1r

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
 File: jurzcs: Jurel, zona centro-sur (1991-1995) Page 1

Fit: 1o

Objective function value =10446.87988; total penalty =15.53135

Maximum gradient component = 0.00440

Number of non-empty length intervals: 510; Number of estimated parameters: 170

Approximate number of degrees of freedom: 340

Number of age classes: 12

Parameter Estimates:

von Bertalanffy K = 0.075 (1/year); L infinity = 67.8

First Length = 23.251; Last Length = 48.336; Brody rho = 0.928 (1/year).

Estimated age of the first age class = 5.58 years.

Mean length at age in month 1:

23.25 26.48 29.47 32.25 34.83 37.22 39.44 41.49 43.40 45.17 46.81  
 48.34

Standard Deviations of length at age in month 1:

1.07 1.16 1.26 1.35 1.45 1.54 1.63 1.72 1.81 1.90 1.98  
 2.06

Average Standard Deviation = 1.483; ratio of first to last S.D. = 1.932

# Age	Initial estimates of von Bertalanffy K ---->					
Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	9121.38 (66)	9067.76 (66)	9044.53 (66)	9018.29 (66)	8988.39 (66)	8952.96 (66)
6	9579.34 (81)	9547.97 (81)	9529.13 (81)	9506.62 (81)	9480.70 (81)	9437.65 (81)
7	9821.24 (96)	9767.41 (96)	9758.40 (96)	9741.27 (96)	9722.57 (96)	9696.06 (96)
8	10081.97 (111)	9998.80 (111)	9963.91 (111)	9922.39 (111)	9886.40 (111)	9852.49 (111)
9	10267.26 (126)	10243.57 (126)	10202.94 (126)	10137.60 (126)	10091.78 (126)	10008.49 (126)
10	10370.09 (141)	10367.25 (141)	10331.26 (141)	10297.80 (141)	10227.24 (141)	10143.44 (141)
11	10378.82 (156)	10413.08 (156)	10412.50 (156)	10387.36 (156)	10338.31 (156)	10249.43 (156)
12	10438.01 (171)	10439.11 (171)	10438.02 (171)	10433.68 (171)	10403.26 (171)	10317.06 (171)

(4)

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 6j

Fit: 6j  
 Objective function value =10439.11035; total penalty =15.92396  
 Maximum gradient component = 0.00648  
 Number of non-empty length intervals: 510; Number of estimated parameters: 171  
 Approximate number of degrees of freedom: 339

Number of age classes: 12

Parameter Estimates:  
 von Bertalanffy K = 0.077 (1/year); L infinity = 68.0  
 First Length = 23.086; Last Length = 48.778; Brody rho = 0.926 (1/year)  
 Estimated age of the first age class = 5.37 years.  
 First month mean length sampling bias for first age class: 0.201  
 Mean length at age in month 1:  
 23.27 26.42 29.51 32.37 35.01 37.46 39.73 41.83 43.77 45.57 47.2  
 48.78  
 Standard Deviations of length at age in month 1:  
 1.05 1.13 1.22 1.30 1.38 1.46 1.54 1.62 1.70 1.77 1.8  
 1.91  
 Average Standard Deviation = 1.413; ratio of first to last S.D.= 1.819

# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	8829.16 (66)	8681.31 (66)	8641.33 (66)	8594.48 (66)	8532.17 (66)	8468.75 (66)
6	9389.49 (81)	9205.83 (81)	9110.37 (81)	9026.89 (81)	8944.83 (81)	8864.36 (81)
7	9688.23 (96)	9597.00 (96)	9532.81 (96)	9456.58 (96)	9364.32 (96)	9241.49 (96)
8	9972.41 (111)	9839.30 (111)	9785.05 (111)	9720.34 (111)	9635.20 (111)	9525.70 (111)
9	10158.16 (126)	10079.06 (126)	9973.60 (126)	9923.63 (126)	9832.96 (126)	9731.03 (126)
10	10246.00 (141)	10224.32 (141)	10164.38 (141)	10082.03 (141)	9978.20 (141)	9880.00 (141)
11	10305.15 (156)	10277.63 (156)	10249.63 (156)	10191.35 (156)	10102.51 (156)	9988.86 (156)
12	10351.09 (171)	10352.77 (171)	10344.04 (171)	10262.43 (171)	10197.94 (171)	10071.55 (171)

(5)

Move highlight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit bj

Fit: az

Objective function value =10352.76953; total penalty =21.22492

Maximum gradient component = 0.00601

Number of non-empty length intervals: 510; Number of estimated parameters: 171

Approximate number of degrees of freedom: 339

Number of age classes: 12

Parameter Estimates:

von Bertalanffy K = 0.065 (1/year); L infinity = 74.8

First Length = 23.329; Last Length = 49.621; Brody rho = 0.937 (1/year).

Estimated age of the first age class = 5.75 years.

Mean length at age in month 1:

23.21 26.46 29.50 32.35 35.03 37.53 39.87 42.07 44.13 46.06 47.87  
 49.56

Standard Deviations of length at age in month 1:

1.31 1.31 1.31 1.31 1.31 1.31 1.31 1.31 1.31 1.31 1.31  
 1.31

Average Standard Deviation = 1.312; ratio of first to last S.D.= 1.000

Seasonal Growth Amplitude = 0.276; Seasonal Growth Phase = 0.438

# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	9054.30 ( 67)	8991.41 ( 67)	8966.02 ( 67)	8939.93 ( 67)	8913.61 ( 67)	8882.08 ( 67)
6	9439.58 ( 82)	9398.72 ( 82)	9382.23 ( 82)	9364.42 ( 82)	9343.05 ( 82)	9309.22 ( 82)
7	9692.93 ( 97)	9671.97 ( 97)	9654.71 ( 97)	9614.76 ( 97)	9596.65 ( 97)	9568.62 ( 97)
8	9988.29 (112)	9873.19 (112)	9855.23 (112)	9830.18 (112)	9795.83 (112)	9756.24 (112)
9	10157.91 (127)	10129.72 (127)	10084.94 (127)	10035.67 (127)	9984.94 (127)	9932.46 (127)
10	10245.91 (142)	10245.70 (142)	10223.36 (142)	10190.23 (142)	10133.99 (142)	10067.44 (142)
11	10305.27 (157)	10294.09 (157)	10294.04 (157)	10275.70 (157)	10236.53 (157)	10165.40 (157)
12	10351.09 (172)	10352.84 (172)	10343.88 (172)	10329.77 (172)	10292.83 (172)	10239.19 (172)

(6)

Move highlight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit fz

Fit: fv

Objective function value =10352.83984; total penalty =20.94176

Maximum gradient component = 0.00060

Number of non-empty length intervals: 510; Number of estimated parameters: 172

Approximate number of degrees of freedom: 338

Number of age classes: 12

Parameter Estimates:

von Bertalanffy K = 0.064 (1/year); L infinity = 75.5

First Length = 23.310; Last Length = 49.715; Brody rho = 0.938 (1/year).

Estimated age of the first age class = 5.76 years.

First month mean length sampling bias for first age class: 0.000

Mean length at age in month 1:

23.18 26.43 29.48 32.34 35.02 37.53 39.89 42.10 44.17 46.12 47.94  
 49.65

Standard Deviations of length at age in month 1:

1.31 1.31 1.31 1.31 1.31 1.31 1.31 1.31 1.31 1.31 1.31  
 1.31

Average Standard Deviation = 1.314; ratio of first to last S.D. = 1.000

Seasonal Growth Amplitude = 0.272; Seasonal Growth Phase = 0.416

# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	9016.07 ( 67)	8849.37 ( 67)	8792.56 ( 67)	8724.50 ( 67)	8662.88 ( 67)	8586.64 ( 67)
6	9540.43 ( 82)	9399.30 ( 82)	9322.53 ( 82)	9247.67 ( 82)	9165.79 ( 82)	9068.09 ( 82)
7	9834.89 ( 97)	9751.06 ( 97)	9707.70 ( 97)	9647.83 ( 97)	9564.13 ( 97)	9454.36 ( 97)
8	10066.11 (112)	9956.85 (112)	9913.38 (112)	9849.99 (112)	9786.00 (112)	9704.95 (112)
9	10301.31 (127)	10206.95 (127)	10080.20 (127)	10045.83 (127)	9955.95 (127)	9860.02 (127)
10	10379.20 (142)	10354.75 (142)	10276.87 (142)	10193.13 (142)	10106.37 (142)	9980.58 (142)
11	10383.54 (157)	10402.32 (157)	10267.25 (157)	10227.71 (157)	10201.94 (157)	10099.98 (157)
12	10438.06 (172)	10432.44 (172)	10426.44 (172)	10261.91 (172)	10307.51 (172)	10158.59 (172)



Move highlight to fit of interest. Press <Enter> to view Fit in

Fit: ii  
 Objective function value =10438.05957; total penalty =16.64575  
 Maximum gradient component = 0.01781  
 Number of non-empty length intervals: 510; Number of estimated parameters: 172  
 Approximate number of degrees of freedom: 338  
 Number of age classes: 12  
 Parameter Estimates:  
 von Bertalanffy K = 0.069 (1/year); L infinity = 71.4  
 First Length = 23.260; Last Length = 48.987; Brody rho = 0.933 (1/year).  
 Estimated age of the first age class = 5.67 years.  
 Mean length at age in month 1:  
 23.20 26.44 29.45 32.27 34.90 37.35 39.63 41.77 43.75 45.61 47.34  
 48.96  
 Standard Deviations of length at age in month 1:  
 1.07 1.14 1.22 1.30 1.37 1.44 1.51 1.58 1.65 1.72 1.78  
 1.84  
 Average Standard Deviation = 1.404; ratio of first to last S.D.= 1.724  
 Seasonal Growth Amplitude = 0.117; Seasonal Growth Phase = 0.372



# Age	Initial estimates of von Bertalanffy K ---->					
Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160
5	<u>9183.89</u> (68)	9132.24 (68)	9111.46 (68)	9087.14 (68)	9058.24 (68)	9023.54 (68)
6	<u>9601.58</u> (83)	9564.08 (83)	9540.12 (83)	9513.96 (83)	9486.83 (83)	9448.94 (83)
7	<u>9874.75</u> (98)	9816.49 (98)	9786.09 (98)	9770.95 (98)	9727.25 (98)	9699.66 (98)
8	<u>10097.52</u> (113)	10055.30 (113)	10025.08 (113)	9973.81 (113)	9930.15 (113)	9911.35 (113)
9	<u>10292.09</u> (128)	10280.08 (128)	10243.73 (128)	10194.52 (128)	10131.58 (128)	10054.77 (128)
10	<u>10382.21</u> (143)	10368.04 (143)	10358.30 (143)	10314.85 (143)	10267.46 (143)	10195.57 (143)
11	10384.93 (158)	10415.38 (158)	<u>10421.22</u> (158)	10402.01 (158)	10353.57 (158)	10286.44 (158)
12	10439.48 (173)	10433.69 (173)	10437.81 (173)	10433.74 (173)	10397.58 (173)	10349.29 (173)

8

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit lb

Fit: 12  
 Objective function value =10421.21973; total penalty =14.25283  
 Maximum gradient component = 0.00079  
 Number of non-empty length intervals: 510; Number of estimated parameters: 158  
 Approximate number of degrees of freedom: 352

Number of age classes: 11  
 Parameter Estimates:  
 von Bertalanffy K <= 0.072 (1/year); L infinity = 72.2  
 First Length = 22.991; Last Length = 48.148; Brody rho = 0.931 (1/year).  
 Estimated age of the first age class = 5.36 years.  
 First month mean length sampling bias for first age class: 0.407  
 Mean length at age in month 1:  
 23.75 26.75 29.89 32.81 35.53 38.06 40.42 42.62 44.66 46.57 48.34

Standard Deviations of length at age in month 1:  
 1.07 1.17 1.28 1.38 1.48 1.58 1.68 1.78 1.88 1.98 2.07

Average Standard Deviation = 1.492; ratio of first to last S.D.= 1.929  
 Seasonal Growth Amplitude = 0.696; Seasonal Growth Phase = 0.810

**MULTIFAN  
JURZCS96**

Castro sur 1996

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
Function values (and number of parameters) for systematic search 1 Page 1

# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120
5	8499.71 ( 48)	8451.70 ( 48)	8425.48 ( 48)	8396.86 ( 48)
6	8541.07 ( 59)	8502.51 ( 59)	8489.22 ( 59)	8503.64 ( 59)
7	8663.25 ( 70)	8657.75 ( 70)	8658.34 ( 70)	8638.18 ( 70)
8	8679.75 ( 81)	8680.71 ( 81)	8671.44 ( 81)	8673.60 ( 81)
9	8732.30 ( 92)	8726.36 ( 92)	8731.63 ( 92)	8732.31 ( 92)
10	8714.07 (103)	8725.46 (103)	8727.61 (103)	8740.36 (103)
11	8713.55 (114)	8730.53 (114)	8738.12 (114)	8738.89 (114)
12	8689.61 (125)	8707.41 (125)	8725.17 (125)	8729.24 (125)

1

Move highlight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 3F

MultiFan v3.15.f Length-Frequency Analyzer Copyright 1992 Otter Research Ltd.  
File: fqrjth96: Jurel Thno 1996 Page 1

Fit: 33

Objective function value = 8732.31055; total penalty = 4.75841

Maximum gradient component = 0.00096

Number of non-empty length intervals: 381; Number of estimated parameters: 92

Approximate number of degrees of freedom: 289

Number of age classes: 9

Parameter Estimates:

von Bertalanffy K = 0.099 (1/year); L infinity = 74.0

First Length = 23.058; Last Length = 51.001; Brody rho = 0.905 (1/year).

Estimated age of the first age class = 3.76 years.

Mean length at age in month 1:

23.06 27.88 32.24 36.19 39.77 43.01 45.94 48.60 51.00

Standard Deviations of length at age in month 1:

1.67 1.67 1.67 1.67 1.67 1.67 1.67 1.67 1.67

Average Standard Deviation = 1.675; ratio of first to last S.D.= 1.000

# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120
5	<u>8545.28</u> ( 49)	8543.96 ( 49)	8538.10 ( 49)	8524.78 ( 49)
6	8569.43 ( 60)	8580.22 ( 60)	8585.48 ( 60)	<u>8590.54</u> ( 60)
7	8664.14 ( 71)	8564.57 ( 71)	<u>8666.28</u> ( 71)	8662.42 ( 71)
8	8683.18 ( 82)	<u>8684.27</u> ( 82)	8683.59 ( 82)	8678.84 ( 82)
9	8670.56 ( 93)	8731.63 ( 93)	8731.63 ( 93)	<u>8732.31</u> ( 93)
10	8714.26 (104)	8725.46 (104)	8728.62 (104)	<u>8740.36</u> (104)
11	8713.55 (115)	8730.53 (115)	8738.30 (115)	8738.91 (115)
12	8689.61 (126)	8707.41 (126)	8725.17 (126)	<u>8729.95</u> (126)

(2)

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 7F

Fit: 73  
 Objective function value = 8732.31055; total penalty = 4.75841  
 Maximum gradient component = 0.00040  
 Number of non-empty length intervals: 381; Number of estimated parameters: 93  
 Approximate number of degrees of freedom: 288

Number of age classes: 9  
 Parameter Estimates:  
 von Bertalanffy K = 0.099 (1/year); L infinity = 74.0  
 First Length = 23.058; Last Length = 51.001; Brody rho = 0.905 (1/year)  
 Estimated age of the first age class = 3.76 years.  
 First month mean length sampling bias for first age class: 0.000  
 Mean length at age in month 1:  
 23.06 27.88 32.24 36.19 39.77 43.01 45.94 48.60 51.00  
 Standard Deviations of length at age in month 1:  
 1.67 1.67 1.67 1.67 1.67 1.67 1.67 1.67 1.67  
 Average Standard Deviation = 1.675; ratio of first to last S.D.= 1.000

# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120
5	8542.65 ( 49)	8480.27 ( 49)	8438.80 ( 49)	8399.48 ( 49)
6	8643.12 ( 60)	8610.77 ( 60)	8591.73 ( 60)	8506.97 ( 60)
7	8710.04 ( 71)	8699.44 ( 71)	8697.83 ( 71)	8646.92 ( 71)
8	8687.21 ( 82)	8722.51 ( 82)	8672.18 ( 82)	8709.89 ( 82)
9	8715.91 ( 93)	8740.27 ( 93)	8738.18 ( 93)	8750.00 ( 93)
10	8728.63 (104)	8725.55 (104)	8727.40 (104)	8741.26 (104)
11	8713.61 (115)	8730.55 (115)	8740.35 (115)	8739.90 (115)
12	8714.09 (126)	8725.76 (126)	8724.48 (126)	8730.81 (126)

3

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit BF

Fit: B3

Objective function value = 8750.00000; total penalty = 4.15824  
 Maximum gradient component = 0.01695  
 Number of non-empty length intervals: 381; Number of estimated parameters: 93  
 Approximate number of degrees of freedom: 288  
 Number of age classes: 9  
 Parameter Estimates:  
 von Bertalanffy K = 0.117 (1/year); L infinity = 67.7  
 First Length = 22.993; Last Length = 50.128; Brody rho = 0.890 (1/year).  
 Estimated age of the first age class = 3.56 years.  
 Mean length at age in month 1:  
 22.99 27.92 32.30 36.20 39.67 42.76 45.51 47.95 50.13  
 Standard Deviations of length at age in month 1:  
 1.49 1.60 1.70 1.80 1.90 1.98 2.06 2.14 2.21  
 Average Standard Deviation = 1.813; ratio of first to last S.D. = 1.484

# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120
5	8596.03 ( 50)	8594.60 ( 50)	8590.12 ( 50)	8582.42 ( 50)
6	8599.60 ( 61)	8604.29 ( 61)	8607.13 ( 61)	8608.94 ( 61)
7	8684.88 ( 72)	8585.51 ( 72)	8680.37 ( 72)	8698.27 ( 72)
8	8688.77 ( 83)	8689.71 ( 83)	8686.63 ( 83)	8718.94 ( 83)
9	8714.91 ( 94)	8740.27 ( 94)	8738.18 ( 94)	8749.47 ( 94)
10	8721.72 (105)	8727.11 (105)	8729.78 (105)	8741.26 (105)
11	8713.43 (116)	8730.55 (116)	8739.00 (116)	8739.90 (116)
12	8714.79 (127)	8720.24 (127)	8724.49 (127)	8734.17 (127)

4

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit F3

Fit: F3

Objective function value = 8749.46875; total penalty = 4.28881

Maximum gradient component = 0.00255

Number of non-empty length intervals: 381; Number of estimated parameters: 94

Approximate number of degrees of freedom: 287

Number of age classes: 9

Parameter Estimates:

von Bertalanffy K = 0.115 (1/year); L infinity = 68.5

First Length = 22.997; Last Length = 50.347; Brody rho = 0.891 (1/year)

Estimated age of the first age class = 3.56 years.

First month mean length sampling bias for first age class: 0.044

Mean length at age in month 1:

23.04 27.94 32.34 36.26 39.76 42.88 45.66 48.14 50.35

Standard Deviations of length at age in month 1:

1.52 1.60 1.68 1.75 1.81 1.88 1.93 1.98 2.03

Average Standard Deviation = 1.755; ratio of first to last S.D. = 1.341

# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120
5	8535.41 ( 50)	8475.80 ( 50)	8443.49 ( 50)	8409.73 ( 50)
6	8620.95 ( 61)	8615.77 ( 61)	8603.26 ( 61)	8576.41 ( 61)
7	8734.49 ( 72)	8734.49 ( 72)	8730.65 ( 72)	8715.29 ( 72)
8	8751.91 ( 83)	8752.44 ( 83)	8751.14 ( 83)	8725.11 ( 83)
9	8738.23 ( 94)	8768.39 ( 94)	8807.93 ( 94)	8807.93 ( 94)
10	8774.24 (105)	8800.49 (105)	8821.76 (105)	8820.41 (105)
11	8755.77 (116)	8784.52 (116)	8809.51 (116)	8820.17 (116)
12	8772.53 (127)	8808.09 (127)	8785.67 (127)	8809.61 (127)

(5)

Move highlight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 3j

Fit: 2g

Objective function value = 8807.92676; total penalty = 6.38745

Maximum gradient component = 0.00243

Number of non-empty length intervals: 381; Number of estimated parameters: 94

Approximate number of degrees of freedom: 287

Number of age classes: 9

Parameter Estimates:

von Bertalanffy K = 0.118 (1/year); L infinity = 70.2

First Length = 22.589; Last Length = 51.581; Brody rho = 0.889 (1/year).

Estimated age of the first age class = 3.31 years.

Mean length at age in month 1:

22.88 28.12 32.78 36.93 40.61 43.89 46.80 49.39 51.69

Standard Deviations of length at age in month 1:

1.61 1.61 1.61 1.61 1.61 1.61 1.61 1.61 1.61

Average Standard Deviation = 1.607; ratio of first to last S.D. = 1.000

Seasonal Growth Amplitude = 0.948; Seasonal Growth Phase = 0.027

# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120
5	<u>8595.55</u> ( 51)	8583.01 ( 51)	8571.30 ( 51)	8555.73 ( 51)
6	8670.37 ( 62)	8672.63 ( 62)	8671.75 ( 62)	<u>8673.82</u> ( 62)
7	8746.77 ( 73)	8750.48 ( 73)	<u>8754.91</u> ( 73)	8752.95 ( 73)
8	8761.57 ( 84)	8768.52 ( 84)	8771.89 ( 84)	<u>8772.02</u> ( 84)
9	8738.23 ( 95)	8754.93 ( 95)	<u>8808.33</u> ( 95)	8808.33 ( 95)
10	8774.24 (106)	8800.49 (106)	8821.83 (106)	<u>8821.87</u> (106)
11	8755.67 (117)	8784.52 (117)	8809.51 (117)	<u>8828.75</u> (117)
12	8772.53 (128)	8808.09 (128)	8785.67 (128)	<u>8826.17</u> (128)

(6)

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 6n

Fit: 5u

Objective function value = 8808.32617; total penalty = 6.42312

Maximum gradient component = 0.00692

Number of non-empty length intervals: 381; Number of estimated parameters: 95

Approximate number of degrees of freedom: 286

Number of age classes: 9

Parameter Estimates:

von Bertalanffy K = 0.121 (1/year); L infinity = 69.3

First Length = 22.491; Last Length = 51.577; Brody rho = 0.886 (1/year)

Estimated age of the first age class = 3.23 years.

First month mean length sampling bias for first age class: 0.123

Mean length at age in month 1:

22.90 28.10 32.81 36.98 40.68 43.95 46.85 49.41 51.69

Standard Deviations of length at age in month 1:

1.61 1.61 1.61 1.61 1.61 1.61 1.61 1.61 1.61

Average Standard Deviation = 1.613; ratio of first to last S.D.= 1.000

Seasonal Growth Amplitude = 0.948; Seasonal Growth Phase = 0.027



# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120
5	8633.80 ( 51)	8550.52 ( 51)	8512.44 ( 51)	8478.70 ( 51)
6	8646.75 ( 62)	8696.02 ( 62)	8678.27 ( 62)	8648.55 ( 62)
7	8787.16 ( 73)	8787.16 ( 73)	8786.67 ( 73)	8774.08 ( 73)
8	8798.99 ( 84)	8816.17 ( 84)	8810.71 ( 84)	8816.15 ( 84)
9	8784.87 ( 95)	8808.21 ( 95)	8841.60 ( 95)	8840.02 ( 95)
10	8790.67 (106)	8815.62 (106)	8827.75 (106)	8833.37 (106)
11	8767.93 (117)	8790.32 (117)	8811.66 (117)	8827.36 (117)
12	8787.88 (128)	8811.30 (128)	8790.29 (128)	8857.56 (128)

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 8g

Fit: 8y

Objective function value = 8841.59570; total penalty = 5.21186

Maximum gradient component = 0.00060

Number of non-empty length intervals: 381; Number of estimated parameters: 95

Approximate number of degrees of freedom: 286

Number of age classes: 9

Parameter Estimates:

von Bertalanffy K = 0.125 (1/year); L infinity = 67.1

First Length = 22.491; Last Length = 50.666; Brody rho = 0.883 (1/year).

Estimated age of the first age class = 3.27 years.

Mean length at age in month 1:

22.86 28.05 32.63 36.67 40.24 43.39 46.18 48.63 50.80

Standard Deviations of length at age in month 1:

1.41 1.55 1.69 1.82 1.94 2.05 2.16 2.26 2.35

Average Standard Deviation = 1.822; ratio of first to last S.D. = 1.665

Seasonal Growth Amplitude = 0.949; Seasonal Growth Phase = 0.011

# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120
5	8709.77 ( 52)	8702.10 ( 52)	8692.58 ( 52)	8679.05 ( 52)
6	8719.07 ( 63)	8725.45 ( 63)	8715.64 ( 63)	8713.93 ( 63)
7	8787.95 ( 74)	8787.95 ( 74)	8786.97 ( 74)	8786.91 ( 74)
8	8798.96 ( 85)	8811.15 ( 85)	8815.11 ( 85)	8819.19 ( 85)
9	8784.87 ( 96)	8808.20 ( 96)	8841.81 ( 96)	8846.38 ( 96)
10	8790.68 (107)	8815.62 (107)	8827.75 (107)	8845.17 (107)
11	8765.64 (118)	8790.42 (118)	8811.53 (118)	8847.34 (118)
12	8787.88 (129)	8811.30 (129)	8792.99 (129)	8842.11 (129)



Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit cv

Fit: cj

Objective function value = 8846.38379; total penalty = 5.42115

Maximum gradient component = 0.01194

Number of non-empty length intervals: 381; Number of estimated parameters: 96

Approximate number of degrees of freedom: 285

Number of age classes: 9

Parameter Estimates:

von Bertalanffy K = 0.144 (1/year); L infinity = 63.4

First Length = 22.114; Last Length = 50.332; Brody rho = 0.866 (1/year)

Estimated age of the first age class = 2.98 years.

First month mean length sampling bias for first age class: 0.405

Mean length at age in month 1:

22.92 28.02 32.76 36.87 40.42 43.50 46.16 48.47 50.47

Standard Deviations of length at age in month 1:

1.39 1.54 1.69 1.82 1.95 2.07 2.17 2.27 2.36

Average Standard Deviation = 1.811; ratio of first to last S.D. = 1.694

Seasonal Growth Amplitude = 0.949; Seasonal Growth Phase = 0.002

**MULTIFAN  
MORTALIDAD NATURAL**





# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140
5	<u>3694.03</u> ( 45)	3694.03 ( 45)	3606.42 ( 45)	3691.23 ( 45)	3596.25 ( 45)
6	<u>3732.24</u> ( 55)	3694.76 ( 55)	3652.64 ( 55)	3652.34 ( 55)	3668.80 ( 55)
7	3691.83 ( 65)	<u>3714.53</u> ( 65)	3712.97 ( 65)	3711.48 ( 65)	3670.70 ( 65)
8	<u>3735.25</u> ( 75)	3713.87 ( 75)	3705.21 ( 75)	3704.94 ( 75)	3694.97 ( 75)
9	3699.35 ( 85)	<u>3704.54</u> ( 85)	3693.23 ( 85)	3677.24 ( 85)	3700.63 ( 85)
10	3691.05 ( 95)	3699.71 ( 95)	3698.50 ( 95)	<u>3743.34</u> ( 95)	3685.96 ( 95)
11	<u>3779.11</u> (105)	3671.60 (105)	3657.38 (105)	3734.93 (105)	3723.36 (105)
12	3775.63 (115)	3650.45 (115)	<u>3785.25</u> (115)	3719.27 (115)	3739.41 (115)
13	3726.08 (125)	3763.68 (125)	3711.11 (125)	<u>3776.92</u> (125)	3699.12 (125)

(3)

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 2y

# Age Initial estimates of von Bertalanffy K ---->

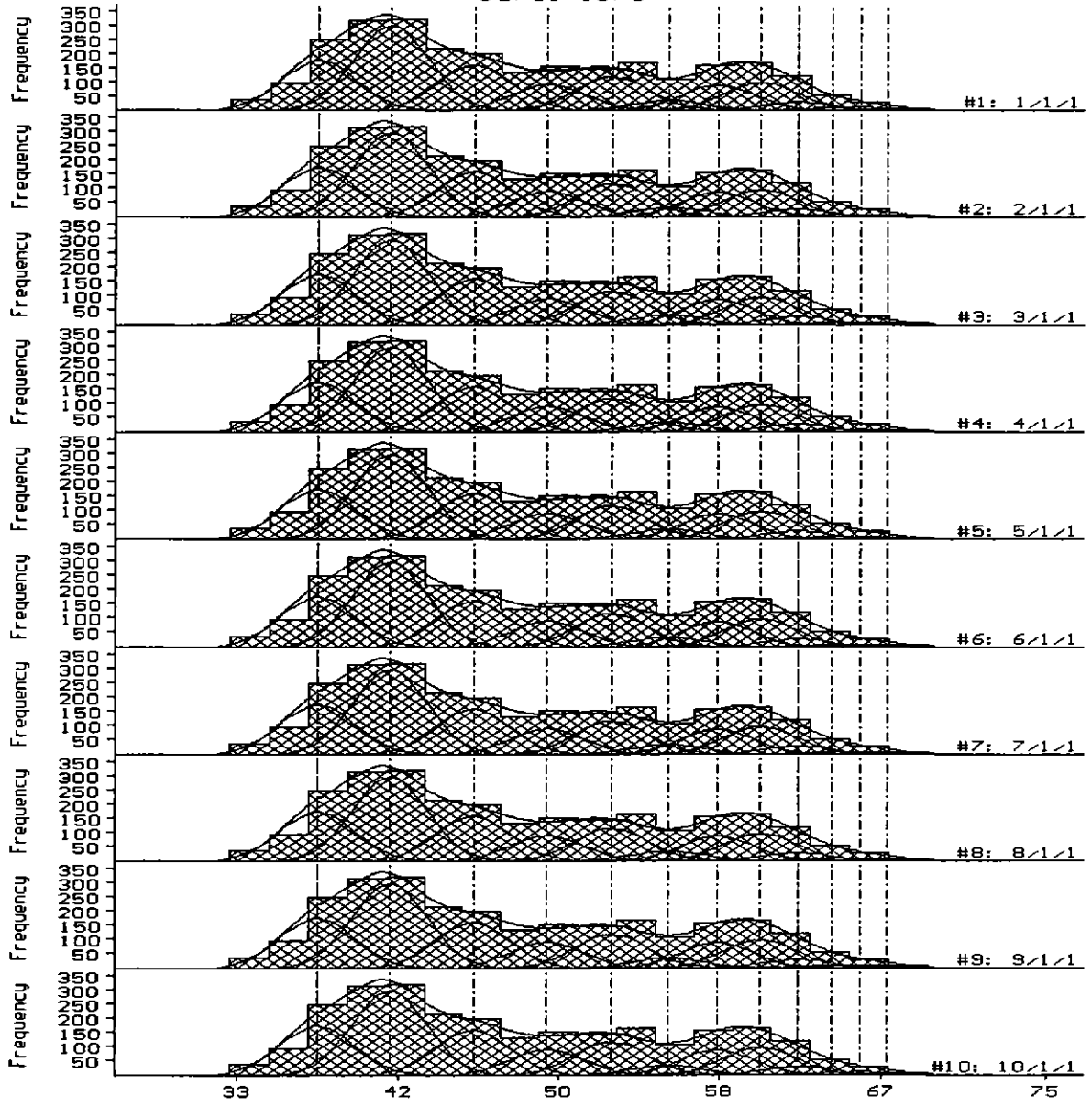
Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140
5	<u>3694.03</u> ( 46)	3694.03 ( 46)	3648.01 ( 46)	3698.28 ( 46)	3666.86 ( 46)
6	<u>3736.48</u> ( 56)	3694.92 ( 56)	3652.64 ( 56)	3652.37 ( 56)	3673.70 ( 56)
7	3691.83 ( 66)	3713.60 ( 66)	<u>3713.09</u> ( 66)	3712.01 ( 66)	3709.39 ( 66)
8	<u>3735.27</u> ( 76)	3716.99 ( 76)	3705.21 ( 76)	3704.94 ( 76)	3698.29 ( 76)
9	<u>3807.91</u> ( 86)	3704.54 ( 86)	3693.23 ( 86)	3677.24 ( 86)	3700.63 ( 86)
10	3803.62 ( 96)	<u>3900.55</u> ( 96)	3882.91 ( 96)	3743.46 ( 96)	3686.20 ( 96)
11	3779.11 (106)	<u>3948.48</u> (106)	3850.03 (106)	3938.51 (106)	3723.39 (106)
12	3787.82 (116)	3759.93 (116)	<u>3829.60</u> (116)	3784.02 (116)	3700.26 (116)
13	<u>3799.45</u> (126)	3800.34 (126)	3794.87 (126)	3789.19 (126)	3699.12 (126)

(4)

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 7o

June 1973'



# Age	Initial estimates of von Bertalanffy K ---->				
Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140
5	<u>3672.17</u> (44)	3665.21 (44)	3584.27 (44)	3651.20 (44)	3559.38 (44)
6	<u>3688.69</u> (54)	3671.74 (54)	3638.99 (54)	3638.28 (54)	3650.67 (54)
7	3652.18 (64)	<u>3658.48</u> (64)	3658.48 (64)	3658.48 (64)	3635.07 (64)
8	3688.97 (74)	<u>3693.06</u> (74)	3681.66 (74)	3679.95 (74)	3677.15 (74)
9	<u>3699.90</u> (84)	3633.89 (84)	3660.21 (84)	3672.89 (84)	3678.45 (84)
10	<u>3690.18</u> (94)	3681.25 (94)	3656.94 (94)	3681.32 (94)	3667.74 (94)
11	<u>3733.24</u> (104)	3673.57 (104)	3644.76 (104)	3626.98 (104)	3681.33 (104)
12	3716.83 (114)	3646.27 (114)	<u>3717.50</u> (114)	3606.48 (114)	3668.34 (114)
13	3722.04 (124)	3713.32 (124)	3722.98 (124)	<u>3737.11</u> (124)	3688.79 (124)

(1)

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit 86

# Age	Initial estimates of von Bertalanffy K ---->				
Classes	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140
5	<u>3686.47</u> (45)	3686.47 (45)	3604.57 (45)	3685.89 (45)	3657.98 (45)
6	<u>3698.82</u> (55)	3672.21 (55)	3644.39 (55)	3644.79 (55)	3672.40 (55)
7	3660.08 (65)	3663.29 (65)	<u>3663.82</u> (65)	3663.82 (65)	3677.36 (65)
8	3688.97 (75)	<u>3693.24</u> (75)	3681.66 (75)	3679.95 (75)	3677.93 (75)
9	<u>3766.11</u> (85)	3633.89 (85)	3664.14 (85)	3672.93 (85)	3680.39 (85)
10	3803.81 (95)	<u>3824.98</u> (95)	3819.41 (95)	3684.70 (95)	3667.74 (95)
11	3735.71 (105)	3809.38 (105)	<u>3815.56</u> (105)	3810.53 (105)	3681.48 (105)
12	3776.54 (115)	3797.54 (115)	3773.47 (115)	<u>3804.56</u> (115)	3666.21 (115)
13	3776.82 (125)	<u>3783.34</u> (125)	3777.29 (125)	3778.87 (125)	3688.79 (125)

(2)

Move hilight to fit of interest. Press <Enter> to view

Fit E0